

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**PROPUESTA DE UN PLAN DE MEJORA DE LA GESTIÓN DEL  
CRONOGRAMA Y PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA DURANTE LA  
EJECUCIÓN DE MUROS ANCLADOS EN UN PROYECTO MULTIFAMILIAR  
BAJO EL ENFOQUE LEAN**

**Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil**

**AUTOR:**

Lenin Anthony Carlos Verde

**ASESOR:**

Miguel Ángel Lozano Vargas

Lima, febrero, 2025

## Informe de Similitud

Yo, MIGUEL ANGEL LOZANO VARGAS, docente de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor de la tesis titulado:


PROPUESTA DE UN PLAN DE MEJORA DE LA GESTIÓN DEL CRONOGRAMA Y PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA DURANTE LA EJECUCIÓN DE MUROS ANCLADOS EN UN PROYECTO MULTIFAMILIAR BAJO EL ENFOQUE LEAN

De la autora: LENIN ANTHONY CARLOS VERDE

dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 14%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el **29/01/2025**.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: Lima, 29 de enero 2025

Apellidos y nombres del asesor: Lozano Vargas, Miguel Angel	
DNI: 41640078	Firma 
ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0001-6238-9400">https://orcid.org/0000-0001-6238-9400</a>	

## RESUMEN

En los últimos años, se ha podido observar que la industria de la construcción se ha incrementado en el Perú, principalmente en obras de edificios multifamiliares. Al residir una gran cantidad de familias, dichas obras requieren de una mayor cantidad de estacionamientos, los cuales son subterráneos; es por ello que se usan muros anclados para estabilizar los taludes.

El problema radica que su ejecución abarca una gran cantidad de semanas, en las cuales no se pueden presentar contratiempos, pues se busca cumplir con el plazo de entrega. Usualmente se ejecuta un anillo por mes y es por ello que se requiere de una mejora de la gestión. Si bien a lo largo de los años, la implementación de herramientas tecnológicas ha ganado popularidad, muchas empresas constructoras no las aplican, lo cual resulta en el decremento de trabajo productivo y retrasos en el plazo. Es por ello que en la presente investigación, se identifican herramientas que influyen en la gestión del cronograma y la productividad de la mano de obra mediante la revisión de literatura académica, estas se someten a una validación por expertos.

De esta manera, se establece una lista de las herramientas más relevantes que otorgan resultados confiables. Adicionalmente, se realiza el análisis de un caso de estudio en etapa de construcción de muros anclados de un proyecto multifamiliar, mediante un enfoque mixto. El instrumento cualitativo utilizado es la entrevista a staff de obra; la cual ayuda a conocer el flujo de trabajo y las herramientas que se utilizan en el proyecto. Como instrumento cuantitativo, se usan fichas de registro para realizar mediciones del Nivel General de Actividades y Carta Balance, las cuales miden la productividad de la mano de obra.

Finalmente, con base en los resultados obtenidos durante la extensión de la investigación, se elabora la propuesta de un plan de mejora de la gestión del cronograma y mano de obra durante la ejecución de muros anclados. Este plan establece un proceso cíclico iterativo de implementación de herramientas dividido en 5 fases, lo cual garantiza mejores resultados de productividad y cumplimiento del plazo; así como disminución de los desperdicios y el uso de estrategias de mejora continua.

**DEDICATORIA**

*A mi familia que me apoyo desde inicio a fin en mi etapa universitaria.*

*Un agradecimiento a todos los profesionales partícipes de dicho trabajo de investigación que me brindaron su tiempo y experiencia.*

*Un agradecimiento a mi asesor de tesis por compartir sus conocimientos para que dicho trabajo de investigación sea desarrollado satisfactoriamente.*

*Lenin C.*

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1. Introducción General</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2. Preguntas de Investigación</b> .....	<b>2</b>
<i>1.2.1. Pregunta General</i> .....	<i>2</i>
<i>1.2.2. Preguntas Específicas</i> .....	<i>2</i>
<b>1.3. Objetivos</b> .....	<b>2</b>
<i>1.3.1. Objetivo General</i> .....	<i>2</i>
<i>1.3.2. Objetivos Específicos</i> .....	<i>2</i>
<b>1.4. Justificación</b> .....	<b>3</b>
<b>CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>4</b>
<b>2.1. Antecedentes</b> .....	<b>4</b>
<b>2.2. Herramientas para la etapa de Planificación</b> .....	<b>6</b>
<i>2.2.1. Last Planner System (LPS)</i> .....	<i>6</i>
<i>2.2.1.1. Takt Time Planning</i> .....	<i>8</i>
2.2.1.2. Planificación Maestra (Cronograma Maestro).....	9
<i>2.2.1.3. Pull Planning</i> .....	<i>10</i>
2.2.1.4. Programación de mediano Plazo ( <i>Lookahead Planning</i> ).....	11
2.2.1.5. Análisis de restricciones.....	12
2.2.1.6. Programación Semanal.....	13
2.2.1.7. Programación Diaria.....	13

2.2.1.8. Líneas de balance .....	14
2.3. Herramientas para la etapa de control .....	14
2.3.1. <i>Porcentaje de planificación cumplida (PPC)</i> .....	14
2.3.2. <i>Porcentaje de cumplimiento de restricciones (PCR)</i> .....	15
2.3.3. <i>Causas de no cumplimiento (CNC)</i> .....	15
2.3.4. <i>Nivel general de actividades (NGA)</i> .....	16
2.3.5. <i>Carta balance</i> .....	17
2.3.6. <i>Informe de Productividad (IP)</i> .....	17
2.3.7. <i>Valor ganado</i> .....	18
2.3.7.1. <i>Schedule Variance (SV)</i> .....	19
2.3.7.2. <i>Schedule Performance Index (SVI)</i> .....	19
2.3.7.3. <i>Earned Schedule (ES)</i> .....	20
2.3.8. <i>Big Room</i> .....	21
2.3.9. <i>Visual Management</i> .....	21
2.3.9.1. <i>A3 Report</i> .....	22
2.4. Herramientas teóricas y autores .....	23
<b>CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA</b> .....	<b>24</b>
3.1. Diseño de investigación .....	24
3.2. Instrumento .....	25
3.3. Procedimiento de investigación .....	26
3.4. Validación de expertos .....	27

3.4.1. <i>Entrevista de expertos</i> .....	29
3.4.2. <i>Resultados de la validación de expertos</i> .....	30
3.4.3. <i>Análisis de las entrevistas realizadas</i> .....	38
3.4.4. <i>Barreras existentes</i> .....	40
<b>CAPÍTULO 4: CASO DE ESTUDIO</b> .....	<b>41</b>
<b>4.1. Información general de casos de estudio</b> .....	<b>41</b>
4.1.1. <i>Caso de estudio 1</i> .....	41
4.1.2. <i>Caso de estudio 2</i> .....	41
<b>4.2. Proceso Constructivo de muros anclados</b> .....	<b>42</b>
4.2.1. <i>Caso de estudio 1</i> .....	42
4.2.2. <i>Caso de estudio 2</i> .....	45
<b>4.3. Perfil de Entrevistados</b> .....	<b>48</b>
<b>4.4. Entrevistas al Staff de obra sobre el caso de estudio</b> .....	<b>49</b>
<b>4.5. Análisis de entrevistas al Staff de obra</b> .....	<b>49</b>
4.5.1. <i>Análisis Global</i> .....	49
4.5.1.1 <i>Caso de estudio 1</i> .....	50
4.5.1.2 <i>Caso de estudio 2</i> .....	54
4.5.2. <i>Análisis Transversal</i> .....	58
4.5.2.1 <i>Herramientas de Planificación</i> .....	59
4.5.2.2. <i>Herramientas de Control</i> .....	64
<b>CAPÍTULO 5: MEDICIONES DE PRODUCTIVIDAD</b> .....	<b>70</b>

<b>5.1 Nivel General de Actividades</b> .....	70
<b>5.1.1. Procedimiento para NGA</b> .....	70
<b>5.1.2. Resultados de NGA</b> .....	72
<b>5.1.3. Análisis de NGA</b> .....	73
<b>5.2 Carta Balance</b> .....	75
<b>5.2.1. Resultado de Carta balance</b> .....	76
<b>5.2.1.1. Perfilado y pañeteo</b> .....	76
<b>5.2.1.2. Acero de muros</b> .....	79
<b>5.2.1.3. Encofrado de muros</b> .....	81
<b>5.2.1.4. Vaciado de concreto</b> .....	84
<b>5.2.2. Análisis de Carta balance</b> .....	86
<b>5.2.2.1. Perfilado y pañeteo</b> .....	86
<b>5.2.2.2. Acero de muros</b> .....	88
<b>5.2.2.3. Encofrado de muros</b> .....	90
<b>5.2.2.4. Vaciado de concreto</b> .....	91
<b>CAPÍTULO 6: PROPUESTA DE PLAN DE MEJORA DE LA GESTIÓN DEL CRONOGRAMA Y PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA</b> .....	94
<b>6.1. Validación del plan</b> .....	94
<b>6.1.1. Información de expertos</b> .....	94
<b>6.1.2. Análisis de resultados</b> .....	95
<b>6.2. Presentación del plan</b> .....	96
<b>7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	120

<b>7.1. Conclusiones</b> .....	120
<b>7.2. Recomendaciones</b> .....	122
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	123
<b>ANEXOS</b> .....	127



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Herramientas propuestas a partir de la investigación .....	23
Tabla 2. Perfil de expertos en la construcción de muros anclados .....	28
Tabla 3. Formato resumen de la entrevista a expertos.....	30
Tabla 4 . Secciones y Herramientas validadas.....	39
Tabla 5. Barreras y requisitos previos.....	40
Tabla 6. Flujo de trabajos en el proceso de ejecución de muros anclados de la obra en estudio .....	71
Tabla 7. Porcentajes de medición en perfilado y pañeteo de muros.....	87
Tabla 8. Porcentajes de medición en acero de muros .....	88
Tabla 9. Cuadro resumen de porcentajes de medición en encofrado de muros anclados .....	90
Tabla 10. Cuadro resumen de porcentajes de medición en vaciado de concreto de muros anclados .....	92
Tabla 11. Perfil de expertos en la construcción de muros anclados .....	95
Tabla 12. Propuesta e implementación de estrategias de mejora.....	118

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Last planner system.....	7
Figura 2: Descripción general del sistema Last Planner. ....	8
Figura 3: Espiral de mejora continua. ....	9
Figura 4: Lookahead planning. ....	12
Figura 5: Causa de no cumplimiento. ....	16
Figura 6: Integración de la Línea Base de Medición del Rendimiento.....	18
Figura 7: Procedimiento metodológico de la investigación.....	27
Figura 8: Perforación del muro anclado.....	42
Figura 9: Inyección de lechada. ....	43
Figura 10: Excavación de banqueteta. ....	43
Figura 11: Perfilado y pañeteo.....	43
Figura 12: Acero del muro anclado. ....	44
Figura 13: Encofrado del muro anclado.....	44
Figura 14: Movimiento de tierras. ....	44
Figura 15: Vaciado del muro anclado. ....	45
Figura 16: Tensado del muro anclado.....	45
Figura 17: Perforación del muro anclado.....	46
Figura 18: Inyección de lechada. ....	46
Figura 19: Excavación de banqueteta. ....	46
Figura 20: Perfilado y pañeteo.....	47

Figura 21: Acero del muro anclado. ....	47
Figura 22: Encofrado del muro anclado.....	47
Figura 23: Vaciado del muro anclado. ....	48
Figura 24 Tensado del muro anclado.....	48
Figura 25: Planificación maestra del edificio multifamiliar. ....	60
Figura 26: Lookahead del edificio multifamiliar. ....	61
Figura 27: Análisis de restricciones del edificio multifamiliar.....	62
Figura 28: Programación semanal del edificio multifamiliar. ....	63
Figura 29: (a) Porcentaje de planificación cumplida - caso de estudio 1; (b) Porcentaje de planificación cumplida - caso de estudio 2 .....	64
Figura 30: (a) Porcentaje de cumplimiento de restricciones - caso de estudio 1; (b) Porcentaje de cumplimiento de restricciones - caso de estudio 2.....	65
Figura 31: (a) Causas de incumplimiento - caso de estudio 1; (b) Causas de incumplimiento - caso de estudio 2 .....	66
Figura 32: Informe semanal de producción - caso de estudio 2 .....	67
Figura 33: Panel de control A3 – caso de estudio 2.....	69
Figura 34: Nivel General de actividades.....	72
Figura 35: Trabajo contributorio.....	73
Figura 36: Trabajo no contributorio.....	73
Figura 37: Resultados de porcentajes de carta balance en perfilado y pañeteo de muro.....	77
Figura 38: Resultados porcentajes parciales de los trabajos productivos respecto al total en perfilado y pañeteo.....	77

Figura 39: Resultados porcentajes parciales de los trabajos contributorios respecto al total en perfilado y pañeteo.....	78
Figura 40: Resultados porcentajes parciales de los trabajos no contributorios respecto al total en perfilado y pañeteo.....	78
Figura 41: Resultados de porcentajes de carta balance en acero .....	80
Figura 42: Resultados porcentajes parciales de los trabajos productivos respecto al total en acero.....	80
Figura 43: Resultados porcentajes parciales de los trabajos contributorios respecto al total en acero.....	80
Figura 44: Resultados porcentajes parciales de los trabajos no contributorios respecto al total en acero.....	81
Figura 45: Resultados de porcentajes de carta balance en encofrado de muro.....	82
Figura 46: Resultados porcentajes parciales de los trabajos productivos respecto al total en encofrado.....	83
Figura 47: Resultados porcentajes parciales de los trabajos contributorios respecto al total en encofrado.....	83
Figura 48: Resultados porcentajes parciales de los trabajos no contributorios respecto al total en encofrado.....	84
Figura 49: Resultados de porcentajes de carta balance en vaciado de concreto.....	85
Figura 50: Resultados porcentajes parciales de los trabajos productivos respecto al total en vaciado de concreto.....	85
Figura 51: Resultados porcentajes parciales de los trabajos contributorios respecto al total en vaciado de concreto.....	86

Figura 52: Resultados porcentajes parciales de los trabajos no contributorios respecto al total en vaciado de concreto.....	86
Figura 53: Validación de la propuesta del plan .....	96
Figura 54: Acero de muro con sus respectivos anclajes .....	99
Figura 55: Paneles laterales y superiores. ....	100
Figura 56: Líneas guía. ....	100
Figura 57: Instalación de plástico en la parte inferior y andamio. ....	100
Figura 58: Proyectado de concreto. ....	101
Figura 59: Enlucido del muro .....	101
Figura 60: Curado del muro .....	101
Figura 61: Propuesta de plan de mejora de la gestión del cronograma y mano de obra.....	102
Figura 62: Planificación Maestra.....	106
Figura 63: Sectorización de los muros anclados del anillo. ....	107
Figura 64: Lookahead de los muros anclados del anillo.....	108
Figura 65: Análisis de restricciones de los muros anclados del anillo.....	109
Figura 66: Plan semanal de los muros anclados del anillo.....	109
Figura 67: Representación tridimensional de un muro anclado. ....	110
Figura 68: Porcentaje de planificación cumplida y causas de no cumplimiento .....	112
Figura 69: Porcentaje de cumplimiento de restricciones.....	113
Figura 70: Nivel General de Actividades del proyecto de edificio multifamiliar.....	114
Figura 71: Carta Balance del proyecto de edificio multifamiliar.....	114
Figura 72: IP actual, IP acumulado e IP meta .....	115
Figura 73: Curvas de productividad .....	115
Figura 74: Big Room .....	116
Figura 75: 5W.....	117

Figura 76: Constructoras del Perú .....119



## CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Introducción General

En la actualidad, la construcción de viviendas multifamiliares se ha incrementado notablemente. Esto es debido a que gran parte de las familias prefieren vivir en edificios los cuales les brinden la capacidad de poder contemplar las mejores vistas de la ciudad desde la comodidad de su hogar, contar con estacionamientos que garanticen la seguridad de los vehículos particulares, entre otros beneficios. Sin embargo, poder ofrecer una suficiente cantidad de estacionamientos resulta un poco complejo si se busca aprovechar al máximo el espacio disponible. Por ello, la construcción de varios niveles de sótanos es la mejor opción para resolver esta problemática.

Es así que a lo largo de los años se ha podido observar el empleo de diferentes métodos de estabilización de taludes como parte de la construcción de sótanos, y entre las alternativas más efectivas se encuentran los muros anclados. Lamentablemente, este método demanda una gran cantidad de tiempo y costos; además, en su ejecución se pueden observar una serie de errores los cuales generan retrasos en el plazo de entrega e incompatibilidades en el presupuesto. Por los motivos expuestos, es necesario realizar una mejora en la eficiencia de producción de muros anclados; para ello, se cuentan con diversas metodologías como *Takt Time planning* y *Lean Project Delivery System*, además de innovadoras herramientas como Carta Balance y Nivel General de Actividades, entre otras. De esta manera, la adecuada implementación de un plan de gestión en el cual se incluya la aplicación de metodologías y herramientas tecnológicas en las etapas de planificación y control tendrá mejores resultados, garantizando el cumplimiento de los objetivos del proyecto dentro de las limitaciones establecidas.

## **1.2. Preguntas de Investigación**

### **1.2.1. Pregunta General**

¿Cómo proponer un plan de mejora de la gestión del cronograma y productividad de la mano de obra durante la ejecución de muros anclados en un proyecto multifamiliar bajo el enfoque Lean?

### **1.2.2. Preguntas Específicas**

- ¿Cuáles son las herramientas de gestión del cronograma y productividad de la mano de obra durante la ejecución de muros anclados bajo el enfoque Lean?
- ¿Cómo utilizan las herramientas de gestión del cronograma durante la ejecución de muros anclados del caso de estudio?
- ¿Cuál es la productividad de la mano de obra durante la ejecución de muros anclados del caso de estudio?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo General**

Proponer un plan de mejora de la gestión del cronograma y productividad de la mano de obra durante la ejecución de muros anclados en un proyecto multifamiliar bajo el enfoque Lean

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Identificar y analizar el uso de herramientas de gestión del cronograma y productividad de la mano de obra durante la ejecución de muros anclados bajo el enfoque Lean.
- Analizar la aplicación del uso de herramientas de gestión del cronograma durante la ejecución de muros anclados del caso de estudio.
- Medir y analizar la productividad de la mano de obra durante la ejecución de muros anclados del caso de estudio.

#### **1.4. Justificación**

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), la actividad construcción tuvo un incremento de un 35% en el año 2021; esto debido a la reactivación gradual de las actividades económicas luego de un estado de emergencia. Este crecimiento abarca desde obras públicas a privadas, siendo la mayoría de ellos proyectos de construcción de condominios y edificios para oficinas. La magnitud de estos proyectos requiere de la participación de varios equipos multidisciplinarios, y es muy común que surjan problemas si la integración no se realiza de la manera adecuada, lo cual impacta directamente en los costos, el plazo, el alcance y la calidad del proyecto. Asimismo, Alfonso Núñez, reconocido magíster en gestión, menciona en uno de sus artículos que los principales motivos por los cuales fracasan los proyectos son los cambios de los objetivos estratégicos, la mala aplicación de metodologías y los problemas humanos de comunicación y conflictos. En el caso particular de la estabilización de taludes, los muros anclados demandan una gran cantidad de tiempo y costos; por ello, es necesario eliminar o reducir al máximo los errores y desperdicios que se puedan presentar. Este trabajo se basa en la elaboración de un plan que permita optimizar la gestión de producción de muros anclados; ello mediante la aplicación de modernas herramientas en las etapas de planificación y control del proyecto. Finalmente, se contará con la validación de ingenieros expertos sobre el uso del plan desarrollado, con la finalidad de que pueda ser utilizado por empresas constructoras del Perú en proyectos futuros.

## CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

A lo largo de los años, en el sector construcción se ha evidenciado una continua adopción de recursos, conocimientos, herramientas e innovaciones tecnológicas por parte de las empresas con el objetivo de mejorar su rendimiento y la calidad de sus productos. Debido a esto, se ha podido observar en proyectos renombrados la implementación de nuevos métodos y tecnologías que permiten optimizar los procesos. No obstante, la falta de guías estandarizadas orientadas a actividades en específico provoca iguales o mayores grados de incertidumbre y de variabilidad. Tal es el caso de la producción de muros anclados; por ello a continuación se detallan algunos conceptos de las metodologías que ofrecen mayores beneficios.

En la gestión del diseño y construcción, se tiene a la filosofía *Lean Construction* o Construcción sin Pérdidas. Esta se basa en la filosofía *Lean Manufacturing*, la cual fue implementada por primera vez en el sistema de producción Toyota y fue desarrollada por el ingeniero Taiichi Ohno en la década de 1900. El objetivo de esta metodología era observar la producción como transformación, como flujo y como un proceso que agrega valor al cliente (Koskela, 1992). Asimismo, como primer enfoque se tenía la reducción de inventarios, lo cual implicó el uso de herramientas como el “*Just in time*”, esto es producir lo que se necesita en cantidad y momento en el que se requieran, y el “*Total Quality Control*”, orientado al uso de métodos estadísticos para controlar los procesos y desperdicios. Los buenos resultados obtenidos provocaron la expansión de su aplicación en diversas industrias tales como la construcción; por consiguiente, el enfoque, las herramientas y conceptos pertenecientes a la metodología Lean se encuentran en constante evolución.

Es así que *Lean Construction* resulta importante porque adopta el principio de minimizar el desperdicio y maximizar el valor mientras se mejora el rendimiento total del proyecto según las expectativas del cliente (Demirkesen, 2021). Además, de acuerdo con Guío,

el modelo de flujos de procesos planteado por Koskela (1992) en conjunto con la filosofía *lean* permite disminuir la incertidumbre en los flujos de trabajo usando una planificación confiable que previene la ocurrencia de eventos fortuitos dentro del proyecto. Asimismo, *Lean Construction* cuenta con una serie de herramientas orientadas a la identificación de actividades de valor agregado, generación de flujos, implementación de sistema *pull* y la mejora continua, todas estas aplicadas en las diversas etapas del proyecto para eliminar los desperdicios asociados a cada una de ellas.

La industria de la construcción es muy compleja debido a la variabilidad existente en cada proyecto, pues incluso si existen diseños similares la manera en la que se ejecutan, su función o los procesos utilizados difieren. Sin embargo, es posible afirmar que todo proyecto tiene como finalidad cumplir con el alcance dentro del presupuesto y plazo establecidos garantizando calidad y obteniendo utilidades. Por ello, Karina Piña Lozada, gerente general de Idear Consultores, menciona en su artículo que Jorge Luis Izquierdo, presidente del Capítulo de *Lean Construction* en el Perú, establece 3 fines para lograr un sistema de producción efectivo, los cuales se describen según orden de prioridad.

En primer lugar, se debe asegurar que los flujos no paren, de tal manera que mediante el manejo de la variabilidad y la aplicación de sistemas como el *Last Planner* se obtenga la continuidad del proceso general y la disminución de las pérdidas. El *Last Planner System*, creado por Ballard, tenía como propósito inicial mejorar la calidad de las asignaciones en los planes de trabajo; sin embargo, durante su desarrollo se obtuvo como nuevo objetivo mejorar la confiabilidad del flujo de trabajo. Este sistema propone implementar una planificación detallada en la cual se especifiquen los agentes, colaboradores, actividades y restricciones presentes en las etapas del proyecto de manera que se reduzca la variabilidad existente. Los elementos pertenecientes a este sistema son la planificación maestra, *pull planning*, programación a mediano plazo o *lookahead*, análisis de restricciones, programación semanal y

diario y análisis de confiabilidad.

En segundo lugar, se busca lograr flujos eficientes para lo cual se emplean conceptos y principios de la física de producción y el tren de actividades. Finalmente, se debe lograr procesos eficientes a través del uso de herramientas que optimicen los procesos durante la ejecución de obra. Es así que Oglesby dividió el trabajo en 3 categorías: productivo, contributorio y no contributorio, lo cual nos permitiría identificar las pérdidas a través de indicadores. De esta manera, se incrementaría el indicador productividad, sobre todo en actividades con gran incidencia en el coste, repetitivas, críticas o que tengan bajos niveles de productividad (Brioso, 2015). Entonces, es necesario cuantificar el valor de las categorías del trabajo, para lo cual se cuentan con técnicas como el muestreo, el análisis de ejecución y la carta balance. Esta última permite analizar rendimientos mediante la descripción detallada de procesos dentro de operaciones, comentando el método y la cuadrilla usados.

## **2.2. Herramientas para la etapa de Planificación**

### **2.2.1. *Last Planner System* (LPS)**

El *Last Planner System* o Sistema del Último Planificador propone planificar con un alto nivel detalle a medida el día en el que se realice una tarea se aproxime, realizar la planificación de manera colaborativa con los agentes involucrados, identificar y levantar restricciones existentes en las tareas y proponer medidas preventivas.

Este sistema aumenta la confiabilidad al descomponer la planificación en distintos procesos que se enfocan en diferentes niveles de detalle; y la razón de esto es que cuanto más lejos se planifique y cuanto más detallado se planifique, más incorrecto será el planeamiento (Ballard, 2000).



Figura 1: Last planner system

Tomado y adaptado de Ballard, 2000.

“El *LPS* es una herramienta que nos ayuda a mejorar el flujo de las actividades programadas, reduciendo la variabilidad que existe entre los proyectos de construcción; por tanto, nos ayuda al mayor cumplimiento de actividades” (Brioso, 2015). Una serie de objetivos surgieron durante el desarrollo de este sistema y los elementos creados fueron creados como solución a los problemas que aparecieron en cada etapa.

El primer objetivo del *Last Planner System* es reconocer lo que se debe realizar mediante reuniones de programación maestra, el cual permite identificar fechas clave del proyecto, y de fase inversa, programación realizada para reconocer trabajos predecesores. El segundo objetivo, es transformar el trabajo que se debe realizar a trabajo que se puede realizar mediante un proceso de preparación. En este caso, Ballard y Howell (2003) propusieron 3 categorías de restricciones para las actividades: directivas, trabajo previo y recursos. Por otro lado, Koskela (1999) establece siete condiciones previas a cualquier actividad de construcción: diseño, componentes, materiales, trabajadores, espacio, trabajo de conexión y condiciones externas. Es así, que se planifica el trabajo con 6 semanas de anticipación, plazo en el cual se establece un cronograma dentro del cual se analizan y levantan las restricciones.

Finalmente, se tiene el objetivo de compromiso con el trabajo. Esto se realiza mediante una reunión en la cual el último planificador; es decir, la persona a cargo del trabajo, se compromete a completar la asignación satisfactoriamente. “El sistema *Last Planner* identifica qué trabajo se debe y se puede hacer, luego realiza un seguimiento de los compromisos de lo que se hará y lo que se hizo” (Frandsen, Berghede y Tommelein, 2014.)

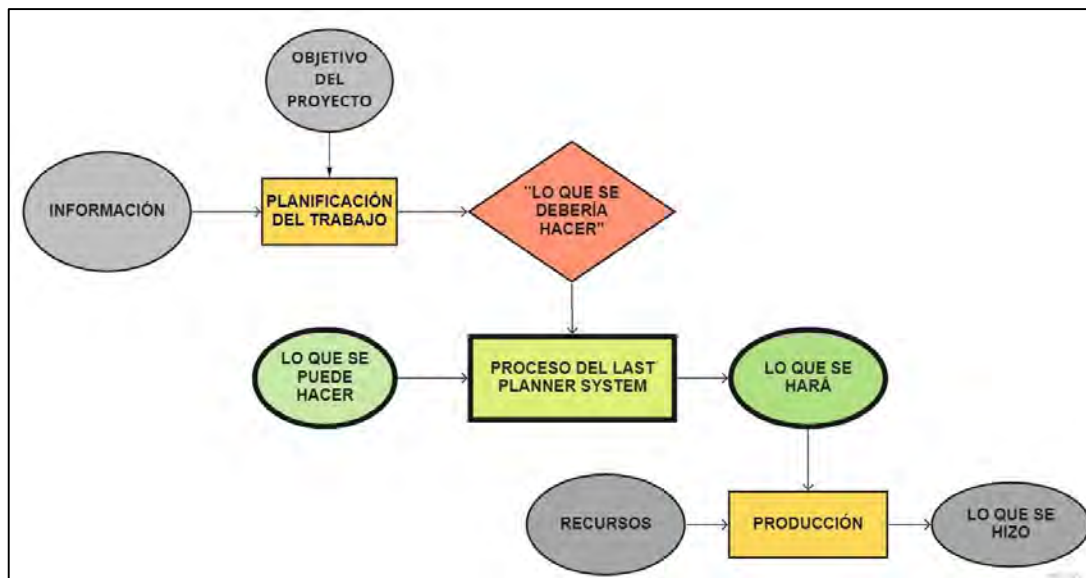


Figura 2: Descripción general del sistema Last Planner.

Tomado y adaptado al español de Ballard y Howell, 2003

### 2.2.1.1. *Takt Time Planning*

La palabra '*Takt*' es la palabra alemana para 'beat'. “*Takt-time* es la unidad de tiempo en la que se debe producir un producto (tasa de oferta) para que coincida con la tasa a la que se necesita (tasa de demanda)” (Frandsen et al. 2013). El *Takt time planning* es un método de estructuración del trabajo que forma parte del diseño de un sistema de producción que responda a una serie de preguntas a través de un proceso iterativo, el cual consiste en: recopilación de datos, definición de zona, generación de secuencia comercial, duración de la operación individual, equilibrio del flujo de trabajo y finalización del programa de producción.

El propósito de *takt-time* es ayudar a crear un entorno más estable para el sistema *Last Planner* mediante el diseño proactivo de un flujo de trabajo de continuidad del negocio siempre

que sea posible. El sistema *Last Planner* proporciona el mecanismo de control y estabilidad del sistema de producción. A raíz de la espiral de mejora continua del sistema de producción de Toyota, el sistema *Last Planner* respalda la fase "estable" y la planificación *takt-time* proporciona los medios para "crear flujo".

“Un plan de producción exitoso desarrollado a partir de la planificación *takt-time* solo es posible mediante el pensamiento sistémico y la gestión eficaz del conocimiento de todo el equipo” (Frandsen, Berghede y Tommelein, 2014.)



*Figura 3: Espiral de mejora continua.*

Tomado y adaptado al español de Frandsen, Berghede y Tommelein, 2014.

### 2.2.1.2. Planificación Maestra (Cronograma Maestro)

Es la planificación que se realiza para todo el proyecto, en el cual se muestra la duración y no tanto el detalle de las tareas a realizar. Se definen estrategias para el proyecto a fin de obtener un buffer de tiempo con respecto al plan contractual. Dicho buffer permitirá cumplir con el plazo de entrega de un proyecto ya que, usualmente, en construcción se presenta una gran variabilidad que es difícil de predecir. Para la elaboración de un plan maestro se debe contar con los planos, el alcance del proyecto y la asistencia de los involucrados. Además, luego de la elaboración del plan maestro se contará con las estrategias del proyecto, la

sectorización, el ritmo de producción y los hitos del proyecto.

### **Esquema de un cronograma maestro**

Para la elaboración de un cronograma maestro se procederá con los siguientes pasos:

- Se realizará una definición de la lista de actividades de cada fase del proyecto.
- Se realizará la sectorización del proyecto.
- Se definirá el ritmo de trabajo.
- Se procederá a identificar las restricciones generales.
- Se determinará el hito de cada fase del proyecto.

Se determinan los hitos de cada fase del proyecto; esto para luego programar el cronograma maestro en un tiempo menor al plazo de entrega, ya que debe existir un buffer entre el último hito de la fase del proyecto y el hito contractual, el cual servirá para poder prevenir posibles inconvenientes que puedan surgir en la obra.

#### **2.2.1.3. Pull Planning**

Es una programación colaborativa más detallada entre los involucrados de una fase del proyecto, con el objetivo de sacar compromisos de avance, poder establecer una interacción entre los involucrados en base a actividades presenciales y hacerlos parte de las decisiones importantes del proyecto. Así mismo, se denomina *Pull* ya que consiste en una planificación en sentido inverso, del final al inicio, en el cual se realizan solo trabajos que son necesarios. Para la elaboración de un *pull planning* se debe contar con la sectorización, la secuencia de trabajo y los hitos del proyecto. Además, luego de la elaboración del *pull planning* se contará con la sectorización de la fase, secuencia de trabajo, ritmo de producción, restricciones y los hitos de la fase.

#### **Esquema de un pull planning**

Para la elaboración de un *pull planning* se procederá con los siguientes pasos:

- Se realizará la sectorización de la fase.

- Se definirá la secuencia de trabajo.
- Se definirá el ritmo de la producción.
- Se procederá a identificar las restricciones.
- Se definirá la fecha de inicio de la fase.
- Se calculará la fecha fin de la fase.

#### **2.2.1.4. Programación de mediano Plazo (*Lookahead Planning*)**

La programación de mediano plazo o *lookahead planning* es una herramienta que se aplica después de establecer el cronograma maestro. Consiste en crear un cronograma o plan de producción en el cual se programan las actividades a realizarse en un futuro cercano. El plazo a considerar es generalmente de 6 semanas; no obstante, puede variar entre 3 y 8 semanas si se toma en cuenta la madurez del equipo, el tipo, la complejidad, duración y particularidades de cada proyecto.

La programación de mediano plazo está influenciada por el *pull planing*; siendo su propósito generar un flujo predecible de trabajo que permita un óptimo control y establecer la secuencia adecuada de actividades. Asimismo, se debe detallar los paquetes de trabajo identificados para poder evaluar las restricciones existentes; por ello, es requerido considerar los impactos en diversos aspectos como: logística, recursos humanos, diseño, ejecución entre otros, lo cual implica la participación de todo el equipo de trabajo que tiene claro cuáles son las metas a mediano plazo.

“Nunca debe perderse de vista al Cronograma General y verificar su cumplimiento, incluyendo sus hitos” (Brioso, 2015). Las restricciones del cronograma maestro en general no dependen de los agentes, a diferencia de aquellas que son identificadas en el *Lookahead*, pues estas provienen de la propia ejecución de la obra y de los agentes que intervienen en la misma.

Como se muestra en la figura 4, la planificación del *lookahead* tiene como primer paso la identificación de las asignaciones, en las cuales se toma en cuenta lo que es posible realizar

durante las próximas 6 semanas. El segundo paso es identificar y analizar las restricciones existentes, para luego liberarlas o programar un plazo de liberación que permita que se obtenga un flujo continuo de trabajo.

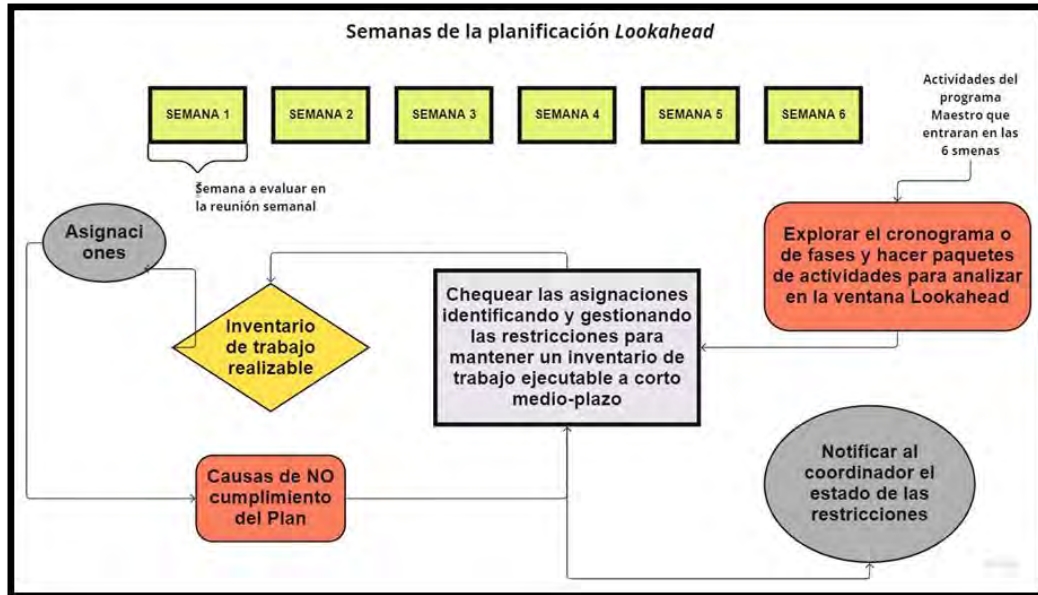


Figura 4: Lookahead planning.

Adaptado de Ballard, 2000.

Entre los sistemas para planificar a mediano plazo se tiene el mapeo de procesos, el cual se puede realizar en sesiones ICE (*Integrated Concurrent Engineering*). El procedimiento consiste en planificar las actividades que se van a realizar de manera colaborativa con la participación de los diversos especialistas del proyecto; para ello, se hace uso de *post-it* o tarjetas en las cuales se describen las tareas especificando fechas de inicio y fin, responsables, etc. Además, como herramienta visual se puede hacer uso de hojas de Excel, en las cuales se pueda observar de manera ordenada la información antes mencionada.

#### 2.2.1.5. Análisis de restricciones

Es una herramienta que nos permite identificar los inconvenientes para poder dar inicio a las actividades de acuerdo a la planificación de un cronograma maestro o un *lookahead*. Dichas restricciones se van a poder diferenciar por tipos en la etapa inicial del proyecto. Así mismo, dicha herramienta nos permite visualizar el personal responsable de la liberación de las

restricciones, ya sea el ejecutor, la supervisión o el cliente. Todo ello será necesario para que el flujo del proyecto no presente contratiempos y así poder cumplir con el plazo de entrega establecido.

Además, se cuenta con un historial de restricciones el cual te indica la etapa de ocurrencia en el proyecto, ya sea al inicio, durante o al final. Así mismo, dichas restricciones se etiquetan con un código representativo, el cual va poder categorizarlas en base al tipo de restricción que se presentase.

#### **2.2.1.6. Programación Semanal**

Es una herramienta que consiste en una ampliación del *Lookahead*, centrándose en una semana específica. En dicha programación, se gestionará los recursos y los responsables del levantamiento de restricciones. Así mismo, se realiza un chequeo de las actividades que han levantado sus restricciones para luego poder asignar la cantidad de trabajo.

#### **Ventajas:**

- Se valora el éxito del esfuerzo planificado.
- Se determinan indicadores semanales, como el PPC y el PCR.
- Se toman acciones correctivas y de mejora.
- Se proponen, se discuten y se aprueban metas de avance de la obra.
- Se plantea una programación semanal más fiable y más comprometida.
- Reuniones productivas y ágiles.
- Comunicación más eficaz.

#### **2.2.1.7. Programación Diaria**

La programación diaria es el último nivel de planificación y consiste en la elaboración de un cronograma que abarque actividades que se realizarán día a día. Por lo general, se planifica el trabajo del día siguiente en función del avance logrado en el día.

Un tema muy importante por el que debemos programar a diario es para hacer

mediciones de rendimiento, no solo de las cuadrillas, sino de cada miembro del personal, ver si un obrero es productivo, evaluar si éste cuenta con las herramientas adecuadas, ver qué factores influyen en su productividad tales como salud, el clima, falta de agua, mala alimentación, desmotivación, la falta de planificación de la seguridad, etc. (Brioso, 2011.)

Para realizar la programación se hacen uso de herramientas visuales como tablas y planos, los cuales son mostrados en reuniones diarias al final de cada jornada laboral.

#### **2.2.1.8. Líneas de balance**

Es un método que se utiliza para la planificación de un proyecto, el cual consiste en líneas rectas que representan un conjunto de actividades que atraviesan cantidades en un determinado tiempo. En base al método de líneas de balance, se podrá observar el ritmo de trabajo de las diferentes actividades de un proyecto. Los elementos que forman un modelo de línea de balance son los siguientes:

- Eje y: Son las locaciones, las cuales deben ser unidades repetitivas. Unos claros ejemplos de locaciones podrían ser: pisos, torres, sectores o bloques.
- Red de actividades: Secuencia de procedimientos que ocurren dentro de una actividad, las cuales se ubican entre dos líneas. Así mismo, se podrá observar su tiempo de duración de dicha actividad.
- Buffer: Son espacios vacíos entre dos actividades consecutivas, las cuales presentan un tiempo de duración.
- Cuadrillas: Los *gangs* se podrán determinar contando los espacios en Y por la duración de dicha actividad.

### **2.3. Herramientas para la etapa de control**

#### **2.3.1. Porcentaje de planificación cumplida (PPC)**

Dicha herramienta consiste en la medición del cumplimiento de lo programado según el plan. En otras palabras, consiste en una comparación entre las actividades planificadas al

inicio de la semana con las actividades cumplidas en obra. Así mismo, el PPC se puede calcular con la siguiente ecuación:

$$PPC (\%) = \frac{\text{Actividades cumplidas}}{\text{Actividades planificadas}} * 100 \quad (1)$$

En conclusión, el PPC permite medir la efectividad y confiabilidad de la programación para luego realizar el análisis de las razones de no cumplimiento y así poder corregirlos.

### 2.3.2. Porcentaje de cumplimiento de restricciones (PCR)

Este porcentaje se calcula para periodos cortos de plazo y permiten observar la evolución de la liberación de restricciones de cada etapa analizada. Gracias a ello, es posible determinar si el cumplimiento de responsabilidades sigue un procedimiento adecuado.

En tal caso, sea:

A: Numero de restricciones liberadas en un periodo corto de plazo con fecha dentro de lo establecido

B: Numero de restricciones liberadas en un periodo corto de plazo con fecha anterior a lo establecido

C: Total de restricciones con fechas dentro de lo establecido.

Entonces,

$$PCR (\%) = \frac{A + B}{C} \quad (2)$$

De esta manera, es posible comparar periodos en los cuales se tuvo porcentajes eficientes y periodos en los cuales se obtuvo porcentajes deficientes. Esto no solo permite ver el incumplimiento o atraso en las actividades sino en todo el proyecto.

### 2.3.3. Causas de no cumplimiento (CNC)

En el área de construcción se tiene altos niveles de variabilidad que afectan principalmente en plazo de entrega. Para reducir dichos inconvenientes, se utiliza la herramienta CNC para

detectar y clasificar las causas que no permitieron completar las actividades para así poder darle sus respectivas soluciones.

TIPOLOGÍA DE CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO		
CÓDIGO	CAUSA BASE	DESCRIPCIÓN
<b>PROG</b>	<b>PROGRAMACIÓN</b>	Causas originadas por mala utilización de herramientas de programación o por errores y/o cambios en la misma. En general las causas por falta de programación de todas las áreas internas de la obra (Producción, Oficina Técnica, Administración, etc.)
<b>LMAT</b>	<b>LOGÍSTICA DE MATERIALES</b>	Causas originadas por retrasos o ausencias en el despacho de materiales gestionados por Logística CENTRIA o directamente por los PROVEEDORES.
<b>OF</b>	<b>INCUMPLIMIENTO DE OTRO FRENTE</b>	En caso de haber más de un frente de producción en la obra: Si el incumplimiento de un frente afecta directamente a la ejecución de una tarea en otro frente.
<b>CLI</b>	<b>CLIENTE - SUPERVISIÓN</b>	Causas originadas por modificaciones planteadas por el cliente o por incumplimiento de compromisos adquiridos con éste para el plan semanal.
<b>EXT</b>	<b>EXTERNO</b>	Causas originadas por razones extraordinarias y ajenas a la programación de obra, vicios ocultos, marchas sindicales sin previo aviso, etc.
<b>DIS</b>	<b>DISEÑO</b>	Causas debido a cambios en el diseño del proyecto durante el transcurso del plan semanal.
<b>MEQ</b>	<b>MANTENIMIENTO DE EQUIPOS</b>	Aquellas causas que retrasan actividades por fallas en los equipos por falta de mantenimiento preventivo.
<b>SC</b>	<b>SUBCONTRATOS</b>	Las causas derivadas de retrasos en los compromisos de los subcontratistas.
<b>LEQ</b>	<b>LOGÍSTICA DE EQUIPOS</b>	Causas originadas por falla en la entrega de un equipo en obra, estas derivan de fallas en la logística de equipos de la empresa.
<b>LPER</b>	<b>LOGÍSTICA DE PERSONAL</b>	Causas relacionadas al reclutamiento de personal para la obra.
<b>PERM</b>	<b>PERMISOS</b>	Causas derivadas del incumplimiento de los organismos responsables de otorgar licencias y/o permisos solicitados con la debida anticipación para el proyecto.
<b>ERR</b>	<b>ERRORES DE EJECUCIÓN</b>	Causas correspondientes a los atrasos debido a trabajo rehecho y que por ende no se pudieron cumplir otras tareas programadas.
<b>QAQC</b>	<b>ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD</b>	Causas derivadas por el atraso del área de Calidad del proyecto y que retrasaron las actividades previstas.

*Figura 5: Causa de no cumplimiento.*

Fuente propia.

### 2.3.4. Nivel general de actividades (NGA)

Es una herramienta de Lean Construction que indica como se está usando el tiempo de la mano de obra, el cual es aplicable a la obra en general. Así mismo, se debe tomar un valor aproximado de 384 mediciones de varios frentes para brindar una mayor confiabilidad. En dicha medición, se podrá observar el trabajo realizado por una persona para así poder clasificarlo en trabajo productivo, contributorio o no contributorio. Para poder realizar dichas mediciones se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Conocer la distribución de la obra para realizar recorridos inopinados.
- Al observar a un trabajador se debe clasificar su actividad momentánea ya sea en trabajo productivo, contributorio o no contributorio.
- Dichas mediciones van a incluir a todas las actividades que se están ejecutando.

Con los resultados de las mediciones se podrá observar la marcha de la obra con la finalidad de poder detectar las principales pérdidas.

### 2.3.5. Carta balance

Es un estudio minucioso del sistema productivo de una cuadrilla, el cual tiene como objetivo medir la eficiencia del método constructivo. Al aplicar la carta balance nos permite obtener los siguientes beneficios:

- Descripción formal de un proceso de construcción.
- Comentarios del método constructivo.
- Obtención de rendimientos.
- Diseño óptimo de las cuadrillas.

### 2.3.6. Informe de Productividad (IP)

El IP es un informe que mide la eficiencia con que se ejecutan las actividades que conforman el Proyecto, comparando la eficiencia real con la eficiencia prevista en el Presupuesto Meta.

La eficiencia se expresa como la cantidad de recursos consumidos por cada unidad de trabajo realizado.

$$IP = \frac{\text{Número de horas empleadas para hacer una tarea}}{\text{Producción}} \quad (3)$$

#### IP de Mano de Obra:

Este informe mide la eficiencia de una cuadrilla o equipo de trabajadores en el consumo de los recursos de Mano de Obra al ejecutar sus trabajos. La cantidad de recursos consumida se mide en horas hombre (HH), siendo ésta la unidad utilizada para medir la Productividad de la mano de obra.

$$\text{Productividad} \left( \frac{HH}{und} \right) = \frac{\text{Esfuerzo}}{\text{Resultado}} = \frac{\text{Recursos empleados}}{\text{Cantidad Producida}} \quad (4)$$

Por ejemplo, HH consumidas por toneladas de acero colocado (HH/Tn) o HH consumidas por metro de cable tendido (HH/m). Cabe mencionar que el rendimiento puede ser

planificado y evaluado durante el desarrollo del proyecto. Además, es posible determinar el rendimiento por partida y con ello identificar que partidas requieren de mayor control.

### 2.3.7. Valor ganado

Es una herramienta que permite realizar el control de la ejecución de un proyecto mediante el uso de la información de tiempo y costos; esto es un cronograma de ejecución y su respectivo presupuesto. Es considerada como una de las herramientas más utilizadas para medir el desempeño del proyecto, pues permite evaluar tendencias y formular pronósticos en base a una comparativa entre lo planeado y lo ejecutado.

Para implementar esta herramienta se requiere la información detallada del alcance, del cronograma y de los costos y recursos a utilizar, todo ello con el objetivo de establecer la Línea Base del Proyecto o llamada también Línea Base de Medición del Rendimiento.

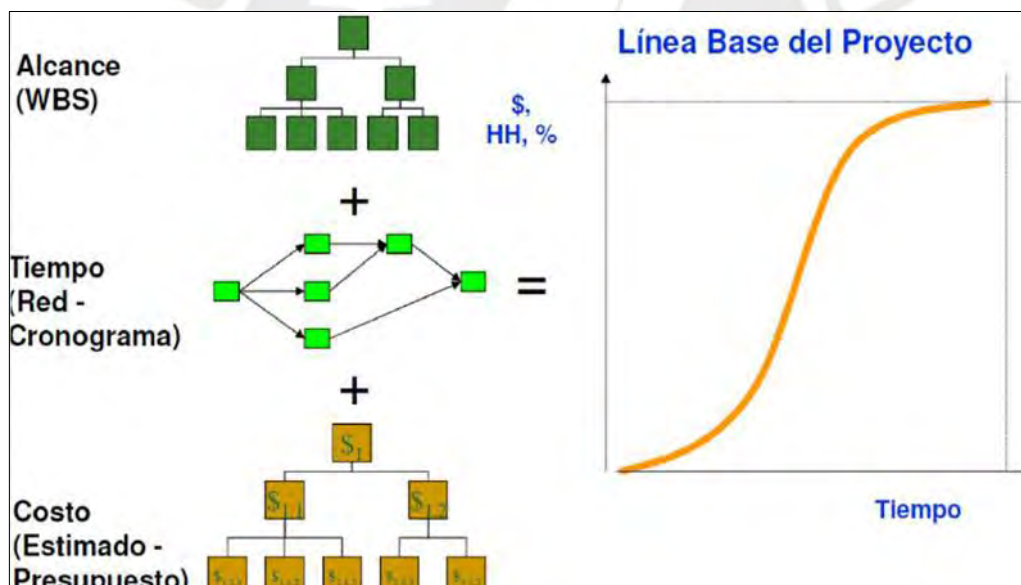


Figura 6: Integración de la Línea Base de Medición del Rendimiento

Fuente propia

Cabe mencionar que se hace uso de un calendario programado valorizado, el cual se encuentra incluido en el Expediente Técnico e indica lo programado a valorizar, mostrando los montos mensuales y acumulados (Curva S – Valor Planeado). Asimismo, se hace uso de un calendario de avance de obra valorizado (CAO) el cual muestra lo ejecutado a valorizar cada

mes mediante montos mensuales y acumulados (Curva S – Valor Ganado).

Los elementos básicos de esta herramienta son los siguientes:

- Valor Planificado (*Planned Value, PV*). El costo presupuestado del trabajo planificado al día de la fecha.
- Valor Ganado (*Earned Value, EV*). Trabajo ejecutado al día de la fecha, valuado con los costos presupuestados.

El presupuesto contractual total hasta concluir el proyecto se encuentra representado por las siglas BAC (*Budget at Completion*) y no incluye adicionales o deductivos

- Costo Real (*Actual Cost, AC*). El costo real que ha insumido el trabajo realizado hasta la fecha.

Con estos elementos básicos es posible obtener una serie de indicadores de gestión, relacionados al cronograma y plazo, que permitan analizar el desempeño del proyecto y realizar los adecuados procedimientos de mejora.

#### **2.3.7.1. Schedule Variance (SV)**

Es un indicador de gestión del cronograma que representa la variación del Cronograma, el cual se obtiene restando el valor ganado menos el valor planificado:

$$SV = EV - PV \quad (5)$$

Es así que es posible analizar el ritmo del proyecto en base a los valores de SV obtenidos:

- Si SV es igual a cero, el ritmo del proyecto es igual al ritmo planificado
- Si SV es mayor a 0, el ritmo del proyecto es más rápido al ritmo planificado. Buen desempeño
- Si SV es menor a 0, el ritmo del proyecto es más lento al ritmo planificado. Proyecto retrasado

#### **2.3.7.2. Schedule Performance Index (SVI)**

Es un indicador de eficiencia del cronograma, y se puede obtener mediante la división del valor ganado entre el valor planeado:

$$SPI = EV / PV \quad (6)$$

Es así que es posible analizar el rendimiento del proyecto en base a los valores de SPI:

- Si SPI es igual a 1, el cronograma se encuentra en lo establecido (Proyecto al día)
- Si SPI es mayor a 1, el cronograma se encuentra dentro de lo establecido (Proyecto Adelantado)
- Si SPI es menor a 1, el cronograma se encuentra fuera de lo establecido (Proyecto Atrasado)

### 2.3.7.3. *Earned Schedule* (ES)

El *Earned Schedule* o calendario ganado hace uso de extensiones para poder estimar el tiempo de finalización o para poder pronosticar una fecha de finalización. Si bien su uso no es muy conocido se han planteado las siguientes relaciones para su determinación:

La terminología usada es planteada por el Project Management Institute, y se tienen los siguientes elementos:

- Cronograma de finalización (SAC): Fecha o duración de finalización planificada

Con ello, es posible determinar la tasa de cumplimiento planificado (PAR) mediante la división del presupuesto al finalizar (*Budget at completion: BAC*) y la duración de finalización planeada:

$$PAR = BAC / SAC \quad (7)$$

- Calendario ganado (ES): Duración desde el comienzo del proyecto hasta el momento en que el valor planeado es igual al valor ganado

$$ES = EV / PAR \quad (8)$$

Asimismo, la variación de tiempo (TV), se determina como:

$$TV = SV / PAR \quad (9)$$

Y puede relacionarse con el calendario ganado y la duración real desde el comienzo del proyecto hasta determinada fecha (AT) con la siguiente relación:

$$TV = ES - AT \quad (9)$$

- Si TV es menor que cero, eso significa que el proyecto está atrasado
- Si TV es mayor que cero, significa que el proyecto está adelantado

### **2.3.8. Big Room**

Es un lugar donde se realizan reuniones de planificación colaborativa con la finalidad de poder tomar decisiones adecuadas para el beneficio del plazo de un proyecto a tratar. Dichos beneficios serán los siguientes:

- Fomentar los valores, los objetivos y el estatus del proyecto para así fortalecer los lazos entre los miembros del equipo.
- Toma responsable de decisiones en dichas reuniones colaborativas para el éxito del proyecto en el menor tiempo posible.
- Comunicación más fluida entre los miembros para obtener información más actualizada y transparente del proyecto.
- En dichas reuniones se podrá analizar las limitaciones, reducir los desperdicios y evitar los retrabajos.
- Detección de los problemas identificados en obra para su posterior solución a la brevedad a fin de dar continuidad al proyecto.

### **2.3.9. Visual Managment**

El *Visual Managment* es un pensamiento que consiste en colocar herramientas, piezas, actividades de producción, planes, programas, medidas e indicadores de rendimiento a la vista. Esto asegura que el estado del sistema pueda ser entendido de un vistazo por todos los involucrados y que las acciones se tomen localmente en apoyo de los objetivos del sistema.

El *Visual Management* o Gestión Visual es clave en cualquier espacio de trabajo, pues permite la fácil y rápida comprensión del status, del objetivo y del proceso a seguir para lograr desempeñar el trabajo requerido. Facilita la aplicación del sentido común, reduce la curva de aprendizaje y permite mantener a todo el equipo alineado.

### 2.3.9.1. A3 Report

El *A3 Report* es un tipo de informe que consta de una sola que se adhiere a la disciplina del pensamiento *PDCA* (*Plan – Do – Check - Action*) o Ciclo de Deming aplicado a la resolución colaborativa de problemas, el desarrollo de estrategias o la elaboración de informes.

El A3 incluye los antecedentes, la declaración del problema, el análisis, las acciones propuestas y los resultados esperados.

Hay siete elementos detrás de la mentalidad de la herramienta:

- Proceso de pensamiento lógico basado en la disciplina PDCA y orientado a la causa raíz.
- Objetividad
- Conseguir resultados utilizando procesos excelentes
- Síntesis, destilación y visualización
- Alineación con todos los interesados
- Coherencia dentro y consistencia a través de la organización
- Una visión global de la acción

El *A3 report* nos permite separar y destacar lo esencial, para la identificación y resolución de problemas ya que presenta de un modo muy esquemático todos los datos relevantes de un problema, actúa como una herramienta de comunicación estandarizada. Los lectores pueden seguir el guión gráfico y, sin mucho esfuerzo desperdiciado, conocer los antecedentes y el estado del proyecto.

## 2.4. Herramientas teóricas y autores

Tabla 1: *Herramientas propuestas a partir de la investigación*

<b>Sección</b>	<b>Herramientas</b>	<b>Autor (es)</b>
Planificación	Takt Time Planning	Fransson, A., Berghede, K., and Tommelein, 2019
	Planificación Maestra	Lean Construction Institute, 2021
	Pull planing	Glen Ballard 2000
	Lookahed Planning	Glen Ballard y Greg Howell
	Análisis de restricciones	Glen Ballard y Greg Howell
	Programación Semanal	Glen Ballard y Greg Howell
	Programación Diario	Glen Ballard y Greg Howell
	Líneas de Balance	Goodyear Tire & Rubber Company
Control	Porcentaje de planificación cumplida (PPC)	Glen Ballard y Greg Howell
	Porcentaje de cumplimiento de Restricciones (PCR)	Glen Ballard y Greg Howell
	Causas de No cumplimiento (CNC)	
	Nivel General de actividades (NGA)	Alfredo Sherpel 1990
	Carta Balance	Alfredo Sherpel 1991
	Reporte de IP	Lean Construction Institute
	Schedule Variance	Project Managment Institute, 2021
	Schedule Performance Index,	Project Managment Institute, 2021
	Earned Schedule	Project Managment Institute, 2021
	Visual managment	Lean Construction Institute, 2021
A3 Report	Lean Construction Institute, 2021	

Fuente elaborada por los autores

## CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

La presente tesis de investigación tiene como finalidad presentar un plan de mejora de la gestión del plazo durante la ejecución de muros anclados de un proyecto multifamiliar. Para ello, es requerido un esquema conceptual de las herramientas necesarias que contengan la valoración del caso de estudio. Es así que, en el presente capítulo, se desarrolla la metodología con la cual se determinarán las variables de estudio que serán utilizadas para identificar las herramientas adecuadas de gestión del plazo para planificación y para el control, previa valoración de expertos e identificación de los problemas más relevantes del proyecto mencionado.

### 3.1. Diseño de investigación

En este apartado se especifican las herramientas metodológicas que van a permitir el correcto desarrollo de la presente investigación y su respectiva justificación de uso.

En primer lugar, el enfoque de esta investigación es principalmente cualitativo, pues está basado en la extracción de información de tipo descriptivo. Estas son obtenidas mediante una serie de observaciones las cuales pueden adoptar diferentes formatos tales como entrevistas, encuestas, transcripciones, fotografías, etc. Y son posteriormente interpretadas (Taylor y Bogodan, 1984). Este enfoque fue considerado óptimo, pues permite analizar y comprender el comportamiento de una acción o un grupo en específico; de manera que, se pueda plantear alguna teoría y establecer mejoras.

Por otro lado, se hará uso de un enfoque cuantitativo para determinadas herramientas tales como el nivel general de actividades y la carta balance. De acuerdo con Gómez (2006), la recolección de datos se expresa en términos cuantitativos y lo que se busca es medir, en este caso, flujos de trabajos que permitan estudiar la productividad de los procesos. El análisis se realiza mediante métodos estadísticos los cuales permiten validar hipótesis y plantear

conclusiones.

En segundo lugar, el diseño de investigación es de tipo no experimental transversal; puesto que no se busca manipular deliberadamente los datos para obtener un resultado en concreto, en otras palabras, se trabaja con la data distintiva intacta sin modificaciones. (Kerlinger, 2002). En particular, se recopila información relacionada a la etapa definida de ejecución de muros anclados de la obra de estudio. Asimismo, se menciona que el diseño es de tipo transversal pues se centra en la recolección de información durante un periodo determinado, lo cual permitirá analizar las variables, su interacción e impacto en un momento establecido (Hernández et al.,2010).

### **3.2. Instrumento**

Para la obtención de datos cualitativos, se hace uso del empleo de entrevistas a expertos en el área de muros anclados en edificios multifamiliares y a la vez que hayan empleado las herramientas de *Lean Construction*. Dichas entrevistas serán semiestructuradas con la finalidad de que exista un intercambio de información más fluida entre los involucrados. Lo que se busca es que el experto en el tema brinde recomendaciones a fin de poder clasificar las herramientas de *Lean Construction* de una manera más eficaz y validarlas.

Para la obtención de datos cuantitativos, se hace uso de las herramientas de Carta Balance y Nivel General de Actividades para la medición de los tiempos en el proyecto en estudio. El análisis documental se realizará mediante fichas de registro, los cuales se elaborarán en hojas de Excel con la finalidad de tener un mejor entendimiento de los plazos al ejecutar los muros anclados.

### 3.3. Procedimiento de investigación

La estructura u hoja de ruta del presente trabajo de investigación presentará los siguientes pasos. En primer lugar, se identificará el problema existente durante la ejecución de muros anclados; por ello, se realizará una revisión de literatura sobre las diferentes herramientas que existen hoy en día para la planificación y control de muros anclados en edificaciones como posibles soluciones al problema.

En segundo lugar, se definirá las variables teóricas de investigación relacionadas a las herramientas que permitan optimizar la producción de muros anclados. Se realizarán entrevistas y encuestas con el objetivo de validar dichas variables en base a la opinión de expertos. Y con ello, se establecerá la lista final de herramientas a utilizar en base a la retroalimentación obtenida.

En tercer lugar, se realizará un análisis de un proyecto multifamiliar con la finalidad de poder implementar las modernas herramientas para la optimización de la producción de los muros anclados.

En cuarto lugar, se dará una propuesta preliminar sobre las mejores herramientas que se podrían implementar para la ejecución de muros anclados, el cual será validado por la opinión de los ingenieros.

Finalmente, se obtendrá la validación de la propuesta preliminar mediante un juicio de expertos y se describirá una propuesta final para la optimización de la gestión del plazo durante la ejecución de muros anclados en un proyecto multifamiliar; asimismo, se brindarán los comentarios y las conclusiones obtenidas.



Figura 7: Procedimiento metodológico de la investigación.

Fuente propia

### 3.4. Validación de expertos

El método utilizado para la validación de las herramientas propuestas para la gestión del cronograma y mano de obra es el juicio de expertos. Es por ello, que se recurrió a distintos profesionales especializados en la gestión de proyectos, en particular con experiencia laboral en edificios multifamiliares y ejecución de muros anclados (mínimo 8 años). La finalidad es poder establecer la lista final de herramientas a aplicar en el caso de estudio, para lo cual se solicitó a cada experto realizar una evaluación y análisis de cada una, y finalmente contar con una retroalimentación de cierre.

Tabla 2: *Perfil de expertos en la construcción de muros anclados*

<b>CÓDIGO</b>	<b>PERFIL DEL ENTREVISTADO PARA VALIDAR VARIABLES</b>	<b>AÑOS DE EXPERIENCIA</b>
<b>Exp 01.</b>	Profesional titulado en Arquitectura y Urbanismo con maestría en Administración de Negocios, diplomado en Gerencia de Construcción (PMI) y sistemas de gestión de la calidad (ISO, OHSAS), miembro del Project Management Institute PMI Lima.	> 18 AÑOS
<b>Exp 02.</b>	Magíster en Administración de Empresas por CENTRUM Católica. Ingeniero Civil titulado de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC) y actual Gerente de Infraestructura en Megacentro Perú.	> 16 AÑOS
<b>Exp 03.</b>	Ingeniero Civil titulado de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Jefe de frente y de producción de diversos proyectos. Actual jefe de producción de CUMBRA	> 16 AÑOS
<b>Exp 04.</b>	Ingeniero Civil titulado de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Magister en Business Administration por CENTRUM PUCP. Ingeniero Residente de obra en TALE Inmobiliaria.	> 18 AÑOS
<b>Exp 05.</b>	Ingeniero Civil titulado. Jefe de proyecto e ingeniero residente en obras de edificación, inmobiliaria e infraestructura. Conocimientos avanzados en planeamiento, control de obra, gestión de proyectos y presupuestos, metodología <i>Last Planner</i> y filosofía <i>Lean Construction</i> .	> 10 AÑOS

Fuente elaborada por los autores

### 3.4.1. Entrevista de expertos

Las entrevistas se realizan mediante el uso de la plataforma de videoconferencias de Zoom en horarios previamente coordinados. Los entrevistadores presentan de manera breve las secciones y herramientas consideradas para mejorar la gestión del cronograma y mano de obra durante la ejecución de muros anclados. La entrevista tiene un formato semiestructurado; en otras palabras, se cuenta con una lista básica de preguntas a realizar, y dependiendo de los comentarios de cada experto está permitido realizar preguntas adicionales que se relacionen al tema. Los objetivos de la entrevista son:

En primer lugar, determinar qué tan de acuerdo está el experto con el uso de cada herramienta mostrada para las secciones consideradas. Para evaluar su opinión se hace uso de la escala de Likert en la cual se tiene las siguientes valoraciones: Totalmente en desacuerdo = 1, En desacuerdo = 2, Ni de acuerdo ni en desacuerdo = 3, De acuerdo = 4 y Totalmente de acuerdo = 5.

En segundo lugar, establecer qué herramientas podrían no considerarse debido a razones como desuso o no tener un aporte significativo en la gestión de la ejecución de muros anclados.

En tercer lugar, obtener información sobre herramientas adicionales que no han sido consideradas y que, con base en su expertiz son considerados beneficiosos en la gestión del cronograma y mano de obra.

Finalmente, obtener comentarios finales reales con respecto al uso actual de las herramientas en el sector construcción, y cuales podrían ser las posibles barreras existentes que impiden su correcta implementación.

A continuación, se muestra un formato resumen de la entrevista, para mayor detalle revisar el Anexo A.

Tabla 3: *Formato resumen de la entrevista a expertos*

Código	Exp.0#
<b>Pregunta 1</b>	¿Cuánto tiempo tiene usted trabajando en proyectos de construcción?
<b>Pregunta 2</b>	Con respecto a la gestión del cronograma y mano de obra durante la ejecución de muros anclados, ¿está de acuerdo con el uso de las siguientes herramientas mostradas a continuación?
Sección	Herramientas
	1 2 3 4 5
Planificación	Takt Time Planning Planificación Maestra Pull planing Lookahed Planning Análisis de restricciones Programación Semanal Programación Diario Líneas de Balance
Control	Porcentaje de planificación cumplida (PPC) Porcentaje de cumplimiento de Restricciones (PCR) Causas de No cumplimiento (CNC) Nivel General de actividades (NGA) Carta Balance Reporte de IP Schedule Variance Schedule Performance Index, Earned Schedule Visual managment A3 Report
<b>Pregunta 3</b>	Con base en su experiencia, ¿considera usted que alguna debería eliminarse por no ser muy utilizada o por el contrario debería añadirse alguna otra herramienta?

Fuente elaborada por los autores

### 3.4.2. Resultados de la validación de expertos

Luego de realizar las entrevistas, se ha elaborado un resumen destacando los comentarios más relevantes de cada experto. Las transcripciones completas de las entrevistas se encuentran en el Anexo B.

### Resultado de la entrevista – Exp.01

El experto se muestra totalmente de acuerdo con la mayoría de las herramientas consideradas en la sección de planificación de la ejecución de muros anclados (Planificación Maestra, *Pull planing*, *Lookahed Planning*, Análisis de restricciones, Programación Semanal y Programación Diario). Asimismo, destaca **la importancia de la coordinación que debe existir entre los involucrados**; esto debido a que el **muro anclado es un proceso repetitivo** y se tiene partidas como excavación y perforación las cuales exigen tener una muy buena planificación para evitar daños importantes.

Asimismo, el experto menciona cómo las herramientas consideradas están relacionadas y tienen como objetivo principal **minimizar los desperdicios**, esto es **ahorrar tiempo** eliminando todos aquellos factores que generan atrasos. Es por ello, que no considera eliminar ni agregar herramientas, pues las que ya han sido consideradas en conjunto permiten realizar un **plan confiable** considerando la naturaleza de los muros anclados.

En la siguiente sección, el experto se muestra totalmente de acuerdo a las tres primeras herramientas (Porcentaje de plan cumplido, porcentaje de cumplimiento de restricciones y las causas de no cumplimiento), las cuales se encuentran relacionadas con las herramientas de planificación. Por otro lado, menciona que la **carta balance es un análisis muy fino** y que requiere de recursos al igual que el nivel general de actividades. Es por ello, que su uso no es común a pesar de considerarse como una **herramienta que elimina desperdicios y permite plantear mejoras a futuro**. Finalmente, menciona que las demás herramientas consideradas permiten tener organizada y compilada toda la información.

El experto comenta que debido a la gran cantidad de herramientas consideradas el no añadiría ni otra; ya que es importante que una tarea no quede a medio terminar tanto en temas estructurales como de seguridad.

Con respecto al uso actual de las herramientas y las barreras existentes, el experto

menciona que muchas empresas aplican las herramientas incluso sin saberlo. En el caso de las **empresas grandes**, ya tienen los procesos estudiados y **formatos listos**, y principalmente comenta la **popularidad del uso del *Lookahead*** y las **herramientas visuales**. Además, el experto menciona que **el staff de obra entiende que es importante una planificación** y son ellos quienes cumplen un rol importante en la recopilación de información de campo. Considera que **los trabajadores están aptos para comprender el uso** de algunas herramientas siempre y cuando **exista una adecuada capacitación**.

### **Resultado de la entrevista – Exp.02**

De acuerdo con su experiencia en muros anclados, el experto está totalmente de acuerdo con la mayoría de herramientas propuestas en la sección de planificación. No obstante, comenta que para el tema de muros anclados el ***Takt time planning* no es muy usado**, aunque está de acuerdo en su uso.

El experto comenta que no eliminaría ni una herramienta; por el contrario, considera importante añadir herramientas como **el diseño de planta y el diagrama de *Muther***. Este último como **método de mejora del proceso**, el cual incluye planta y trabajo, lo cual permite **mejorar la gestión de la mano de obra**. Considera que es importante **minimizar los movimientos innecesarios**, y para ello, tener un **análisis de planta productiva** y realizar una adecuada **disposición de planta** resulta muy útil. El experto menciona que podría añadirse otra técnica denominada ***Poka\_Yoke***, ya que esta permite **minimizar las verificaciones** e incrementar la fluidez del proceso.

Con respecto a la sección de control, se comenta que las primeras herramientas con fundamentales. Asimismo, el experto menciona que tanto el **NGA como la Carta Balance y el reporte de IP, no son muy usuales, pero si necesarias**. En el caso de los indicadores de valor ganado, considera que es más un tema de formalidad y que no está ni acuerdo ni en

desacuerdo de su uso. En cuanto a las **herramientas visuales** comenta que definitivamente son **primordiales para entender la situación actual** de un proyecto y poder **plantear mejoras** de aprendizaje.

Con base en su experiencia, el experto considera no eliminar sino añadir **el nivel de cumplimiento de las acciones derivadas del análisis de restricciones**. Esto es de suma importancia para poder tomar medidas al respecto en función a las causas de no cumplimiento obtenidas. Asimismo, considera tener medido la cantidad de trabajo que se tiene en proceso; por ello, recomienda el **uso de inventarios** como el *work in progress (WIK)*.

En relación con el uso actual de las herramientas y las barreras existentes que impiden su implementación, el experto menciona que **un bajo porcentaje del mercado aplica las herramientas de manera adecuada**. Por otro lado, las empresas que sí aplican algunas herramientas **no llegan a entender el verdadero propósito de cada una y no saben aprovecharlas**. Y el motivo de esto, es principalmente el desconocimiento real del por qué se usa cada herramienta. Todo se relaciona finalmente a no solo mejorar el flujo de producción, sino también a **mejorar la confiabilidad y eficiencia**. El experto considera primordial incrementar la sensibilidad del uso de estas herramientas tecnológicas. Finalmente, destaca la importancia de **alinear los objetivos, realizar consensos** y tomar decisiones en cuanto a las acciones que se van a tomar siempre alineados a un mismo propósito.

### **Resultado de la entrevista – Exp.03**

El experto está totalmente de acuerdo al uso de la mayoría de herramientas consideradas en la sección de planificación. A **excepción del takt time planning**, pues en los años que lleva en construcción **no lo ha aplicado**; por lo que, no está ni de acuerdo ni en desacuerdo. Asimismo, menciona que las demás herramientas las ha utilizado en el 100% de los proyectos que ha realizado y considera que un factor importante a considerar es **incluir el control de**

**rendimientos desde etapas tempranas.** Menciona que los recursos no son infinitos y es importante planificar todo a detalle desde el inicio, y de manera análoga, el incluiría una curva de personal para tener un plan completo.

En relación a la sección de control, el experto se encuentra totalmente de acuerdo con el uso de la mayoría de herramientas. Comenta que tanto **el NGA y el reporte de IP**, son herramientas que permiten identificar si lo que planeaste se cumple y si el trabajo realizado es netamente contributivo; **por lo que resultan de gran utilidad.** En el caso de las herramientas visuales, considera que permiten tener de manera rápida una vista a nivel macro del proyecto.

En cuanto a los indicadores de desempeño no las ha utilizado y podría obviarlas, pues ha podido **realizar un control correcto usando el resto de herramientas.** Una herramienta que añadiría sería la curva S, para verificar si se está cumpliendo con el avance necesario y eliminar los retrasos poco perceptibles. El experto menciona que, si bien **la Carta balance es poco usada debido a su demanda de recursos**, él está de acuerdo con su uso porque **elimina los desperdicios y te genera ahorro de tiempo y costos.** Es por ello, que opina que es lamentable que sea suela dejar de lado principalmente en las empresas pequeñas.

Finalmente, el experto considera que **el enfoque que tenía el sector** y cómo ha ido cambiando en los últimos años es una de las principales barreras que **ha ralentizado que se implementen estas herramientas de manera adecuada** siguiendo su verdadero propósito

#### **Resultado de la entrevista – Exp.04**

Para la lista de herramientas en la etapa de planificación, la experta está de acuerdo con la gran mayoría de herramientas, las cuales son: Planificación Maestra, *Lookahed Planning*, Análisis de restricciones, Programación semanal y Programación diaria. Dichas herramientas las utiliza hoy en día en su centro laboral y así mismo nos dio un breve comentario sobre ellas. La planificación maestra permite saber cómo va terminar su obra a futuro. El análisis de

restricciones es la liberación de partidas para la programación semanal y así mismo la parte más difícil de hacer. El *lookahead* va consistir en una programación mensual en el cual se observa el avance por sectores. La programación semanal consiste en lo planificado de la semana. En esta parte se observará los metrados y el análisis de restricciones. La programación diaria consiste en lo planificado del día, para ello se realiza reuniones diarias. Dicha programación contará con horas y nombre de los responsables. **Todas estas herramientas**, la experta las utiliza como **un conjunto de estrategias que le permite cumplir con los plazos establecidos**.

De la lista de planificación, la experta consideró eliminar algunas herramientas, las cuales fueron: **Takt Time Planning**, *Pull Planning* y Líneas de balance. Esto se debió a su desconocimiento de dichas herramientas.

Así también, comentó que no agregaría ninguna herramienta más ya que de las herramientas que contamos son muy **efectivas y fáciles de manejar**. Además, lo que se busca es que **todo el staff de ingenieros tenga conocimiento de las herramientas** de planificación y a la vez sepan cómo aplicarlas.

Para la lista de herramientas en la etapa de control, la experta está de acuerdo con algunas de las herramientas, las cuales son: porcentaje de planificación cumplida, porcentaje de cumplimiento de restricciones, causas de no cumplimiento y el reporte de IP. Dichas herramientas las utiliza hoy en día mucho en su centro laboral y así mismo nos dio un breve comentario sobre dos de ellas. Las causas de no cumplimiento son los “porqués”. El reporte de IP consiste en observar la productividad de una cuadrilla.

De la lista de control, la experta eliminó algunas herramientas, las cuales fueron: nivel general de actividades, carta balance, *schedule variance*, *schedule performance index*, *earned schedule*, *visual management*, *A3 report*. El nivel general de actividades y la carta balance los eliminó porque no los utiliza por desuso. El *schedule variance*, *schedule performance index* y

earned schedule los eliminó por desconocimiento. El *visual management* y el *a3 report* los eliminó porque la ingeniera emplea solo hojas excel impresas.

Así mismo, de la lista de control, la ingeniera no agregaría ninguna herramienta más ya que de las herramientas que contamos son muy efectivas y fáciles de manejar.

Actualmente, las **empresas importantes utilizan dichas herramientas** y a la vez cuenta con formatos que te indican como hacerlos. Al aplicar las herramientas se busca cumplir de inicio a fin, con **el personal calificado, una adecuada planificación y control de obra que garantice economía y rentabilidad**. Además, se presentan barreras para su correcta implementación entre las cuales destacaron las siguientes: **no todos conocen el uso de las herramientas**, no todos tienen la misma **experiencia** y la actitud del ingeniero para compartir sus conocimientos, entre las cuales destacan las **habilidades blandas, trabajo en equipo y la identificación con el proyecto**.

#### **Resultado de la entrevista – Exp.05**

Para la lista de herramientas en la etapa de planificación, el ingeniero está de acuerdo con la gran mayoría de herramientas, las cuales son: Planificación Maestra, *Pull planing*, *Lookahed Planning*, Programación semanal y Programación diaria. Dichas herramientas las utiliza hoy en día mucho en su centro laboral y así mismo nos dio un breve comentario sobre ellas. La planificación maestra nos permite conocer el lapso de tiempo de la ejecución de toda la obra. El *pull planing* nos permite que todos los involucrados de la obra puedan relacionarse dentro de la ejecución de los muros anclados. La finalidad es que todos sepan cual es el plan de trabajo para poder tener una mejor coordinación, lo cual nos llevaría a una mejor productividad. El *lookahed planning* consiste en una programación mensual, en el cual el encargado de realizarlo tenga la experiencia del caso para así poder trasladar la data del *pull planning* para hacerlo de una manera sencilla, con las partidas claves y la gestión clara. La

programación semanal buscar tener un nivel de efectividad alto. La programación diaria consiste en tener programado las actividades un día anterior a ejecutarse. El análisis de restricciones consiste en poder identificar la restricción y tener el tiempo prudencial para levantarla. Dichas restricciones se mapean semanalmente.

De la lista de planificación, el ingeniero eliminó algunas herramientas, las cuales fueron: **Takt Time Planning** y la **Línea de Balance**. Esto se debió al **poco uso** de dichas herramientas en la etapa de muros anclados.

Así mismo, de la lista de planificación, el ingeniero solo agregaría la herramienta de programaciones gráficas ya que sirven para el fácil entendimiento de la planificación dirigido hacia los trabajadores.

Para la lista de herramientas en la etapa de control, el ingeniero está de acuerdo con algunas de las herramientas, las cuales son: **porcentaje de planificación cumplida, porcentaje de cumplimiento de restricciones, causas de no cumplimiento** y el reporte de IP. Dichas **herramientas las utiliza hoy en día mucho en su centro laboral** y así mismo nos dio un breve comentario sobre ellas. El porcentaje de cumplimiento de restricciones permite identificar las restricciones para poder levantarlas. Las causas de no cumplimiento indican por qué no se cumplieron las cosas. El reporte de IP nos indica la producción de la semana.

De la lista de control, el ingeniero eliminó algunas herramientas, las cuales fueron: el nivel general de actividades, la carta balance, *schedule variance*, *schedule performance index*, *earned schedule*, *visual management*, *a3 report*. El nivel general de actividades y la carta balance los eliminó porque no son muy utilizados en la etapa de muros anclados. Así mismo ocurre con los *schedule*, *visual management* y el *a3 report* los eliminó porque no los emplea mucho en la etapa de muros anclados.

Así mismo, de la lista de control, el ingeniero agregó **las reuniones de obra con la finalidad de poder juntar a los capataces, la gerencia, y otros involucrados del proyecto**

al menos una vez a la semana para generar algunos acuerdos.

Actualmente, las **empresas importantes utilizan dichas herramientas para tener una mejor visión de la obra** y así estar al pendiente de todas las actividades que se están ejecutando. Realizando dicha planificación y control con las herramientas estudiadas, las actividades serán más productivas y esto se verá reflejado **en una mejor utilidad de la obra**. Así mismo, se presenta barreras para su correcta implementación entre las cuales destacaron las siguientes: **desconocimiento de las herramientas y la falta de experiencia** necesaria para poder aplicarlas.

### 3.4.3. Análisis de las entrevistas realizadas

Los resultados obtenidos de las entrevistas evidencian opiniones similares entre los expertos en la mayoría de las herramientas consideradas. Para la sección de planificación, los entrevistados estuvieron “de acuerdo” o “totalmente de acuerdo” con la aplicación de las herramientas mostradas en la gestión del cronograma y mano de obra durante la ejecución de muros anclados. Asimismo, se tiene opiniones similares frente al uso actual de estas herramientas, evidenciando que son las empresas grandes las cuales aplican de manera adecuada y en su mayoría con el propósito real de cada una. Por otro lado, la idea errónea de que invertir en el uso de ciertas herramientas es perder dinero, impide que puedan eliminarse los desperdicios.

De manera análoga, para la sección de control, en su mayoría los entrevistados estuvieron “totalmente de acuerdo” con el uso de la mitad de ellas. Las diferencias que se mostraron para las herramientas como Nivel General de Actividades, Carta Balance e indicadores de valor ganado se basan principalmente en que ciertos expertos lo usan y otros no. No obstante, todos consideran su aplicación útil en la mejora de los procesos. En cuanto a herramienta visuales, todos los expertos mencionan que es importante tener un formato con el

cual todo el personal pueda estar informado. En este caso, se destaca por parte algunos expertos que adicionalmente a estas herramientas es necesario una comunicación efectiva e involucramiento de los todos los agentes. El objetivo es que todos puedan estar alineados y trabajen en equipo utilizando las herramientas con base en su propósito real.

Luego del análisis realizado de las entrevistas y de haber considerado las opiniones de cada experto se tiene la tabla final de secciones y herramientas que serán aplicadas al caso de estudio.

Tabla 4 . *Secciones y Herramientas validadas*

<b>Sección</b>	<b>Herramientas</b>	<b>Autor (es)</b>
Planificación	Takt Time Planning	Fransson, A., Berghede, K., and Tommelein, 2019
	Planificación Maestra	Lean Construction Institute, 2021
	Pull planing	Glen Ballard 2000
	Lookahed Planning	Glen Ballard y Greg Howell
	Análisis de restricciones	Glen Ballard y Greg Howell
	Programación Semanal	Glen Ballard y Greg Howell
	Programación Diario	Glen Ballard y Greg Howell
Control	Porcentaje de planificación cumplida (PPC)	Glen Ballard y Greg Howell
	Porcentaje de cumplimiento de Restricciones (PCR)	Glen Ballard y Greg Howell
	Causas de No cumplimiento (CNC)	
	Nivel General de actividades (NGA)	Alfredo Sherpel 1990
	Carta Balance	Alfredo Sherpel 1991
	Reporte de IP	Lean Construction Institute, 2021
	Big room	Lean Construction Institute, 2021
	Visual managment	Lean Construction Institute, 2021
A3 Report	Lean Construction Institute, 2021	

Fuente elaborada por los autores

### 3.4.4. Barreras existentes

Luego de las entrevistas realizadas, cada experto mencionó barreras que no permiten la correcta implementación de las herramientas de planificación y control en la etapa de ejecución de muros anclados. Esto implica establecer requisitos previos para una correcta propuesta que ayude a mejorar el cronograma y la mano de obra del caso de estudio. Dichas barreras y requisitos serán presentadas en la siguiente tabla.

Tabla 5. *Barreras y requisitos previos*

<b>Barreras</b>	<b>Requisitos previos</b>
Desconocimiento del propósito real del POR QUÉ del uso de las herramientas.	Incrementar la sensibilidad del uso de estas herramientas tecnológicas
Objetivos desalineados entre los involucrados del proyecto	Alinear los objetivos y realizar consensos para la toma de decisiones.
Persistencia en considerar el enfoque antiguo de construcción	Identificar e implementar estrategias de mejora modernas
Actitud del staff de ingenieros para transmitir sus conocimientos	Desarrollo de las habilidades blandas del staff para poder trabajar coordinadamente con todos involucrados del proyecto.
Desconocimiento y falta de experiencia	Un staff calificado con experiencia en herramientas Lean y con ganas de seguir aprendiendo.

Fuente elaborada por los autores

## CAPÍTULO 4: CASO DE ESTUDIO

### 4.1. Información general de casos de estudio

#### 4.1.1. Caso de estudio 1

La presente investigación tiene como primer caso de estudio al proyecto multifamiliar “Savia departamentos”, ubicado en la Avenida Brasil 1466, distrito de Pueblo Libre, provincia y departamento de Lima. El plazo estimado es de 1 año 4 meses, desde el mes de septiembre de 2022 hasta diciembre del 2023. El proyecto es un edificio multifamiliar que estará conformado por 3 sótanos para estacionamientos, 27 pisos de departamentos y la azotea. El primer piso será de doble altura y estará conformado por el lobby, el hall de ascensores, una sala de juegos y un gimnasio. Los pisos típicos del 2 al 27 cuentan con departamentos desde 39 hasta 140 m<sup>2</sup>.

La ejecución del proyecto está a cargo de la empresa CLASEM S.A.C, la cual fue fundada el 5 de julio del 2007. Durante toda su trayectoria en la industria de la construcción ha realizado edificaciones multifamiliares en diferentes regiones tales como Arequipa, Callao, Chiclayo, Cusco, Huancayo, Ica, Lima, Piura y Tacna en las cuales se llegó a beneficiar a más de 11 000 familias. Además, en el año 2019, CLASEM fue premiado por el Fondo MiVivienda como el segundo “Mayor Colocador de viviendas con el nuevo Crédito MiVivienda en provincia”

#### 4.1.2. Caso de estudio 2

La presente investigación tiene como segundo caso de estudio al proyecto “Ampliación y remodelación del colegio Markham” ubicado en la Calle Augusto Angulo 291, distrito de Miraflores, provincia y departamento de Lima. El proyecto estuvo conformado por 3 sectores: Ciencias y sistemas, Artes y Estacionamiento; dentro de los cuales se tienen 1 edificio de 4 pisos y 1 sótano, 1 edificio nuevo y 3 sótanos y un edificio de 3 niveles de sótano

respectivamente. Para el sector de estacionamientos, los sótanos tienen 7 785.7 m<sup>2</sup>, 7 189.80 m<sup>2</sup> y 6 948.5 m<sup>2</sup> de área construida; asimismo, tiene la capacidad de albergar a 609 vehículos.

La ejecución del proyecto está a cargo de la empresa AESA S.A, la cual fue fundada en 1990 y se especializa en el desarrollo de infraestructura y obras civiles mineras. Durante toda su trayectoria en la industria ha logrado el reconocimiento de múltiples clientes y dentro de sus proyectos se encuentran Túnel Chaquicocha, Túnel de integración San cristobal carahuacra, obras en Carahuacra, Izcaycruz, Huaron, etc.

## **4.2. Proceso Constructivo de muros anclados**

### **4.2.1. Caso de estudio 1**

El proceso constructivo de muros anclados aplicado en el primer caso de estudio es el siguiente:

- Excavación de 1m de tierra de retiro en la parte media del terreno dejando las partes perimetrales en forma de banquetas.
- Perforación del paño a trabajar a cargo de la empresa Flesan.



*Figura 8:* Perforación del muro anclado.

Fuente propia.

- Colocación del fierro e inyección de lechada preparada por la empresa Flesan.



*Figura 9:* Inyección de lechada.  
Fuente propia.

- Excavación de la banqueta del paño a trabajar utilizando maquinaria proporcionada por la empresa DHV.



*Figura 10:* Excavación de banqueta.  
Fuente propia.

- Perfilado del paño a trabajar para luego realizar el pañeteo con lechada de cemento.



*Figura 11:* Perfilado y pañeteo.  
Fuente propia.

- Colocación del acero del muro anclado de acuerdo a los planos de estructuras.



*Figura 12:* Acero del muro anclado.

Fuente propia.

- Armado del encofrado del muro anclado.



*Figura 13:* Encofrado del muro anclado.

Fuente propia.

- Llenado del hueco del muro anclado realizando movimiento de tierras con la maquinaria.



*Figura 14:* Movimiento de tierras.

Fuente propia.

- Vaciado del muro anclado con concreto premezclado proporcionado por la empresa Unicon.



*Figura 15: Vaciado del muro anclado.*

Fuente propia.

- Desenterrar y desencofrar el muro anclado al día siguiente para luego realizar el tensado a los 3 días encargado por la empresa Flesan.



*Figura 16: Tensado del muro anclado.*

Fuente propia.

- Se repite el mismo procedimiento mencionado anteriormente para un paño alterno así hasta completar el anillo.

#### **4.2.1. Caso de estudio 2**

El proceso constructivo de muros anclados aplicado en el segundo caso de estudio es el siguiente:

- Perforación del muro a cargo de la empresa Terratest.



*Figura 17:* Perforación del muro anclado.

Fuente propia.

- Colocación del cable e inyección de lechada en la zona perforada a cargo de la empresa Terratest.



*Figura 18:* Inyección de lechada.

Fuente propia.

- Excavación de la banqueta utilizando maquinaria.



*Figura 19:* Excavación de banqueta.

Fuente propia.

- Perfilado del muro empleando el trazo realizado por el topógrafo.

- Pañeteo del muro empleando lechada de cemento.



*Figura 20:* Perfilado y pañeteo.

Fuente propia.

- Armado del acero para su posterior colocación con la maquinaria.



*Figura 21:* Acero del muro anclado.

Fuente propia.

- Armado del encofrado para su posterior colocación.
- Cerrado de las partes laterales con tablitas.
- Pantalla provisional de madera sobrepuesta a las estacas con los puntales.



*Figura 22:* Encofrado del muro anclado.

Fuente propia.

- Vaciado del concreto con pluma para zonas accesibles y con chute para zonas difíciles.



*Figura 23: Vaciado del muro anclado.*

Fuente propia.

- Desencofrado al día siguiente y tensado a los tres días por la empresa Terratest con la finalidad de que el concreto haya adquirido su resistencia adecuada.



*Figura 24 Tensado del muro anclado.*

Fuente propia.

#### **4.3. Perfil de Entrevistados**

Se realizan entrevistas al staff de obra como parte del análisis del caso de estudio. La entrevista tendrá como objetivo conocer el proceso de planificación y de control durante la ejecución de muros anclados de la obra. Por ello, se ha considerado la participación de los siguientes miembros del staff: Ingeniero Residente, Jefe de Productividad, Ingeniero de Campo.

#### **4.4. Entrevistas al Staff de obra sobre el caso de estudio**

Las entrevistas se realizan mediante la plataforma Zoom y se cuenta con un formato semiestructurado el cual tiene dos partes. En la primera parte se realizarán preguntas relacionadas a la planificación del proyecto; las preguntas podrían variar en función a cada herramienta validada y a las respuestas obtenidas por el staff. En la segunda parte se realizarán preguntas relacionadas al control del proyecto; asimismo, las preguntas establecidas podrían ser ligeramente modificadas. Para mayor detalle, puede revisar el Anexo D para visualizar el formato de entrevista utilizado. La realización de las entrevistas al staff de obra tiene como objetivos lo siguiente:

En primer lugar, conocer qué herramientas se están usando en la obra de estudio y cuál es el procedimiento para su elaboración, aplicación y cumplimiento.

En segundo lugar, comparar qué herramientas sí se utilizan y cuales se omiten con respecto a la lista de herramientas validadas por expertos.

En tercer lugar, obtener las principales razones de no aplicar determinada herramienta en el caso de estudio.

#### **4.5. Análisis de entrevistas al Staff de obra**

##### **4.5.1. Análisis Global**

Se realizaron entrevistas mediante la plataforma Zoom a miembros del staff de cada caso de estudio. Las preguntas realizadas se enfocan en la elaboración y uso de cada herramienta, tanto de la sección de planificación como la de control. El siguiente análisis toma en cuenta las respuestas más importantes para cada caso. Las transcripciones completas de cada entrevista pueden ser visualizadas en el Anexo E.

#### 4.5.1.1 Caso de estudio 1

##### Entrevista al staff N°1

El staff N°1 ocupa el cargo de **Ingeniero Residente** en el proyecto de edificio multifamiliar. Como primera parte de la entrevista se tiene el proceso de planificación de la ejecución de muros anclados. En primer lugar, menciona que como ingeniero residente cuenta con una serie de herramientas que va a utilizar en todo el proyecto; asimismo, detalla que esta lista no es muy extensa, ya que prioriza cumplir con herramientas ya establecidas. Como primera herramienta, enfatiza el uso del Plan maestro como base, esta es elaborada previamente, en programas como Excel o Ms Project, por el ingeniero de producción. Menciona la importancia de la experiencia y la información de proyectos pasados como fuentes principales para la elaboración de un cronograma maestro confiable.

La segunda herramienta es el *pull planning*, al respecto el ingeniero comenta que se cuenta con una sala en las cuales semanalmente se reúnen el gerente de proyectos, el ingeniero residente y el ingeniero de producción y campo. En las reuniones suelen coordinar modificaciones y revisar avances. El ingeniero residente menciona que la obra hace uso actualmente de herramientas que conforman el *Last Planner System*. En tal caso, luego de contar con un plan maestro se procede a elaborar una planificación a mediano plazo o *lookahead* con una proyección de 4 semanas. En esta tercera herramienta se detalla las actividades a realizar y se procede a planificar, todo ello con el objetivo de acondicionar el espacio y asignar los recursos necesarios. Análogamente, se planifica las restricciones que puedan ocurrir y se establecen responsables y fechas límite de levantamiento, siendo esta la cuarta herramienta que aplican.

Siguiendo la misma idea, se procede realizar la quinta y sexta herramienta, las cuales son la programación semanal y diaria, con el *lookahead* ya aprobado, estas muestran

actividades a realizar por cada cuadrilla. El ingeniero explica que estas programaciones se coordinan con los capataces para que puedan realizarse de manera ordenada y sin contratiempos. También considera que todo esto es un proceso el cual se repite semanalmente, y debe realizarse reprogramaciones en caso de ser necesario. A comparación de las herramientas establecidas y validadas por expertos, en el presente caso de estudio no se utilizaron el *takt time planning* y las líneas de balance como herramientas de planificación por motivo de falta de recursos.

Como segunda parte de la entrevista se tiene la sección de control. Como primera, segunda y tercera herramienta se aplica el porcentaje de plan cumplido, el porcentaje de cumplimiento de restricciones y las causas de no cumplimiento. El ingeniero detalla que en ambos casos es poco probable cumplir con el 100% siempre; sin embargo, estas herramientas le permiten conocer el avance e influye en la toma de decisiones al momento de programar la siguiente semana. Como cuarta herramienta, el ingeniero comenta que se utilizan índices de productividad para medir el desempeño estos reportes son elaborados por el jefe de campo y producción para su análisis interno.

En cuanto a herramientas visuales, hacen uso de formatos impresos de sus herramientas, los cuales son comprendidos por todos los involucrados. Por último, menciona que no aplican herramientas como Nivel general de actividades, Carta Balance, *Visual Managment* o *A3Report* principalmente por temas de recursos limitados, si bien son herramientas útiles requieren de personal que esté a cargo de realizarlas. El ingeniero considera que con las herramientas que aplican es posible cumplir de manera satisfactoria con los objetivos del proyecto.

### **Entrevista al staff N°2**

El staff N°2 ocupa el cargo de **Ingeniero de Producción** en el edificio multifamiliar. Como primera parte tenemos la planificación. El ingeniero comenta que realizar una buena

planificación conlleva a tener una mayor utilidad. En otras palabras, cumplir con los hitos, quedar bien en costo, tiempo, etc. Lo que se busca es cumplir con el cronograma meta mostrado al cliente al realizar una buena planificación y es por ello que se utiliza diferentes herramientas.

Como primera herramienta tenemos la planificación maestra, la cual presenta hitos que debemos cumplir en determinados plazos. Así mismo, la planificación maestra nos indica el tiempo aproximado de la obra. Siempre se cumple con la planificación maestra de los diferentes proyectos que tenemos. Y para su elaboración participa el Ingeniero residente, el jefe de proyectos y el ingeniero de producción. Como segunda herramienta tenemos el *lookahead planning*, el cual lo manejo a cuatro semanas permitiendo realizar mi análisis de restricciones. Así mismo, dicha herramienta nace de la planificación maestra. El porcentaje de cumplimiento con dicha herramienta es del 90-100%. Y para su elaboración participa el ingeniero residente y el ingeniero de producción.

Como tercera herramienta tenemos el análisis de restricciones, el cual consiste en identificar dichas restricciones como materiales, equipos, mano de obra, etc. para poder levantarlas en su debido momento porque si no te genera retrasos. La frecuencia de dicha herramienta es cada semana. Y para su elaboración participa el ingeniero residente y el ingeniero de producción. Como cuarta herramienta tenemos la programación semanal, el cual proviene del *lookahead planning* y te sirve como visión de lo que vas hacer en la semana. El porcentaje de cumplimiento con dicha herramienta es del 90-100%. Y para su elaboración participa el ingeniero residente, el ingeniero de producción, el área de seguridad y el área de calidad.

Como quinta herramienta tenemos la programación diaria, el cual consiste en un pequeño bosquejo de dibujo sobre muros anclados y que se ejecuta al día siguiente. Así mismo, se cuenta con entregas horarias que las cuadrillas deben cumplir. La frecuencia de dicha herramienta es relativa ya que a veces no se logra cumplir con la meta diaria y es por ello que

se utiliza los sábados como un buffer. Y para su elaboración participan el ingeniero de producción, el maestro de obra y los capataces. Por otro lado, no se utilizan las siguientes herramientas como, por ejemplo: *takt time planning*, *pull planning* y líneas de balance. Los motivos son que no se utilizan mucho en la etapa de muros anclados ya que se trabaja con tres partidas (acero, encofrado, vaciado) que son fáciles de manejar. Dichas herramientas son más efectivas en la etapa de casco y acabados.

Como segunda parte tenemos el control. El ingeniero comenta que realizar un control en obra nos sirve para no sobrepasarse de acuerdo a lo estimado en el presupuesto y en el tiempo. Es por ello que el control te va permitir observar si estás volando en horas hombre, materiales o equipos. Para realizar un buen control en obra se utilizan diferentes herramientas.

Como primera herramienta tenemos el porcentaje de planificación cumplida, el cual consiste en hacer una comparación entre lo planificado de la semana con respecto a lo que se cumplió realmente. Así mismo se realiza de manera semanal y el porcentaje de cumplimiento con dicha herramienta es de 90-100%. Para su elaboración participan el ingeniero residente y el ingeniero de producción. Como segunda herramienta tenemos el porcentaje de cumplimiento de restricciones, el cual consiste en hacer una comparación entre las restricciones identificadas con respecto a las restricciones que se lograron levantar transcurrida la semana. El porcentaje de cumplimiento con dicha herramienta es de 90-100%. Y para su elaboración participan el ingeniero residente y el ingeniero de producción.

Como tercera herramienta tenemos las causas de no cumplimiento, la cual consiste en los motivos por los cuales no se pudo cumplir con la actividad programada. Se utiliza un histograma para observar las principales causas. Y para su elaboración participan el ingeniero residente y el ingeniero de producción. Como cuarta herramienta tenemos el reporte IP, el cual consiste en manejar el índice de productividad de acero, encofrado y vaciado viendo a la par los Apus. La frecuencia es semanalmente. Y para su elaboración participan el ingeniero

residente, el ingeniero de producción y el topógrafo, quien es el encargado de tomar la data.

Por otro lado, no se utilizan las siguientes herramientas como, por ejemplo: Nivel General de Actividades, Carta Balance, *Visual Managment* y *A3 report*. Los motivos son que no se utilizan mucho en etapa de muros anclados sino más bien en la etapa de casco y que no aplican en su política de la empresa.

#### 4.5.1.2 Caso de estudio 2

##### Entrevista al staff N°3

El staff N°1 ocupa el cargo de **Jefe de producción** en el proyecto de ampliación del colegio Markham. Como primera parte de la entrevista se tiene el proceso de planificación de la ejecución de muros anclados. En primer lugar, menciona que como jefe de producción esta a cargo de elaboración de todas las herramientas que se usan en el proyecto; asimismo, explica que para los muros anclados se tiene como punto de partida al estudio de estabilidad de taludes, de manera que se cuente con planos de modulación que detallen la ubicación y dimensión de los paños a construir. Luego de contar con estos planos se elabora la primera herramienta denominada *Tack time* o tren de trabajo, principalmente se programa considerando ejecutar 3 paños por nivel. Por otro lado, el ingeniero menciona que resulta complicado cumplir con 3 paños para el primer nivel; debido a que suele haber filtraciones producto de instalaciones de agua ineficientes, es por ello que en su lugar podría considerarse ejecutar solo 2 paños al día.

Las siguientes herramientas a elaborar son el Plan Maestro y el *Lookahead* respectivamente. La primera abarca aproximadamente de 3 a 4 meses y muestra a grandes rasgos las partidas que se ejecutarán; por otro lado, la segunda abarca de 3 a 4 semanas y detalla las actividades que se realizarán dentro de cada partida. Como cuarta herramienta, el jefe de producción considera el uso del *pull planning* y también del *Big Room* para realizar planificación colaborativa. Menciona que se cuenta con una sala de reuniones dividida en 4

sectores: Planeamiento, Programación, Estatus/indicadores y Mejora, en donde se reúnen los jefes de frente, jefe de oficina técnica, logístico, administrador, etc.

El jefe de producción indica que luego de contar con las programaciones detalladas por semana y por día, se realizan reuniones en las cuales se realiza el análisis de restricciones. Esta herramienta consiste en identificar las posibles restricciones y al terminar la semana identificar al responsable de realizar el levantamiento de cada restricción y especificar su fecha límite. El ingeniero menciona que las líneas de balance son importantes de realizar, pues permiten identificar los cruces que son imperceptibles en la programación con trenes de trabajo; sin embargo, comenta que esta herramienta es generalmente realizada por personal del área de formación o de prácticas. Luego de tener las actividades y restricciones ya programadas se determina cómo está avanzando la obra.

Como segunda parte de la entrevista se tiene la sección de control. Como primera, segunda y tercera herramienta se hace uso del porcentaje de plan cumplido, el porcentaje de cumplimiento de restricciones y las causas de no cumplimiento. El ingeniero detalla que estas herramientas permiten calcular los porcentajes de lo ejecutado y verificar si tu programación es adecuada y/o necesita ajustes. Además, enfatiza que todo forma parte de un proceso iterativo, las herramientas son actualizadas semanalmente en salas colaborativas y su análisis permite establecer estrategias de mejora.

Como cuarta herramienta, el ingeniero comenta que se utilizan índices semanales de productividad para medir el desempeño e identificar si se está invirtiendo en los recursos de manera efectiva. Finalmente, como herramientas visuales, se cuenta con el *Visual Managment* y el *A3 Report*, ambas utilizadas para elaborar un panel de control. Este panel incluye un resumen de las herramientas de planificación y control, así como fotos referenciales; para lo cual se maneja formatos automatizados fáciles de modificar semanalmente.

Con respecto a las herramientas como Nivel General de Actividades y la Carta balance, el jefe de producción menciona que son delegados a juniors debido al tiempo que requieren para su realización. Asimismo, recomienda como mínimo 1 medición de NGA y 1 de carta balance por cada anillo o nivel de sótano. El jefe de producción enfatiza el uso de las herramientas tecnológicas para lograr el cumplimiento de los objetivos con éxito.

#### **Entrevista al staff N°4**

El staff N°4 ocupa el cargo de Jefe de Frente en el proyecto de ampliación del colegio Markham. Como primera parte tenemos la planificación. El ingeniero comenta que realizar una buena planificación conlleva a optimizar recursos ya que si no se realiza podría perjudicar en el plazo de entrega y en el costo del proyecto. Por esta razón, se utilizan diferentes herramientas para la planificación.

Como primera herramienta tenemos el *takt time planning*, el cual se utilizó para poder trabajar por dos sectores dicho proyecto en la etapa de muros anclados. El objetivo era cumplir cuatro muros anclados por día y es por ello que se trabajó por dos frentes. Y para su elaboración participan el jefe de frente, el jefe de producción, el jefe de oficina técnica, el ingeniero residente y el maestro de obra. Como segunda herramienta tenemos la planificación maestra, en que una vez sectorizado y armado el tren de trabajo, se pudo observar la manera de cómo íbamos a empalmar cada sector. El porcentaje de cumplimiento con dicha herramienta es del 85%. Y para su elaboración participan el jefe de producción, el jefe de frente y el maestro de obra.

Como tercera herramienta tenemos el *pull planning*, en el cual se veía temas de interferencias con otros especialistas. El porcentaje de cumplimiento con dicha herramienta es del 85%. Y para su elaboración participan el jefe de producción, el jefe de frente y el maestro de obra. Como cuarta herramienta tenemos el *lookahead planning*, el cual se trabajó a tres

semanas para poder ver las partidas que nos ponían restricciones. El porcentaje de cumplimiento con dicha herramienta es del 85%. Y para su elaboración participan el jefe de producción y el jefe de frente.

Como quinta herramienta tenemos el análisis de restricciones, el cual permitió identificarlas a fin de poder levantarlas en su debido momento. Dicha herramienta va de la mano con el *lookahead planning* y se revisaba semanalmente. Y para su elaboración participan el jefe de producción, el jefe de frente, el maestro de obra, administración, almacén, logística y seguridad. Como sexta herramienta tenemos la programación semanal, en el cual se planificaba las actividades a realizarse en la semana y si quedaba pendientes se utilizaba los días sábados como un buffer. El porcentaje de cumplimiento con dicha herramienta es del 85-90%. Y para su elaboración participan el jefe de producción y el jefe de frente.

Como séptima herramienta tenemos la programación diaria, el cual proviene de la programación semanal y se tenía que repartir a todos los trabajadores con la finalidad de poder cumplir la meta diaria. El porcentaje de cumplimiento con dicha herramienta es del 80-85%. Y para su elaboración participan el jefe de producción y el jefe de frente para luego repartirlo al maestro de obra y los capataces de las cuadrillas. Como octava herramienta tenemos las líneas de balance, el cual fue elaborado por oficina técnica. Por esta razón no participé en el uso de esta herramienta ya que era jefe de frente.

Como segunda parte tenemos el control. El ingeniero comenta que realizar un control en obra nos permite realizar mediciones y así observar si se está cumpliendo con lo planificado. Para realizar un buen control en obra se utilizan diferentes herramientas.

Como primera herramienta tenemos el porcentaje de planificación cumplida, el cual consiste en observar si lograste cumplir lo planificado de la semana en base a tus actividades que tenías. El porcentaje de cumplimiento con dicha herramienta es del 85-90%. Y para su

elaboración participan netamente el staff de obra. Como segunda herramienta tenemos las causas de incumplimiento, el cual es visto por el área de producción para buscar el porqué de las cosas. Y para su elaboración participan el jefe de producción y el jefe de oficina técnica.

Como tercera herramienta tenemos el Nivel General de Actividades, el cual consiste en realizar un recorrido por toda la obra y observar a los trabajadores para ver el porcentaje de trabajo productivo, trabajo contributorio y trabajo no contributorio. Y para su elaboración participa una persona mandada por oficina técnica para tomar la data. Como cuarta herramienta tenemos la Carta Balance, el cual consiste en hacer un análisis más detallado de una partida midiendo la productividad de las cuadrillas. Y para su elaboración participa una persona mandada por oficina técnica para tomar la data.

Como quinta herramienta tenemos el reporte de IP, el cual se aplicó a todas las partidas semanalmente a fin de observar la productividad. Y para su elaboración participan el jefe de producción y el jefe de frente. Como sexta herramienta tenemos el *visual managment* y el *A3 report*, el cual consiste en mostrar visualmente todo en conjunto sobre un proyecto como, por ejemplo: productividad, actividades, sectorización, tren de actividades, etc. Y para su elaboración participan el jefe de producción y el jefe de oficina técnica. Por otro lado, el ingeniero comenta que no utilizó el porcentaje de cumplimiento de restricciones debido a su desconocimiento de dicha herramienta.

#### **4.5.2. Análisis Transversal**

Se realiza un análisis independiente de cada herramienta; para lo cual se considera la información de ambos casos de estudio obtenida en las entrevistas a staff realizadas. Asimismo, se muestran los comentarios más resaltantes de cada herramienta, el formato utilizado o caso contrario motivos de no aplicación en el proyecto.

#### 4.5.2.1 Herramientas de Planificación

##### *Takt Time Planning*

Para el Ing. N°1 y el Ing. N°2 no utilizan el *takt time planning* ya que no se encuentra dentro de la política de la empresa. Para el Ing. N°3 si utiliza el *takt time planning* como un tren de trabajo, pero primero necesitas los planos de modulación de los muros para así obtener las dimensiones y la cantidad de paños en cada nivel. Usualmente, el primer nivel es el más complicado en realizarse ya que te encuentras con varios elementos enterrados como, por ejemplo: tuberías de agua y desagüe. Para el Ing. N°4 si utiliza el *takt time planning* como un tren de trabajo planificado por dos frentes a fin de poder cumplir con su meta diaria.

##### **Planificación Maestra**

Para el Ing. N°1 si utiliza la programación maestra, representado en un diagrama de Gantt, el cual se elabora antes de la ejecución del proyecto. Dicha herramienta es el punto de partida del *lookahead*. Teniendo como datos el presupuesto y el plazo de una obra se puede realizar un plan master más detallado. Para el Ing. N°2 si utiliza la programación maestra con la finalidad de poder definir sus hitos o metas que debe cumplir en determinados plazos afín de que el proyecto pueda ser entregado a tiempo. Para el Ing. N°3 si utiliza la programación maestra en el cual indica el tiempo de duración de la fase de muros anclados, el cual es de aproximadamente entre 3 y 4 meses. Para el Ing. N°4 si utiliza la programación master para poder empalmar cada sector. Se trabajó con seis sectores y es por ello que se realizó una planificación máster para poder avanzar con el tren de trabajo a medida que íbamos subiendo de piso a piso.

CLASEM EOM	MES 1																
	SEM 1					SEM 2					SEM 3						
	29-Ago-22	30-Ago-22	31-Ago-22	1-Set-22	2-Set-22	3-Set-22	5-Set-22	6-Set-22	7-Set-22	8-Set-22	9-Set-22	10-Set-22	12-Set-22	13-Set-22	14-Set-22	15-Set-22	16-Set-22
L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S
1ER ANILLO MURO PANTALLA																	
EXCAVACIÓN				1	2	3	4	5	6	7	8						
PERFORACION											X	X	X	X	X		
RETIRO DE BANQUETA															X	X	X
PERFILADO Y PAÑETEO															X	X	X
ACERO DE MURO															X	X	X
ENCOFRADO DE MURO																X	X
CONCRETO DE MURO																X	X
TENSADO X RESISTENCIA DE CONCRETO ( DESPUES DE 3DIAS)																	

Figura 25: Planificación maestra del edificio multifamiliar.

Fuente: Clasesm

### ***Pull planning***

Para el Ing. N°1 si utiliza el *pull planning* como una programación colaborativa en la que todos los involucrados interactúan. Luego de establecer la programación se tiene reuniones 2 veces por semana con el jefe de proyectos para revisar avances y especificaciones. Así mismo, se realizan reuniones diarias con el ing. de campo, maestro de obra y los capataces para realizar modificaciones y coordinaciones. Para el Ing. N°2 si utiliza el *pull planning* primordialmente para la etapa de casco y acabados ya que en la etapa de muros anclados sus partidas son fáciles de manejar.

Para el Ing. N°3 si utiliza el *pull planning* como una herramienta colaborativa. Un claro ejemplo fue el *Big Room*, el cual fue una sala de reunión dividida en secciones. En cada uno se ponía la información correspondiente, ya sea tu plan master, *lookahead*, análisis de restricciones, plan semanal y plan diario. Para el Ing. N°4 si utiliza el *pull planning* y se realizaba con otros especialistas para ver el tema de interferencias.

### **Lookahed Planning**

Para el Ing. N°1 si utiliza el *lookahead planning* como una programación de cuatro

semanas en el cual se presenta mayor detalle en las partidas, desglosando las actividades y estableciendo la programación de inicio de obra. Esto sirve para acondicionar tanto el espacio como los recursos de manera que la ejecución de la obra comience correctamente. Para el Ing. N°2 si utiliza el *lookahead planning* como una programación de cuatro semanas que le va permitir realizar el análisis de restricciones afin de poder adelantarse a la jugada y así evitar retrasos que puedan suceder más adelante. Para el Ing. N°3 y el Ing. N°4 si utilizan el *lookahead planning*, el cual está planteado de 3 a 4 semanas proviniendo del plan master de una manera más detallada. Así mismo, permite identificar las restricciones que pueden originar retrasos en el plazo de entrega.

CLASEM EOM		LAH - EDIFICIO MULTIFAMILIAR SAVIA								
		Elaborado por: Jesús Estela Cifuentes								
		LAH : #####								
		Fechas: Del 17/10 al 19/11								
ID	DESCRIPCIÓN	UNO	UBICACIÓN	SEMANA #						
				LUNES 17-Oct	MARTES 18-Oct	MIÉRCOLES 19-Oct	JUEVES 20-Oct	VIERNES 21-Oct	SÁBADO 22-Oct	
0	PROVISIONALES									
1	MUROS ANCLADOS									
1.1	MUROS ANCLADOS - 1ER ANILLO		Sótano 1							
1.1.1	EXCAVACIÓN	m3	Sótano 1							
1.1.2	PERFORACIÓN	und	Sótano 1				121, 120			
1.1.3	RETIRO DE BANQUETA	gbl	Sótano 1							
1.1.4	PERFILADO Y PAÑETEO	gbl	Sótano 1				120	121		
1.1.5	ACERO DE MURO	kg	Sótano 1				130	121		
1.1.6	ENCOFRADO DE MURO	m2	Sótano 1					130	121	
1.1.7	CONCRETO DE MURO	m3	Sótano 1					130	121	
1.1.8	TENSADO Y RESISTENCIA DE CONCRETO ( DESPUES DE 3DIAS)	und	Sótano 1							122
1.1.9	ELIMINACIÓN DE CALZADURA ANILLO 01 (EJE K) - VICIO OCULTO									

Figura 26: Lookahead del edificio multifamiliar.

Fuente: Clasesm

### Análisis de restricciones

Para el Ing. N°1 si utiliza el análisis de restricciones para poder identificar las partidas que puedan presentar inconvenientes más adelante, lo cual originaría retrasos en la obra. Luego de identificarlas se requiere levantarlas en su debido momento para evitar contratiempos. Para el Ing. N°2 si utiliza el análisis de restricciones, el cual va de la mano del *lookahead planning* para poder mapear todas las restricciones como por ejemplo materiales, equipos, mano de obra,

contratos, etc. y así poder cumplir lo planificado en su debido tiempo.

Para el Ing. N°3 y el Ing. N°4 si utilizan el análisis de restricciones, el cual lo analizaba semana tras semana. Los días sábados se realizaban reuniones para poder observar las actividades y así asignarles una restricción y un responsable. Así mismo, se tenía que programar el levantamiento de restricciones entre todos los involucrados.

CLASEM EOM		ANÁLISIS DE RESTRICCIONES - EDIFICIO MULTIFAMILIAR SAVIA										
Elaborado por:		Jesús Estela Cifuentes										
LAH:		SEMANA 07		A LA		SEMANA 11						
Fechas:												
ITEM	ACTIVIDAD	FECHA PROGRAMADA	DESCRIPCIÓN DE LA RESTRICCIÓN	FECHA REQUERIDA POR PROJ.	TIPO DE RESTRICCIÓN	RESPONSABLE	STATUS	SEMANA 07				
								10-Oct	11-Oct	12-Oct	13-Oct	
1	OBRAS PROVISIONALES											
2	OBRAS PRELIMINARES											
2.1	Fleado de calzada a eje K.	27/10/2022	Aumentar personal para salir de inmediato de dicha partida la cual será fuerte restricción si no se termina con tiempo.	27/10/2022	I	LP/IE	En Proceso Inicial					
	Eliminación de material excedente de calzadas.	17/10/2022	Programar eliminación libre espacio de materiales en obra.	15/10/2022	X	IE	En Proceso Inicial					
3	MURDOS ANCLADOS											
3.1	Instalación de los pernos H.L.T.I para la escalera de acceso.	24/09/2022	Se culminará de colocar las escuadras el 03.10.22	24/09/2022	M	IE	En Proceso Inicial					
3.4	Definir muro anclado en anillo (11 eje K).	24/09/2022	Ya se cuenta con el diseño.	25/09/2022	I	IE	En Proceso Inicial					
3.5	Confirmar disponibilidad de 01 excavadora adicional en los días que se elimina y ejecuta muros anclados.	3/10/2022	Se debe hablar con el SCDHV para que se cuente con ello.	3/10/2022	BC	LP/IE	En Proceso Inicial					

Figura 27: Análisis de restricciones del edificio multifamiliar.

Fuente: Clasesm

### Programación Semanal

Para el Ing. N°1 si utiliza la programación semanal para planificar las actividades que va a realizarse en la semana. Es muy importante estar en actualización y revisión constante del plan semanal ya que siempre habrá cosas que no se llegaron a ejecutar que tienen que ser reprogramadas. Usualmente se utiliza los días sábados como un buffer de tiempo. Para el Ing. N°2 si utiliza la programación semanal, la cual proviene del *lookahead planning* sirviendo como una visión de ejecución de lo que vas hacer en la semana.

Para el Ing. N°3 y el Ing. N°4 si utilizan la programación semanal en el cual se planificaba las actividades de la semana con la finalidad de poder cumplirlas y en el caso si quedaba pendientes se empleaba los días sábados como un buffer de tiempo. El porcentaje de cumplimiento de la semana era de un 85-90%. Además, se tenía que tener presente las

restricciones de la semana a fin de que dicha programación semanal se pueda cumplir.

CLASEM EOM		PLAN SEMANAL - EDIFICIO MULTIFAMILIAR SAVIA								
		Elaborado por: Jesús Estela Cifuentes								
		Plan semanal: ██████████								
		Fechas: Del 10/09 al 15/10								
ID	DESCRIPCIÓN	UMD	UBICACIÓN	METRADO	SEMANA #7					
					LUNES 10-Oct	MARTES 11-Oct	MIÉRCOLES 12-Oct	JUEVES 13-Oct	VIERNES 14-Oct	SÁBADO 15-Oct
1	MUROS ANCLADOS									
1.1	MUROS ANCLADOS - 2DO ANILLO		Sótano 1							
1.1.1	EXCAVACIÓN	m3	Sótano 1	Programado	X	X	X			
			Sótano 1	Ejecutado	X	X				
1.1.2	PERFORACIÓN	und	Sótano 1	Programado					2.07	2.07
			Sótano 1	Ejecutado					2.05	2.07
1.1.3	RETIRO DE BANQUETA	gl	Sótano 1							
1.1.4	PERFILADO Y PAÑETEO	gl	Sótano 1	Programado	2.07	2.05	1.01	1.99	2.01	2.02
			Sótano 1	Ejecutado	2.07	2.05		2.03	2.01	2.02
1.1.5	ACERO DE MURO	kg	Sótano 1	Programado	2.07	2.05	1.23	2.03	2.01	2.02
			Sótano 1	Ejecutado	2.07	2.05		2.03	2.01	2.02
1.1.6	ENCOFRADO DE MURO	m2	Sótano 1	Programado	PQR	2.07	2.05	1.02	2.03	2.01
			Sótano 1	Ejecutado	PQR	2.07	2.05		2.03	2.01
1.1.7	CONCRETO DE MURO	m3	Sótano 1	Programado	PQR	2.07	2.05	1.02	2.03	2.01
			Sótano 1	Ejecutado	PQR	2.07	2.05		2.03	2.01
1.1.8	TENSADO Y RESISTENCIA DE CONCRETO (DESPUE	und	Sótano 1	Programado						2.02

Figura 28: Programación semanal del edificio multifamiliar.

Fuente: Clasesm

### Programación Diario

Para el Ing. N°1 y el Ing. N°2 si utilizan la programación diaria. Se le pasa a cada capataz y al maestro de obra un pequeño bosquejo de dibujo sobre el plano de muros anclados de las actividades que se van hacer al día siguiente. Además, se cuenta con entregas horarias que las cuadrillas deben cumplir. La frecuencia es relativa ya que durante el día pueden surgir diferentes inconvenientes. Para el Ing. N°3 y el Ing. N°4 si utilizan la programación diaria. Dicha programación se obtenía de la programación semanal y se repartía a todos los trabajadores de la obra. La frecuencia de cumplimiento era de 80-85% día a día ya que había actividades que se dejaban hasta el sábado.

### Líneas de Balance

Para el Ing. N°1 no utilizó las líneas de balance ya que se necesita recursos para poder aplicarlas. Solamente se están aplicando ciertas herramientas Lean que nos sirven para el avance de obra que no es muy grande. Para el Ing. N°2 no utilizó las líneas de balance en la etapa de muros anclados ya que las partidas analizadas son muy simples y en consecuencia se

perdería en horas hombre. Dicha herramienta es más eficaz en la etapa de casco y acabados.

Para el Ing. N°3 y el Ing. N°4 si utilizan las líneas de balance ya que permite identificar si la actividad que estás programando se cruza con otra. Eso en los trenes de trabajo no se puede identificar a simple vista.

#### 4.5.2.2. Herramientas de Control

##### Porcentaje de planificación cumplida (PPC)

Todos los ingenieros indican que se hizo uso del Porcentaje de planificación cumplida en los respectivos proyectos con una frecuencia semanal. Permite determinar qué porcentaje de lo planificado ha sido realmente ejecutado; por lo general, se cumple desde un 85% hasta un 100% de lo programado, siendo este último difícil de cumplir para el primer anillo.

a

DESCRIPCIÓN	UND	UBICACIÓN	METRADO					CUMPLIMIENTO	
			Progr.	Ejecut.	SI	NO	%		
<b>MUROS ANCLADOS</b>									
<b>MUROS ANCLADOS - IER ANILLO</b>									
EXCAVACIÓN	m3	Sótano 1	SÍ	NO			X	67%	
PERFORACION	und	Sótano 1	SÍ	SÍ	X			100%	
RETIRO DE BANQUETA	gbl	Sótano 1	NO	-					
PERFILADO Y PAÑETE	gbl	Sótano 1	SÍ	NO	X			67%	
ACERO DE MURO	kg	Sótano 1	SÍ	NO	X			100%	
ENCOFRADO DE MURO	m2	Sótano 1	SÍ	NO	X			100%	
CONCRETO DE MURO	m3	Sótano 1	SÍ	NO	X			100%	
TENSADO X RESISTENCIA DE CONCRETO ( DESPUES DE 3DIAS)	und	Sótano 1	SÍ	NO					
PICADO DE CALZADURA ANILLO 01 (EJE K) - VICIO OCULTO	und	Sótano 1	SÍ	NO	X			67%	

b

ACTIVIDAD	PORCENTAJE CUMPLIDO DE PLAN DIARIO EN PLAN SEMANAL: SEMANA 13													
	1-Ago		2-Ago		3-Ago		4-Ago		5-Ago		6-Ago		7-Ago	
	Lun	100%	Mar	100%	Mie	100%	Jue	100%	Vie	100%	Sáb	81%	Dom	
Perforación	21, 20, 19, 18, 17 (N-5)	100%	48, 49, 50 (N-6)	100%	51, 52, 53 (N-6)	100%	54, 55, 1 (N-6)	100%	2, 3, 4 (N-6)	100%	9, 10, 11 (N-5)	100%		
Retiro de Banqueta	x x x		5-20 5-17 5-16	100%	5-39 5-37 5-35	100%	5-32 5-30 5-28	100%	5-26 5-25 5-22	100%	5-18 5-19 6-49	67%		
Excavación de Zanja	x x x		5-20 5-17 5-16	100%	5-39 5-37 5-35	100%	5-32 5-30 5-28	100%	5-26 5-25 5-22	100%	5-18 5-19 6-49	67%		
Colocación de Acero	4-24 4-23 x	100%	x x 5-20	100%	5-17 5-16 5-39	100%	5-37 5-35 5-32	100%	5-30 5-28 5-26	100%	5-25 5-22 5-18	67%		
Relleno de Zanja	4-24 4-23 x	100%	x x 5-20	100%	5-17 5-16 5-39	100%	5-37 5-35 5-32	100%	5-30 5-28 5-26	100%	5-25 5-22 5-18	67%		
Encofrado	x x x		5-34 5-27 5-24	100%	5-23 5-20 5-17	100%	5-16 5-39 5-37	100%	5-35 5-32 5-30	100%	5-28 5-26 5-25	100%		
Concreto en Muros	5-38 5-36 4-31	100%	5-33 5-34 5-27	100%	5-24 5-23 5-20	100%	5-17 5-16 5-39	100%	5-37 5-35 5-32	100%	5-30 5-28 5-26	67%		
Desencofrado	x x x		5-38 5-36 5-31	100%	5-33 5-34 5-27	100%	5-24 5-23 5-20	100%	5-17 5-16 5-39	100%	5-37 5-35 5-32	100%		
Tensado de Paños	32, 31, 30 (N-5)	100%	29, 28, 27 (N-5)	100%	26, 25, 24 (N-5)	100%	23 (N-5)	100%		100%	21, 20, 19, 18, 17 (N-5)	100%		
<b>PPC</b>	<b>97%</b>													

Figura 29: (a) Porcentaje de planificación cumplida - caso de estudio 1; (b) Porcentaje de planificación cumplida - caso de estudio 2

Fuente propia

## Porcentaje de cumplimiento de Restricciones (PCR)

Los ingenieros N°1 y N°2 utilizan el porcentaje de cumplimiento de restricciones para evaluar cuántas de las restricciones consideradas fueron levantadas. El ingeniero N°3 indica también que se calcula semanalmente y con base en los resultados realizar la toma de decisiones correspondiente y prevenir futuros inconvenientes. El ingeniero N°4 indica que como jefe de frente no se encarga de su elaboración, sin embargo, también es informado de los resultados obtenidos.

a

CLASEM EOM		PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO DE RESTRICCIONES											
		Elaborado por: Ingeniero de Producción		LAH: SEMANA 07		Fechas: Del 10/10 al 15/10							
ITEM	ACTIVIDAD	FECHA PROGRAMADA	DESCRIPCIÓN DE LA RESTRICCIÓN	FECHA REQUERIDA	TIPO	RESPONSABLE	STATUS	SEMANA 07					
								10-Oct	11-Oct	12-Oct	13-Oct	14-Oct	15-Oct
3.1	Instalación de los pernos HILTI para la escalera de acceso.	24/09/2022	Se culminará de colocar las escuadras el 03.10.22	24/09/2022	M	JE	En Proceso Inicial						
3.4	Definir muro anclado en anillo 01 (eje K).	24/09/2022	Ya se cuenta con el diseño.	26/09/2022	I	JE	Levantada						
3.5	Confirmar disponibilidad de excavadora adicional en los días que se elimine y ejecute muros anclados.	3/10/2022	Se debe hablar con el SC DHV para que se cuente con ello.	3/10/2022	SC	LP / JE	En Proceso Inicial						
3.6	Pedir con anticipación encofrado para MA a ULMA (eje 20 / ejes F y K)	10/10/2022	Dicho muro no se ejecutará con pachamanca por la complejidad. Debe requerirse encofrado a ULMA.	10/10/2022	M	LP / JE	En Proceso Inicial						

b

Item	Restricciones	Responsable	Estado	Observación
1	Recorrido de desagüe	Ing Frente	Falta	Se hará el Sábado 04/05
2	Colocación de malla arpillera	Ing Frente	Proceso	Se termina el Sábado 04/05
3	Ubicación de zapata de grúa	Producción	Levantada	
4	Trazo de zapata de grúa	Ing Frente	Proceso	Se termina el Jueves 02/05
5	Excavación de zapata (coordinar con RGB)	Producción	Proceso	Se inicia y termina el Sábado 04/05 (RGB)
6	Pedido de acero de zapata	Ing Frente	Levantado	Preguntar cuándo llega (Se pidió el Lunes 29/04)
7	Envío de información de grúa	Ing Producción	Proceso	Se espera tener la información hoy Jueves 02/05

Figura 30: (a) Porcentaje de cumplimiento de restricciones - caso de estudio 1; (b) Porcentaje de cumplimiento de restricciones - caso de estudio 2

Fuente propia

## Causas de No cumplimiento (CNC)

Todos los ingenieros indican que la herramienta de causas de no cumplimiento permite no solo identificar los motivos por los cuales no se ha levantado cierta restricción, sino obtener porcentajes de las principales causas obtenidas al mes. Todo ello, permite identificar e implementar estrategias de mejora.

a

CLASEM	ANÁLISIS DE CUMPLIMIENTO DE RESTRICCIONES			
	Elaborado por:	Ingeniero de Producción		
	Plan semanal:	SEMANA 07		
EOM	Fecha:	Del 10/10 al 15/10		
PARTIDAS	DESCRIPCIÓN DE LAS CI	MEDIDA CORRECTIVA	RESPONSABLE SEGUIMIENTO	TIPO DE CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO
<b>MUROS ANCLADOS</b>				
<b>MUROS ANCLADOS - IER ANILLO</b>				
EXCAVACIÓN	Inicios tardíos en la jornada laboral.	Iniciar 7:30am los trabajos y que el operador de la maquinaria deba contar con su ATS ya llenado listo para la firma.	Ing Producción	SEG
PERFILADO Y PAÑETE	Se tuvo eliminación por 3 días, se tuvo la llegada de FLESAN el 15/10/2022 por ende la maquinaria estaba muy ocupada a todo momento.	Programar con tiempo la eliminación e ingreso de SC para ver la posibilidad de alquilar otra maquinaria que pueda apoyar las descargas y/o izajes y con la otra excavadora se pueda seguir perfilando muros (acero, encofrado, etc).	Ing Producción	PREV

b

ACTIVIDAD	1-Ago			CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO			
	Lun			Causa Inmediata	Causa Base	Tipo	Acción Correctiva
Perforación	21, 20, 19, 18, 17 (N-5)						
Retiro de Banqueta	x	x	x	El maestro abrió un paño que no estaba en la programación sin consultar	Desviación del Plan	PROG	Se reprogramó de acuerdo al cambio y se llamó la atención al maestro
Excavación de Zanja	x	x	x	El maestro abrió un paño que no estaba en la programación sin consultar			
Concreto en Muros	5-38	5-36	4-31	Se programó vaicar sólo un paño en dos encofrados	Error de Programación	PROG	Se reprogramó el paño 28 para la semana entrante y se vaciará el paño 25 junto con el 26

Figura 31: (a) Causas de incumplimiento - caso de estudio 1; (b) Causas de incumplimiento - caso de estudio 2

Fuente propia

### Nivel General de actividades (NGA)

Los ingenieros N°1 y N°2 menciona que no se hizo uso de esta herramienta debido a que no tenían un recurso adicional que lo aplique y a que en la obra en estudio se cuenta con cuadrillas únicas en un espacio abierto, lo cual facilitó identificar los tipos de trabajo a simple vista. Por otro lado, los ingenieros N°3 y N°4 indican que sí se aplicó y fue realizada por un responsable fuera del staff de obra. Asimismo, se recomienda como mínimo 1 medición por nivel de sótano en la cual se recopila información de las actividades de los trabajadores para luego clasificar según el tipo de trabajo. Por otro lado, todos los ingenieros destacan que aplicar esta herramienta permite identificar cuanto trabajo productivo realmente se realiza y determinar mejoras para incrementar este porcentaje de ser necesario.

## Carta Balance

Los ingenieros N°1 y N°2, no usan la carta balance por los mismos motivos expuestos para el nivel general de actividades. Caso contrario, los ingenieros N°3 y N°4 comentan que esta herramienta permite identificar de manera detalla la actividad más productiva de cada partida. Asimismo, destacan su gran utilidad para identificar cruces entre los flujos de trabajo y plantear las mejoras correspondientes.

De manera análoga, se recomienda realizar una medición a cada cuadrilla por nivel de sótano, el objetivo principal es optimizar los recursos

## Reporte de IP

Los ingenieros N°1 y N°2 mencionan que en la obra se hace uso de los índices de productividad para identificar el desempeño de la mano de obra. Los ingenieros N°3 y N°4 consideran esta herramienta importante para analizar y redimensionar cuadrillas. Todos los ingenieros comentan que se realiza semanalmente; siendo su finalidad reforzar el cumplimiento del rendimiento meta.

ISP -SEMANA 22												
Jefe de Obra :												
Fecha: 26/09/2011 al 01/10/2011												
PARTIDAS CON MEDICIONES DE PRODUCTIVIDAD												
CÓDIGO	FASEADO	NIVEL INFERIOR	UND	PROGRAMADO				REAL				
				Acum. Anterior	Actual	Acum. Actual	IP	Acum. Anterior	Actual	Acum. Actual	IP	IP Acum.
ACCS/10-06-03-01-02-02		PERFILADO Y PAÑETEO DE TALUDES INC. EXCAVACIÓN, COMPACTACIÓN DE ZANJA PARA TRASLAPE DE ACERO Y NIVELACIÓN ZONA DE ENCOFRADOS	M2	5,766.00	194.67	5,960.68	0.98	7,254.00	168.50	7,422.50	0.85	1.22
ACCS/10-06-03-02-02-02		CONCRETO 280 KG/CM2 - MUROS PANTALLA	M3	4,056.53	195.54	4,252.07	1.16	3,930.50	149.50	4,080.00	0.89	1.11
ACCS/10-06-03-02-02-03		ENCOFRADO Y DESENCOFRADO - MUROS PANTALLA	M2	11,569.03	447.38	12,016.41	1.88	13,778.50	644.50	14,423.00	2.71	2.26
ACCS/10-06-03-02-02-04		ACERO FY=4200 KG/CM2 GRADO 60 - MURO PANTALLA	KG	7,871.11	337.70	8,208.81	0.04	7,842.00	386.00	8,228.00	0.04	0.04

Figura 32: Informe semanal de producción – caso de estudio 2

Fuente propia

### ***Big Room***

Los 4 ingenieros indican que el big room es una sala colaborativa en donde todos los involucrados coordinan sus actividades afines de que el proyecto tenga un flujo continuo. Además, se realiza compromisos de trabajo por parte de cada uno de los involucrados para que el proyecto no presente contratiempos.

### ***Visual management***

Los ingenieros N°1 y N°2 no hacen uso de la herramienta visual debido a que se trabaja con los formatos más sencillos como Hojas de Excel y planos. El ingeniero N°3 destaca esta herramienta para poder elaborar un panel que tenga información clave que se comparte con el resto del staff de obra. Es decir, se determina qué información debe colocarse para comprender que está planificado, cual es el estado actual de la obra, etc. El ingeniero N°4 indica que es una herramienta que permite que todo el personal este alineado con los objetivos del proyecto gracias a un formato más sencillo de comprender.

### ***A3 Report***

Los ingenieros N°1 y N°2 comentan que no se ha considerar usar un *A3 Report*, pues no se cuenta con un formato para ello y similar a lo expuesto para el *visual management* transmiten información con formatos de otras herramientas impresos. Los ingenieros N°3 y N°4 destacan la utilidad del uso de un panel de control en formato A3 el cual cuenta con la información relevante del proyecto como el tren de trabajo, indicadores y fotos referenciales. Esto requiere de la participación de las áreas correspondientes como producción y oficina técnica para la recopilación de información necesaria.

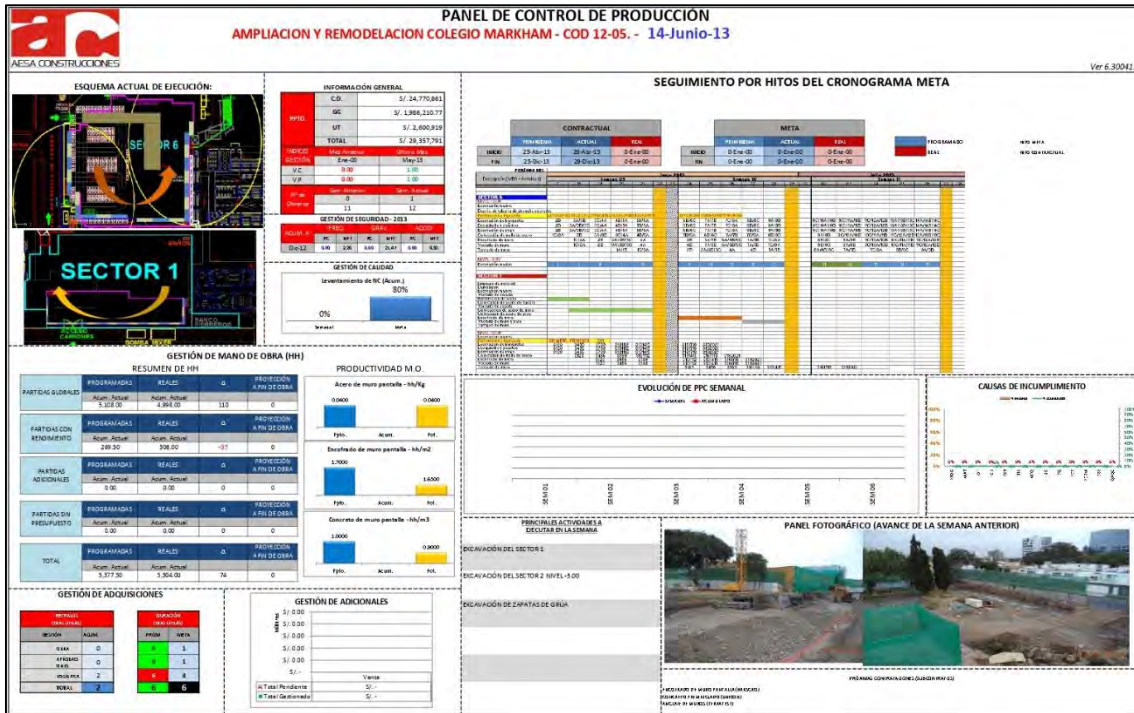


Figura 33: Panel de control A3 – caso de estudio 2

Fuente propia

## CAPÍTULO 5: MEDICIONES DE PRODUCTIVIDAD

### 5.1 Nivel General de Actividades

#### 5.1.1. Procedimiento para NGA

El Nivel General de Actividades es una herramienta que se utiliza para conocer el porcentaje de trabajo productivo, contributorio y no contributorio presente en la ejecución de la obra. En ese sentido, se identifica las partidas que intervienen en la ejecución de muros anclados para poder realizar las mediciones de los flujos de las actividades.

Para el edificio multifamiliar ubicado en la Av. Brasil se realizan mediciones en 2 visitas a obra, las cuales se realizan en las fechas 28 y 31 de octubre de 2022. Esto se realiza con la finalidad de poder observar las posibles variaciones en los flujos analizados. En el caso de muros anclados, se considera analizar las siguientes 4 partidas:

- Excavación, Perfilado y pañeteo
- Colocación de acero
- Encofrado
- Vaciado de muro

El procedimiento para aplicar esta herramienta consta de 3 pasos, los cuales se detallan a continuación:

En primer lugar, se identifican las actividades presentes en el desarrollo de cada partida. Luego, se procede a clasificar estas actividades dentro de cada tipo de trabajo (trabajo productivo, contributorio y no contributorio). La Tabla N°6, muestra la lista de actividades consideradas para el análisis:

Tabla 6: *Flujo de trabajos en el proceso de ejecución de muros anclados de la obra en estudio*

<b>Tipo de trabajo</b>	<b>Actividades</b>
<b>Trabajo productivo</b>	Cortar y doblar varillas de acero
	Colocar acero
	Amarrado de acero
	Colocar panel de encofrado
	Colocar desmoldante
	Colocar tapas
	Vaciado de concreto
	Vibrado
<b>Trabajo contributorio</b>	Tarrajeo
	Mediciones
	Transporte
	Instrucciones
<b>Trabajo no contributorio</b>	Limpieza
	Trabajos rehechos
	Viajes
	Esperas, descansos
	Tiempo Ocioso

Adaptado de Guio, 2001.

En segundo lugar, se realiza la medición de los flujos, para ello es necesario establecer la cantidad de muestras que se requieren para obtener resultados confiables. De acuerdo con Badii, Castillo y Guillen (2008), el tamaño de la muestra depende de la desviación estándar de la población, del nivel de confiabilidad y la dimensión del intervalo deseado. Entonces se cumple:

$$d = (\text{coeficiente de confiabilidad}) \times (\text{Error estandar}) \quad (10)$$

Si la población es muy grande o infinita es posible ignorar la corrección para población finita:

$$n = \frac{z^2 \times \sigma^2}{d^2} \quad (11)$$

$$n = \frac{z^2 \times p \times q}{d^2} \quad (12)$$

Donde:

$n$  = tamaño de muestra para una población infinita

$p$  = variabilidad positiva

$q$  = variabilidad negativa

$z$  = nivel de confianza = 1.96 (para una confianza del 95%)

Entonces, se requieren:

$$n = \frac{1.96^2 * 0.5 * 0.5}{0.05^2} \approx \mathbf{384 \text{ mediciones}}$$

Es así, que para obtener resultados estadísticamente validos es necesario realizar 384 mediciones, lo cual permitirá realizar un análisis con un nivel de confiabilidad de 95%. Entonces, se procede a elaborar un formato de toma de mediciones (Véase Anexo F). Las mediciones se realizan dentro del horario de jornada laboral de 7:30am a 5:00pm, analizando un total de 4 horas repartidas en turno de la mañana y la tarde.

Finalmente, como último paso, se traslada la información recolectada a una hoja de Excel para poder realizar los cálculos correspondientes de los porcentajes de cada tipo de trabajo. Estos resultados se presentan en gráficos estadísticos circulares.

### 5.1.2. Resultados de NGA

A continuación, se muestran los gráficos obtenidos para las 2 mediciones realizadas:

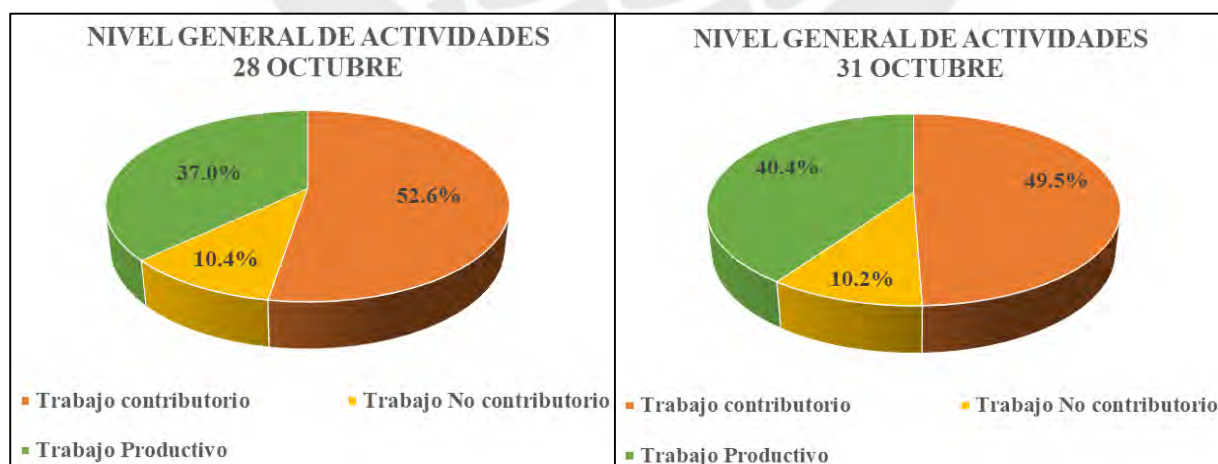


Figura 34: Nivel General de actividades.

Fuente propia

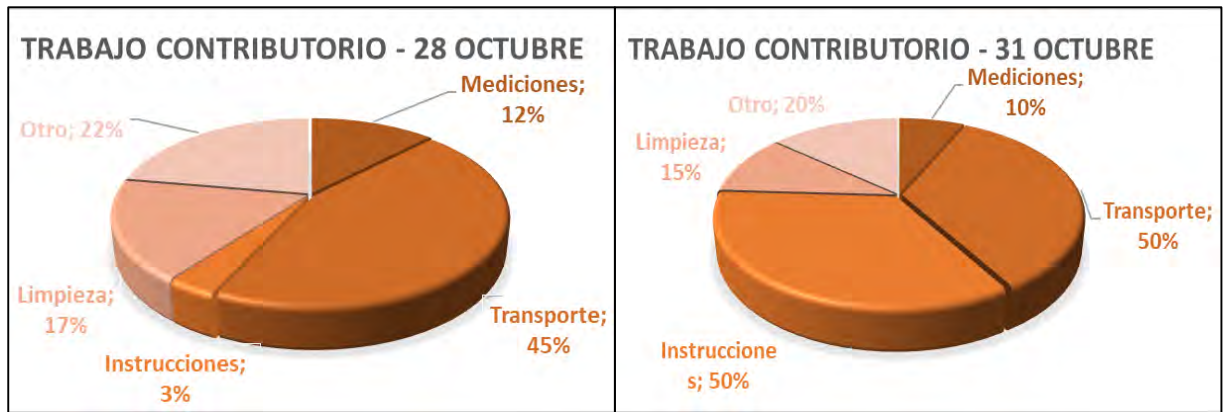


Figura 35: Trabajo contributorio.

Fuente propia

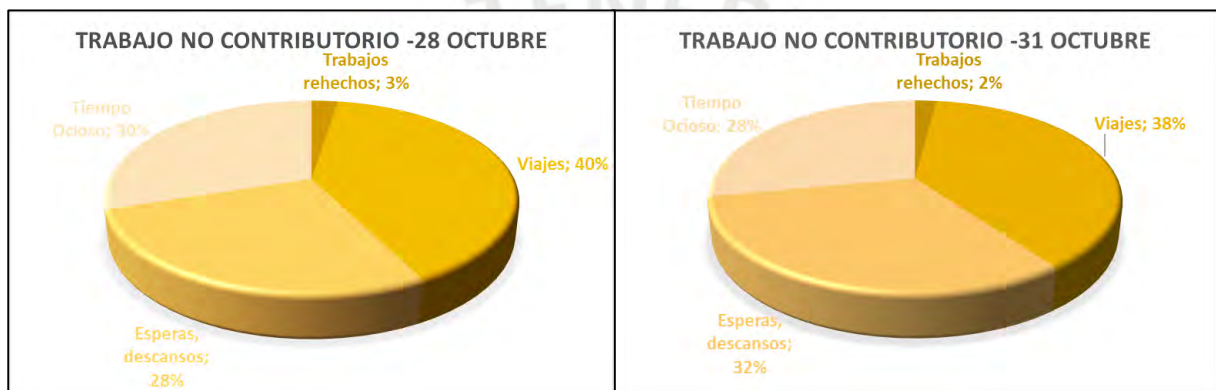


Figura 36: Trabajo no contributorio.

Fuente propia

### 5.1.3. Análisis de NGA

Luego de realizar las mediciones con el Nivel General de actividades sobre el flujo de actividades consideradas en el proceso de ejecución de muros anclados, se procede a realizar el análisis de los resultados obtenidos.

Con respecto a la Figura 34, se observa que, para el primer día de mediciones el trabajo productivo equivale al 37%, además, el trabajo contributorio y el trabajo no contributorio equivalen al 52.6% y 10.4% respectivamente. De igual manera, en la siguiente semana laboral se obtuvo un 40.4% de trabajo productivo, un 49.5% de trabajo contributorio y un 10.2% de trabajo no contributorio. Es así que se evidencia un leve incremento del trabajo productivo, y

un leve decremento en los trabajos contributivos y no contributivos. Estos resultados evidencian, que el uso de herramientas tecnológicas de planificación y control permiten mejorar la productividad. Por otra parte, también se evidencia que a medida se construyen los anillos inferiores es posible cumplir con los objetivos de programación y rendimiento de manera más sencilla.

Si bien los porcentajes obtenidos para trabajo productivo no son muy bajos, Guio (2001) menciona que puede incrementarse la productividad hasta un 45% si se implementan de manera adecuada las herramientas e inclusive lograr porcentajes entre 55% y 60% incluyendo un manejo idóneo de la constructibilidad.

Por otro lado, la Figura 35 muestra los porcentajes de las actividades de trabajo contributivo para las dos mediciones realizadas. Se observa que el transporte de material y herramientas es la actividad que consume la mayor cantidad de tiempo con porcentajes de 45% y 50%. Por otra parte, la limpieza equivale al 17% y 15% del total de actividades contributivas, siendo principalmente resultado de las partidas de encofrado y concreto. Finalmente, las mediciones e instrucciones tienen los menores porcentajes con 12% y 3% respectivamente para la primera semana, y varían ligeramente a 10% y 5% en la siguiente semana. Entonces, se considera al transporte como la primera actividad que se busca optimizar; para lo cual, se deben buscar alternativas de mejora e incrementar así el trabajo productivo.

Por último, si se analizan los trabajos no contributivos en la Figura 36, se tienen que los viajes, el tiempo ocioso y las esperas tienen los porcentajes de 40%, 30% y 28% respectivamente para la primera medición de NGA realizada. Asimismo, estos porcentajes sufren ligeras variaciones a 38%, 28% y 32% respectivamente. Los trabajos rehechos representan el menor porcentaje con tan solo 3% y 2%. Se evidencia que el acceso a los materiales, herramientas y equipos no es lo suficientemente adecuado, lo cual supondría

necesario una reorganización del espacio para aprovechar al máximo las Horas Hombre. El análisis más detallado considerando cada partida y cuadrilla asignada se realizará mediante el uso de la herramienta de Carta Balance.

## 5.2 Carta Balance

La herramienta carta balance permite analizar a la productividad de las cuadrillas y el procedimiento constructivo utilizado para cada partida. En ese sentido, se identifica las partidas que intervienen en la ejecución de muros anclados para poder realizar las mediciones correspondientes.

Para el edificio multifamiliar ubicado en la Av. Brasil se realizan mediciones en 4 visitas a obra, las cuales se realizan en las fechas 9 y 10 de noviembre de 2022. Para poder realizar una mejor toma de datos se hizo uso de equipos tecnológicos para realizar grabaciones del desarrollo de cada partida en su totalidad. A manera de ejemplo, se muestra a continuación el procedimiento realizado y el análisis respectivo de 4 partidas que conforman a ejecución de muros anclados.

- Perfilado y pañeteo
- Colocación de acero de muros
- Encofrado de muro
- Vaciado de concreto

En primer lugar, se identifican las actividades presentes en el desarrollo de cada partida. Luego, se procede a clasificar estas actividades dentro de cada tipo de trabajo (trabajo productivo, contributorio y no contributorio).

En segundo lugar, se realiza la medición de los flujos, para ello es necesario establecer la cantidad de muestras que se requieren para obtener resultados confiables. De manera análoga al nivel general de actividades, para obtener resultados estadísticamente validos es necesario realizar 384 mediciones, lo cual permitirá realizar un análisis con un nivel de confiabilidad de

95%. Entonces, se procede a elaborar un formato de toma de mediciones (Véase Anexo G). Las mediciones se realizan dentro del horario de jornada laboral de 7:30am a 5:00pm, analizando la duración del procedimiento constructivo de cada partida.

Finalmente, como último paso, se traslada la información recolectada a una hoja de Excel para poder realizar los cálculos correspondientes de los porcentajes de cada tipo de trabajo. Estos resultados se presentan en gráficos estadísticos circulares. Asimismo, se analiza que actividades tienen mayor porcentaje dentro de cada tipo de trabajo y que oficial u obrero es más productivo.

### 5.2.1. Resultado de Carta balance

#### 5.2.1.1. Perfilado y pañeteo

##### i) Duración del proceso

El proceso empieza cuando se termina de excavar la banqueta con la maquinaria del paño a trabajar. Luego de perfilar bien el terreno, se comienza con el pañeteo del muro.

##### ii) Mano de obra

###### Perfilado

Nº de obreros = 2	Nº Peones = 1
	Nº Operarios = 1

###### Pañeteo

Nº de obreros = 1	Nº Peones = 1
-------------------	---------------

##### iii) Índice de productividad de la partida

	Perfilado	Pañeteo
Nº Total de obreros	2	1
Tiempo (hrs)	8.5	8.5
HH Totales	17	8.5
Metrado diario (m2)	20.25	20.25

IP (HH/m <sup>2</sup> )	0.840	0.420
-------------------------	-------	-------

## iv) Comentarios

\* La cuadrilla del perfilado está conformado por un operario y un peón que utilizan varillas delgadas de acero para perfilar el muro de acuerdo al trazo del topógrafo.

\* La toma de datos de la cuadrilla corresponde a un muro anclado de 4.5 x 4.5 m.

\* Se recopila información acerca de qué está realizando el operario y el peón durante toda la duración del proceso.

\* Una vez terminada la tarea, ingresa un peón con el proceso de pañeteo del muro anclado utilizando lechada.

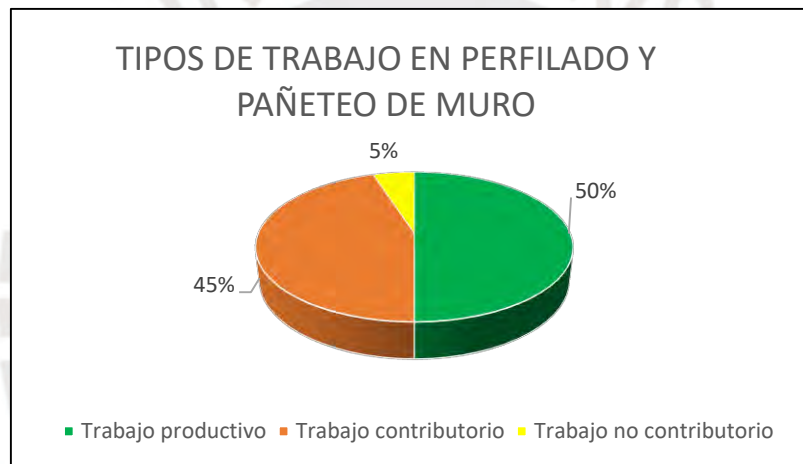
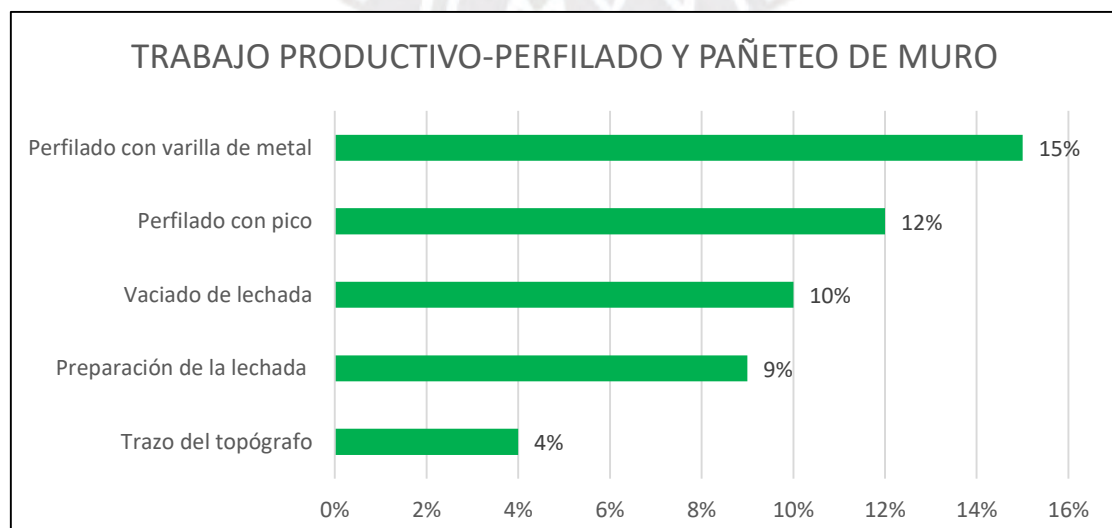


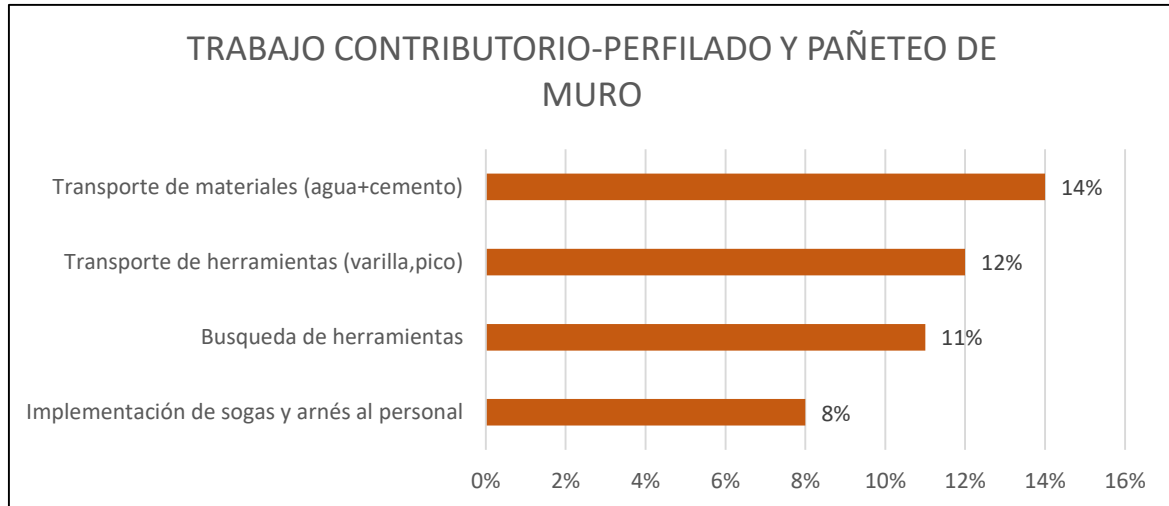
Figura 37: Resultados de porcentajes de carta balance en perfilado y pañeteo de muro.

Fuente: Propia



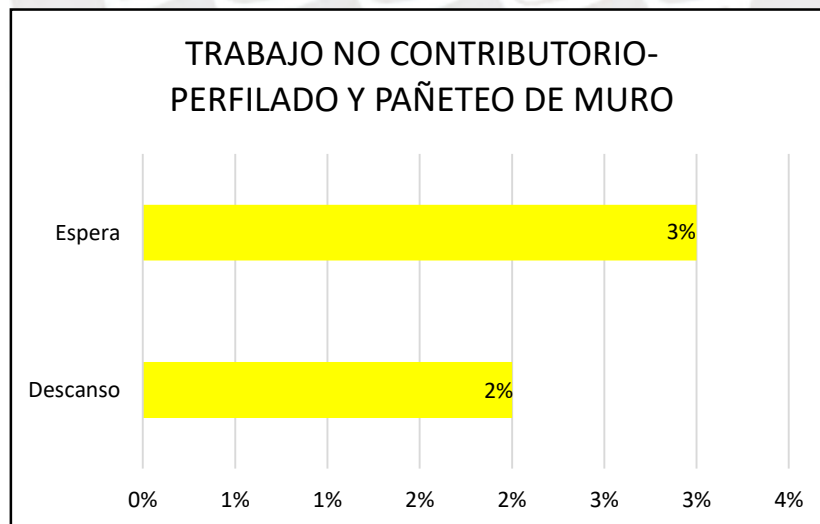
*Figura 38:* Resultados porcentajes parciales de los trabajos productivos respecto al total en perfilado y pañeteo.

Fuente: Propia



*Figura 39:* Resultados porcentajes parciales de los trabajos contributivos respecto al total en perfilado y pañeteo.

Fuente: Propia



*Figura 40:* Resultados porcentajes parciales de los trabajos no contributivos respecto al total en perfilado y pañeteo.

Fuente: Propia

### 5.2.1.2. Acero de muros

#### i) Duración del proceso

El proceso empieza una vez que se ha finalizado el pañeteo del muro y finaliza cuando se colocan los refuerzos y todas las conexiones están completamente amarradas y fijadas.

#### ii) Mano de obra

N° de obreros = 4	N° Peones = 2
	N° Operarios = 2

#### iii) Índice de productividad de la partida

N° Total de obreros	4
Tiempo (hrs)	8.5
HH Totales	34
Metrado diario (kg/ m <sup>3</sup> )	65.9
IP (HH/kg)	0.057

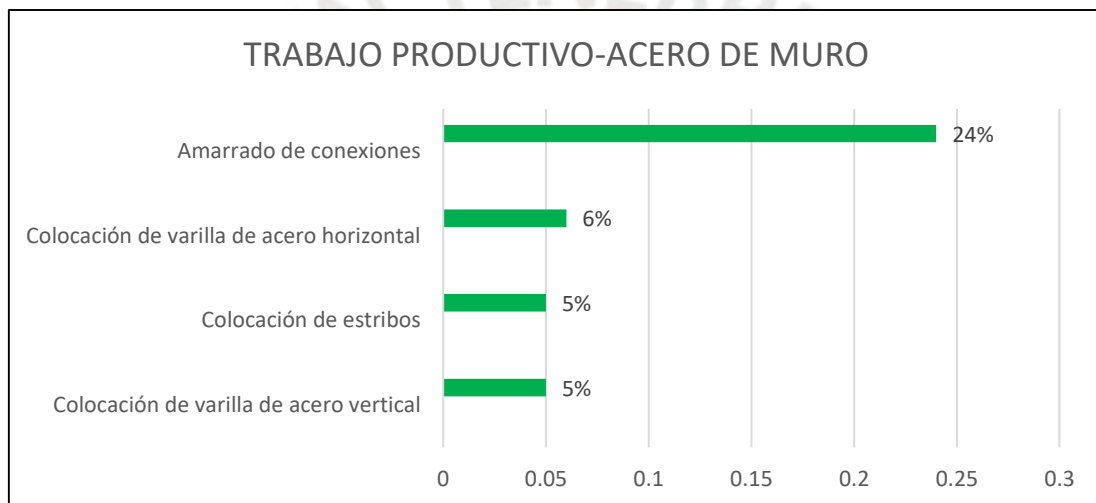
#### iv) Comentarios

- La cuadrilla completa considerada se encarga de realizar la colocación del acero en muro. Esto, pues se tiene a parte 2 operarios que se encargan de la habilitación del acero los cuales no fueron considerados debido a la partida a analizar.
- La toma de datos de la cuadrilla corresponde a un muro anclado de 4.5 x 4.5 m.
- Se recopila información acerca de qué está realizando cada operario y peón durante toda la duración del proceso.
- Una vez terminada la tarea, la cuadrilla de acero comienza el procedimiento nuevamente para otro muro anclado.



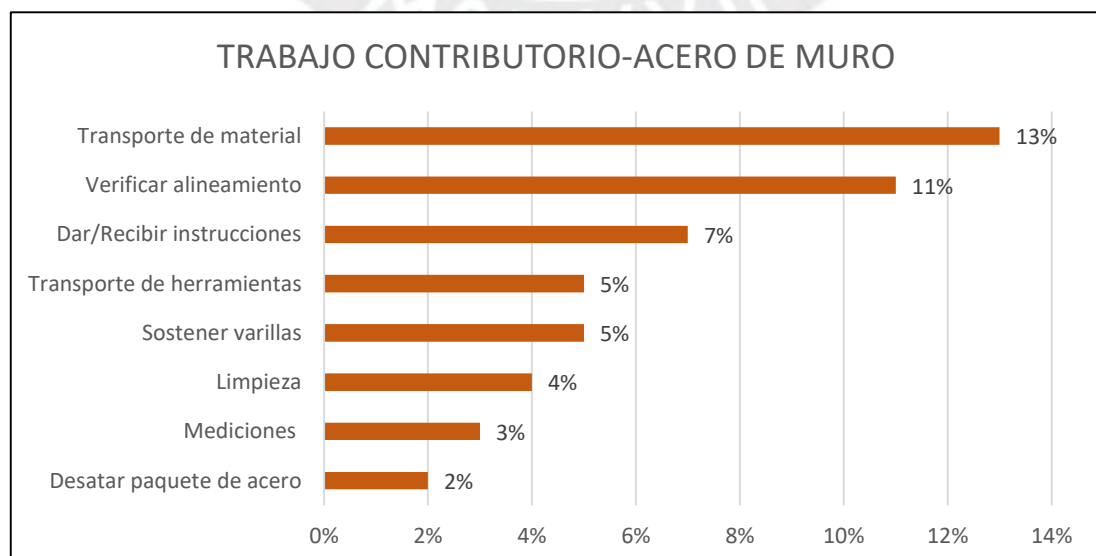
*Figura 41:* Resultados de porcentajes de carta balance en acero de muro.

Fuente: Propia



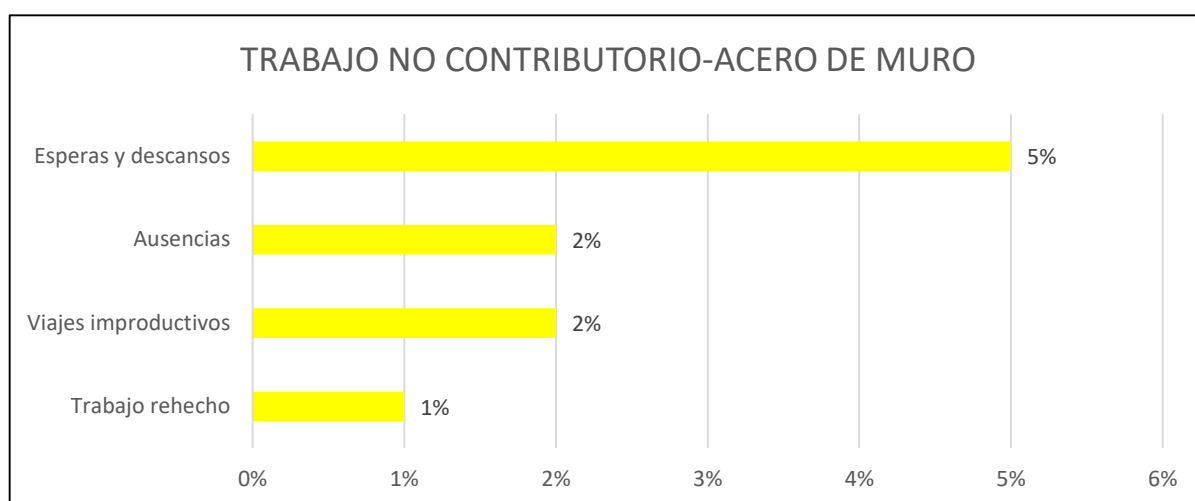
*Figura 42:* Resultados porcentajes parciales de los trabajos productivos respecto al total en acero.

Fuente: Propia



*Figura 43:* Resultados porcentajes parciales de los trabajos contributivos respecto al total en acero.

Fuente: Propia



*Figura 44:* Resultados porcentajes parciales de los trabajos no contributivos respecto al total en acero.

Fuente: Propia

### 5.2.1.3. Encofrado de muros

#### i) Duración del proceso

El proceso empieza una vez completado el acero del muro anclado, finalizando con la colocación de planchas de madera en el exterior del encofrado para luego taparlo con tierra.

#### ii) Mano de obra

N° de obreros = 4	N° Peones = 2
	N° Operarios = 2

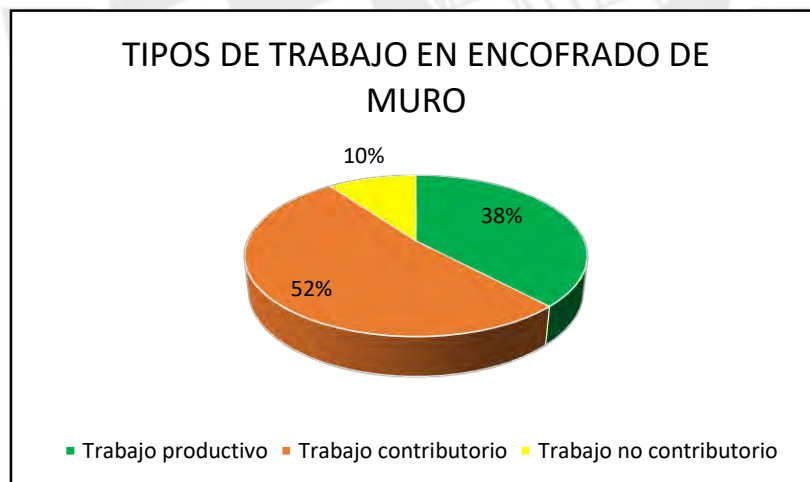
#### iii) Índice de productividad de la partida

N° Total de obreros	4
Tiempo (hrs)	8.5

HH Totales	34
Metrado diario (m2)	20.25
IP (HH/m2)	1.679

#### iv) Comentarios

- Según la tarea asignada participan la cuadrilla completa (2 operarios y 2 peones) debido a la complejidad del armado y colocación del encofrado metálico de un muro anclado.
- La toma de datos de la cuadrilla corresponde a un muro anclado de 4.5x4.5 m.
- La toma de muestra está conformada por las actividades que realiza la cuadrilla para el armado y colocación del encofrado metálico de un muro anclado.
- Una vez terminada la tarea, la cuadrilla de encofrado continúa su labor encofrando otra estructura.



*Figura 45:* Resultados de porcentajes de carta balance en encofrado de muro.

Fuente: Propia



*Figura 46:* Resultados porcentajes parciales de los trabajos productivos respecto al total en encofrado.

Fuente: Propia



*Figura 47:* Resultados porcentajes parciales de los trabajos contributorios respecto al total en encofrado.

Fuente: Propia

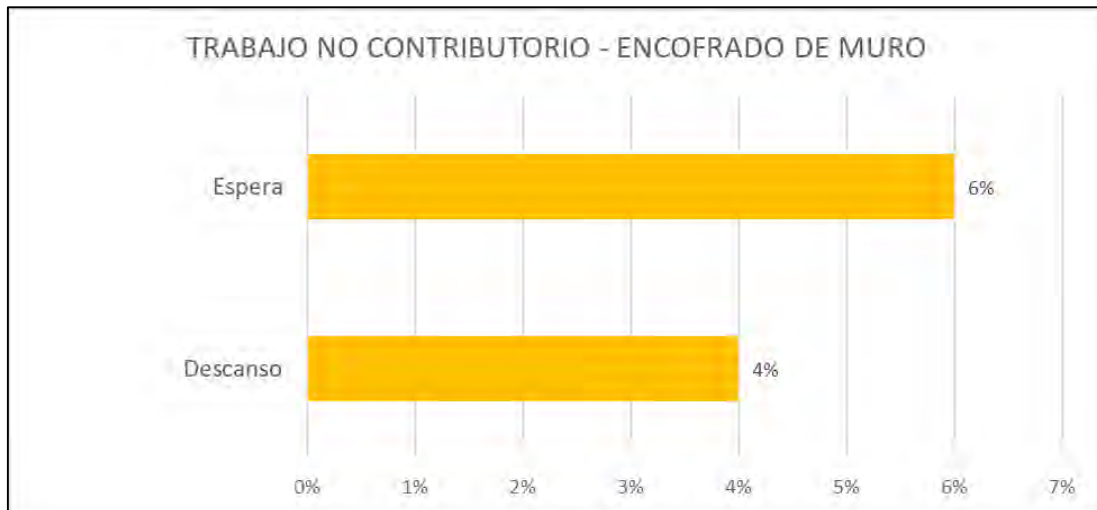


Figura 48: Resultados porcentajes parciales de los trabajos no contributorios respecto al total en encofrado.

Fuente: Propia

#### 5.2.1.4. Vaciado de concreto

##### i) Duración del proceso

El proceso empieza una vez completado el encofrado del muro anclado y tapado con tierra, y finaliza una vez vaciado el concreto del paño que se está trabajando.

##### ii) Mano de obra

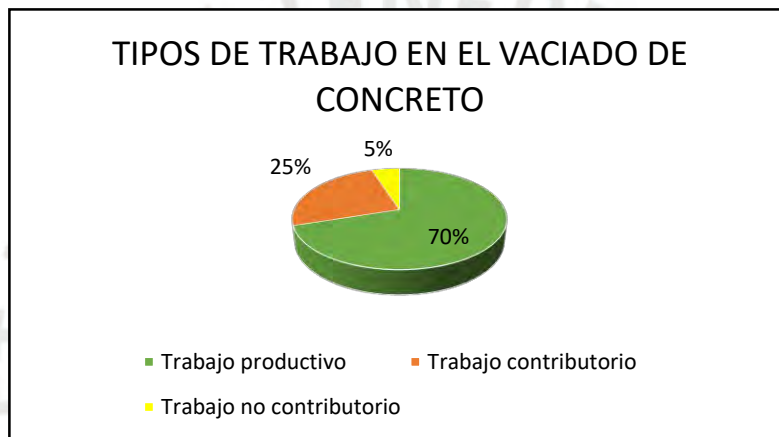
N° de obreros = 2	N° Peón = 1
	N° Operario = 1

##### iii) Índice de productividad de la partida

N° Total de obreros	2
Tiempo (hrs)	8.5
HH Totales	17
Metrado diario (m3)	9.113
IP (HH/m3)	1.865

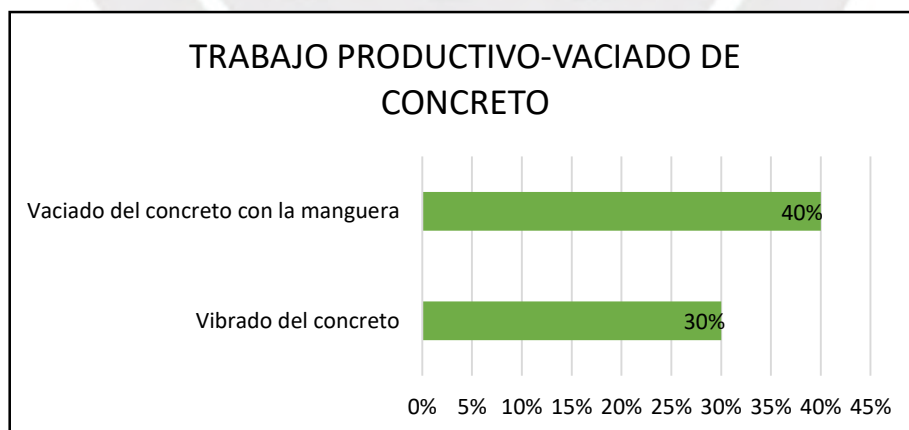
## iv) Comentarios

- \* Según la tarea asignada participa un operario y un peón para el vaciado de concreto en el muro anclado.
- \* La toma de datos de la cuadrilla corresponde a un muro anclado de 4.5 x 4.5 m.
- \* Se recopila información acerca de qué está realizando el operario y el peón durante toda la duración del proceso.
- \* Una vez terminada la tarea, se desencofra al día siguiente el muro anclado para luego tensarlo al 3er día.



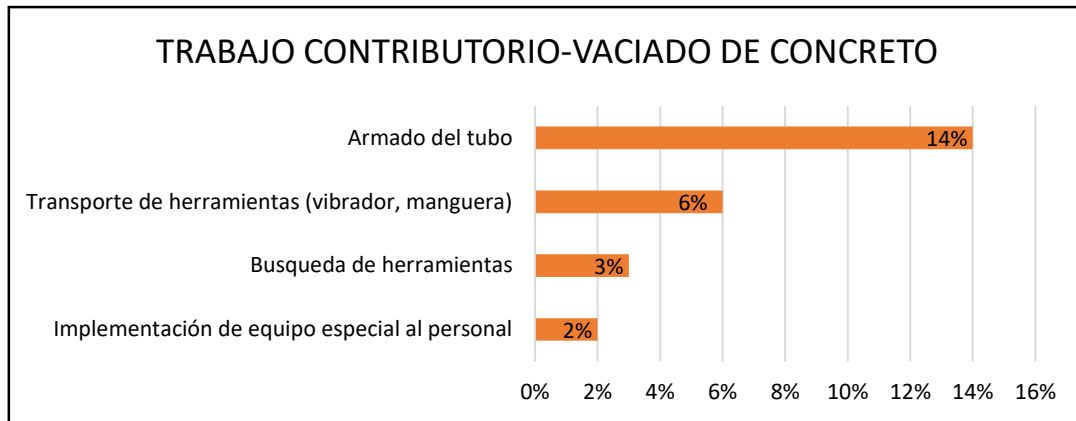
*Figura 49:* Resultados de porcentajes de carta balance en vaciado de concreto

Fuente: Propia



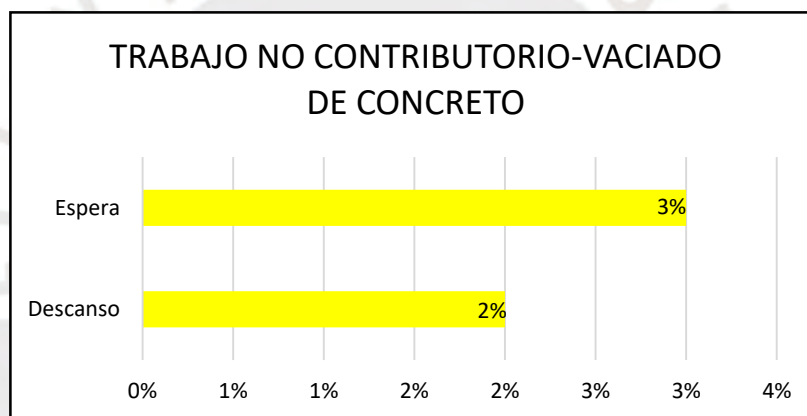
*Figura 50:* Resultados porcentajes parciales de los trabajos productivos respecto al total en vaciado de concreto

Fuente: Propia



*Figura 51:* Resultados porcentajes parciales de los trabajos contributorios respecto al total en vaciado de concreto

Fuente: Propia



*Figura 52:* Resultados porcentajes parciales de los trabajos no contributorios respecto al total en vaciado de concreto.

Fuente: Propia

## 5.2.2. Análisis de Carta balance

### 5.2.2.1. Perfilado y pañeteo

En la partida de perfilado y pañeteo de muro se obtuvo que el 50% del trabajo es productivo, el 45 % es contributorio y solo el 5% es no contributorio, lo cual significa que hay buena productividad diaria ya que dicha partida es fácil de realizar. En particular, la carta balance permite determinar los porcentajes parciales de las actividades pertenecientes a cada tipo de trabajo, así como el porcentaje con respecto al total de las actividades que conforman la partida,

lo mencionado se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 7. Porcentajes de medición en perfilado y pañeteo de muros.

Tipo de trabajo	Descripción	Código	Total	% del total	% de tipo de trabajo	%
Productivo	Perfilado con varilla de metal	PVM	231	15%	30%	50%
	Perfilado con pico	PP	184	12%	24%	
	Vaciado de lechada	VLH	154	10%	20%	
	Preparación de la lechada	PLH	138	9%	18%	
	Trazo del topógrafo	TT	61	4%	8%	
Contributorio	Transporte de materiales (agua+cemento)	TM	215	14%	31%	45%
	Transporte de herramientas (varilla,pico)	TH	184	12%	27%	
	Búsqueda de herramientas	BH	169	11%	24%	
	Implementación de sogas y arnés al personal	ISA	123	8%	18%	
No contributorio	Espera	E	46	3%	60%	5%
	Descanso	D	31	2%	40%	

Fuente elaborada por los autores

Luego de observar la tabla, se procederá a realizar un análisis más detalle de las actividades de acuerdo al tipo de trabajo.

Respecto al trabajo productivo de perfilado y pañeteo de muros anclados (50%), se puede observar que las actividades con mayor porcentaje son el perfilado con varilla de metal (15%) para las zonas altas y el perfilado con pico (12%) para las zonas bajas del muro anclado de acuerdo al trazo del topógrafo (4%), el cual es la actividad con menor porcentaje. Para las actividades de preparación y vaciado de lechada tienen un porcentaje de 9% y 10%

respectivamente, los cuales son más fáciles de realizar.

Respecto al trabajo contributorio de perfilado y pañeteo de muros anclados (45%), se puede observar que la actividad con mayor porcentaje es el transporte tanto de materiales (14%) como de herramientas (12%) ya que se debe traer desde el almacén hasta la zona de trabajo. Así mismo, la actividad de búsqueda de herramientas (11%) tiene un porcentaje considerable ya que debido a la gran cantidad de tierra producto de la excavación de la banqueta no es difícil percibir donde dejamos nuestras herramientas.

Respecto al trabajo no contributorio de perfilado y pañeteo de muros anclados (5%), se puede observar que los desperdicios son bajos en la producción. En dicho tipo de trabajo se presentan actividades de espera y descanso con valores de 3% y 2%, respectivamente. Dichos números son bajos ya que se cuenta con los materiales y herramientas a la mano, y a la vez de que la partida es fácil de realizar con poco personal.

#### 5.2.2.2. Acero de muros

En la partida de colocación de acero se obtuvo que el 40% del trabajo es productivo, el 50% es contributorio y solo el 10% es no contributorio. Los porcentajes obtenidos evidencian que en el proyecto se hace uso de herramientas tecnológicas tanto de planificación como de control en el proyecto. En particular, la carta balance permite determinar los porcentajes parciales de las actividades pertenecientes a cada tipo de trabajo, así como el porcentaje con respecto al total de las actividades que conforman la partida, lo mencionado se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 8. *Porcentajes de medición en acero de muros.*

Tipo de trabajo	Descripción	Código	Total	% del total	% de tipo de trabajo	%
Productivo	Colocación de varilla de acero horizontal	CAH	92	6%	15%	40%
	Colocación de varilla de acero vertical	CAV	77	5%	13%	
	Amarrado de conexiones	AM	369	24%	59%	
	Colocación de estribos	CE	77	5%	13%	

<b>Contributorio</b>	Transporte de material	<b>TM</b>	200	13%	26%	<b>50%</b>
	Transporte de herramientas	<b>TH</b>	77	5%	10%	
	Sostener las varillas	<b>SV</b>	77	5%	10%	
	Mediciones	<b>M</b>	46	3%	6%	
	Verificar el alineamiento	<b>AL</b>	169	11%	22%	
	Dar/ Recibir instrucciones	<b>I</b>	108	7%	14%	
	Desatar paquete de acero	<b>DP</b>	31	2%	4%	
	Limpieza	<b>L</b>	61	4%	8%	
<b>No contributorio</b>	Esperas y descansos	<b>E</b>	77	5%	50%	<b>10%</b>
	Viajes improductivos	<b>VI</b>	31	2%	20%	
	Ausencias	<b>A</b>	31	2%	20%	
	Trabajo Rehecho	<b>TR</b>	15	1%	10%	

Fuente elaborada por los autores

Si bien los resultados obtenidos son óptimos, podría reducirse el porcentaje de trabajo contributorio y no contributorio. Para ello se realizará el análisis detallado de cada tipo de trabajo.

Con respecto al trabajo productivo, se muestra que el amarrado de conexiones es la actividad que consume mayor tiempo, lo cual equivale al 59% del tipo de trabajo analizado y al 24% de las actividades en general. Además, se observan porcentajes similares para la colocación de acero horizontal, vertical y refuerzos, los cuales representan al 15%, 13 % y 13% de trabajo productivo respectivamente, y al 6%, 5% y 5% de las actividades en general, principalmente porque son fácilmente realizadas en un periodo más corto de tiempo.

Con respecto al trabajo contributorio, se tiene que el transporte de material es la actividad que consume la mayor cantidad del tiempo representando el 26% del tipo analizado, y el 13% las actividades totales, esto debido a que hay una distancia promedio entre la zona de acopio de materiales y la zona de trabajo; además, se pudo observar que obreros de otras cuadrillas interferían en ciertos momentos ralentizando el transporte. Por otro lado, verificar el alineamiento representa al 11% del trabajo total, pues se pudo observar que es realizada de manera constante por los obreros para realizar el amarrado de manera adecuada. Las demás actividades mostradas equivalen cada una a menos del 10% de las actividades totales; entre

las cuales están el transporte de las herramientas, recibir instrucciones, etc.

Finalmente, con respecto al trabajo no contributivo, se obtuvo un bajo porcentaje igual al 10% del total; dentro del cual la actividad con mayor consumo de tiempo es la espera y/o descanso, lo cual resultó principalmente a causa de la ubicación de los acopios de materiales, de las cuadrillas y de la excavadora. Respecto a los viajes improductivos y ausencias se obtuvo porcentajes de 2% del total de actividades en ambos casos, esto como resultado de contar con un capataz que daba instrucciones claras y de tener acceso a baños portátiles cercanos.

### 5.2.2.3. Encofrado de muros

La partida de encofrado de muros anclados muestra un trabajo productivo (38%) mayor al trabajo no contributivo (10%), lo cual significa que hay buena productividad diaria. Además, se muestra que el trabajo contributivo (52%) abarca la mayor cantidad de tiempo en la medición. En la siguiente tabla se muestran los porcentajes obtenidos en la medición de dicha partida.

Tabla 9: Cuadro resumen de porcentajes de medición en encofrado de muros anclados

Tipo de trabajo	Descripción	Código	Total	% del total	% de tipo de trabajo	%
Productivo	Ajustar pernos en el panel metálico	APP	195	13%	34.2%	38%
	Ajustar pasador en la vigueta de acero	APV	165	11%	28.9%	
	Amarrar alambres a las maderas	AAM	105	7%	18.4%	
	Desmoldante al panel de encofrado	DP	75	5%	13.2%	
	Clavado de tablonces	CT	30	2%	5.3%	
Contributivo	Transporte de materiales	TM	345	23%	44.2%	52%
	Búsqueda de materiales	BM	240	16%	30.8%	
	Transporte de herramientas	TH	90	6%	11.5%	
	Busqueda de herramientas	BH	75	5%	9.6%	
	Medición con wincha	MW	30	2%	3.8%	
No contributivo	Esperas	E	90	6%	60.0%	10%
	Descanso	D	60	4%	40.0%	

Fuente elaborada por los autores

Luego de observar la tabla, se procederá a realizar un análisis más a detalle de las actividades de acuerdo al tipo de trabajo.

Respecto al trabajo productivo de encofrado de muros anclados (38%), se puede observar que la actividad con mayor porcentaje (13%) es el ajuste de pernos en el panel metálico, seguido de las actividades de ajuste de pasador en la vigueta de acero y el amarre de alambres a las maderas de 11% y 7%, respectivamente. Además, las actividades con menor porcentaje son desmoldante al panel de encofrado (5%) y clavado de tablonces (2%) ya que son actividades más fáciles de realizar e implican menor tiempo.

Respecto al trabajo contributivo de encofrados de muros anclados (52%), se puede observar que la actividad con mayor porcentaje (23%) es el transporte de materiales. Esto se debió a que los trabajadores de la cuadrilla trasladaron los materiales necesarios para el armado del encofrado a una zona plana y despejada de la obra para que así todos los miembros de la cuadrilla puedan trabajar a la vez en el armado del encofrado en el menor tiempo posible. Además, se eligió dicha zona para que la maquinaria pueda cargarlo y colocarlo en su respectivo lugar fácilmente.

Respecto al trabajo no contributivo de encofrados de muros anclados (10%), se puede observar que los desperdicios son bajos en la producción. En dicho tipo de trabajo se presentan actividades de espera y descanso con valores de 6% y 4%, respectivamente. Dichos números son bajos ya que se cuenta con los materiales y herramientas a la mano necesarias para el armado del encofrado del muro anclado, lo cual indica un trabajo continuo de la cuadrilla afín de ensamblar el encofrado en el menor tiempo posible.

#### **5.2.2.4. Vaciado de concreto**

En la partida de vaciado de concreto se obtuvo que el 70% del trabajo es productivo, el 25% es contributorio y solo el 5% es no contributorio. Estos valores indican que se tiene una buena productividad diaria. En la siguiente tabla se muestran los porcentajes obtenidos en la medición de dicha partida.

Tabla 10: Cuadro resumen de porcentajes de medición en vaciado de concreto de muros anclados

Tipo de trabajo	Descripción	Código	Total	% del total	% de tipo de trabajo	%
Productivo	Vaciado del concreto con la manguera	VCM	614	40%	57%	70%
	Vibrado del concreto	VC	461	30%	43%	
Contributorio	Armado del tubo	AT	215	14%	56%	25%
	Transporte de herramientas	TH	92	6%	24%	
	Búsqueda de herramientas	BH	46	3%	12%	
	Implementación de equipo especial al personal	EQP	31	2%	8%	
No contributorio	Espera	E	46	3%	60%	5%
	Descanso	D	31	2%	40%	

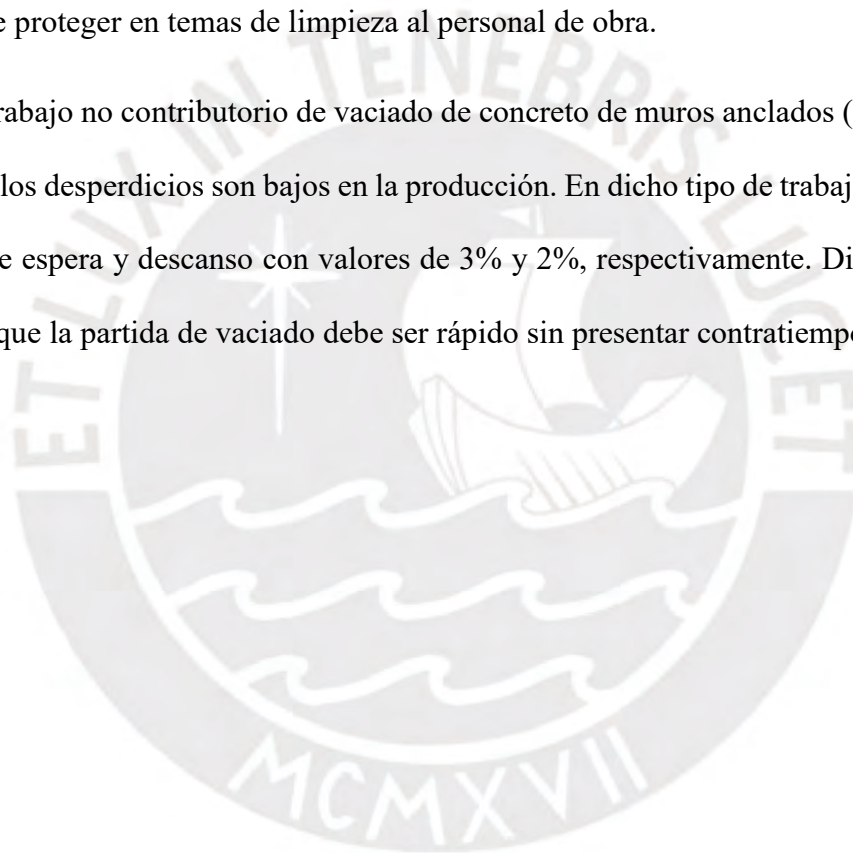
Fuente elaborada por los autores

Luego de observar la tabla, se procederá a realizar un análisis más a detalle de las actividades de acuerdo al tipo de trabajo.

Respecto al trabajo productivo de vaciado de concreto de muros anclados (70%), se puede observar que el vaciado con la manguera (40%) y el vibrado de concreto (30%) son las actividades a destacar en dicha partida. Dichas actividades son más fáciles y rápidas de realizar.

Respecto al trabajo contributorio de vaciado de concreto de muros anclados (25%), se puede observar que el armado de tubo (14%) implica una mayor cantidad del tiempo en dicha partida. Así mismo, como el transporte de herramientas (6%) desde el almacén hasta la zona de trabajo. Además, la implementación de equipo especial al personal (2%) es una actividad que se da más rápido afín de proteger en temas de limpieza al personal de obra.

Respecto al trabajo no contributorio de vaciado de concreto de muros anclados (5%), se puede observar que los desperdicios son bajos en la producción. En dicho tipo de trabajo se presentan actividades de espera y descanso con valores de 3% y 2%, respectivamente. Dichos números son bajos ya que la partida de vaciado debe ser rápido sin presentar contratiempos.



## **CAPÍTULO 6: PROPUESTA DE PLAN DE MEJORA DE LA GESTIÓN DEL CRONOGRAMA Y PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA**

Para la elaboración de la presente tesis se realizó una búsqueda bibliográfica sobre las diferentes herramientas Lean que son utilizadas hoy en día en el mundo de la construcción. Luego se sometió a una validación de expertos dichas herramientas para obtener una lista con las más relevantes. Así mismo, se analizó un caso de estudio por el método cualitativo y cuantitativo. Para el primer método se realizó entrevistas al staff de obra para poder observar como empleaban las herramientas validadas en el cronograma de su proyecto. Para el segundo método se realizó mediciones en campo para poder determinar la productividad de la mano de obra de su proyecto.

A partir de ello, se elaboró una propuesta preliminar del plan con sus respectivas etapas para luego someterla a una validación final con expertos en el área de la construcción de edificaciones. Luego de la validación se obtuvo finalmente la “Propuesta de un plan de mejora de la gestión del cronograma y productividad de la mano de obra durante la ejecución de muros anclados en un proyecto multifamiliar bajo el enfoque Lean”.

### **6.1 Validación del plan**

Se realizó una encuesta de 6 preguntas a expertos en el área de construcción sobre la propuesta preliminar del plan expresando su conformidad a través del uso de la escala de Likert. Las preguntas y los resultados de la encuesta se encuentran descritos en el **Anexo H** y **Anexo I**.

#### **6.1.1. Información de los expertos**

Para la validación de la propuesta preliminar del plan se recurrió a distintos profesionales especializados en la gestión de proyectos, en particular con experiencia laboral en edificios multifamiliares y ejecución de muros anclados (mínimo 8 años).

Tabla 11: *Perfil de expertos en la construcción de muros anclados*

<b>CÓDIGO</b>	<b>PERFIL DEL ENTREVISTADO PARA VALIDAR VARIABLES</b>	<b>AÑOS DE EXPERIENCIA</b>
<b>Exp 01.</b>	Profesional titulado en Arquitectura y Urbanismo con maestría en Administración de Negocios, diplomado en Gerencia de Construcción (PMI) y sistemas de gestión de la calidad (ISO, OHSAS), miembro del Project Management Institute PMI Lima.	> 18 AÑOS
<b>Exp 02.</b>	Magíster en Administración de Empresas por CENTRUM Católica. Ingeniero Civil titulado de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC) y actual Gerente de Infraestructura en Megacentro Perú.	> 16 AÑOS
<b>Exp 03.</b>	Ingeniero Civil titulado de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Jefe de frente y de producción de diversos proyectos. Actual jefe de producción de CUMBRA	> 16 AÑOS
<b>Exp 04.</b>	Ingeniero Civil titulado de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Magister en Business Administration por CENTRUM PUCP. Ingeniero Residente de obra en TALE Inmobiliaria.	> 18 AÑOS
<b>Exp 05.</b>	Ingeniero Civil titulado. Jefe de proyecto e ingeniero residente en obras de edificación, inmobiliaria e infraestructura. Conocimientos avanzados en planeamiento, control de obra, gestión de proyectos y presupuestos, metodología <i>Last Planner</i> y filosofía <i>Lean Construction</i> .	> 10 AÑOS

Fuente elaborada por los autores

### 6.1.2. Análisis de resultados

Se analiza los resultados de la pregunta 6 realizada a los 5 expertos, los cuales se muestran en la figura 53. Dichos resultados resaltan la opinión de los expertos a nivel general sobre la propuesta del plan.

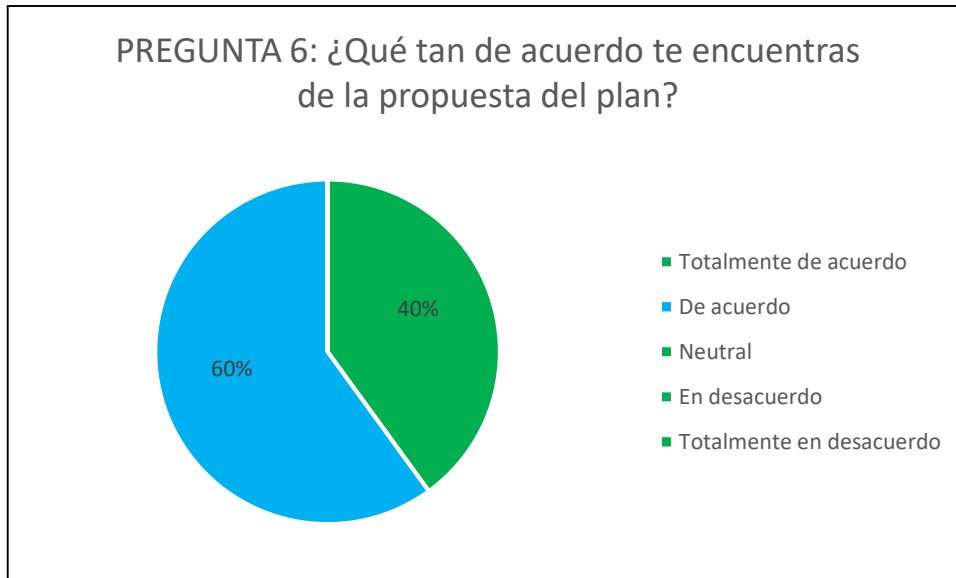


Figura 53: Validación de la propuesta del plan.

Fuente propia.

De acuerdo a la figura, se puede observar que el 40% de los expertos se encuentran totalmente de acuerdo con la propuesta del plan mientras que el 60 % de los expertos se encuentran de acuerdo.

## 6.2. Presentación del plan

Luego de realizar la validación de la propuesta preliminar del plan respecto a las etapas y las herramientas empleadas, se elabora la “Propuesta de un plan de mejora de la gestión del cronograma y productividad de la mano de obra durante la ejecución de muros anclados en un proyecto multifamiliar bajo el enfoque Lean”. Esta consta de un proceso iterativo de 5 etapas utilizando el sistema unianclado.

**PROPUESTA DE UN PLAN DE MEJORA DE LA  
GESTIÓN DEL CRONOGRAMA Y PRODUCTIVIDAD  
DE LA MANO DE OBRA DURANTE LA EJECUCIÓN  
DE MUROS ANCLADOS EN UN PROYECTO  
MULTIFAMILIAR BAJO EL ENFOQUE LEAN**



**TRABAJO DE TESIS - PUCP**

**ELABORADO POR:**

**LENIN ANTHONY CARLOS VERDE**

## CONTENIDO

- **Proceso constructivo del sistema unianclado**

- **Etapas del plan**

- **Desarrollo de etapas**

- **Recomendaciones**



## PROCESO CONSTRUCTIVO DEL SISTEMA UNIANCLADO

Se utilizará el sistema unianclado ya que es un método más moderno que el sistema tradicional (pachamanca o puntales). Además, que dicho método agrega oferta de valor al proyecto en diferentes puntos.

- **Mano de obra:** Reducción de la mano de obra propia de la obra.
- **Materiales:** Reducción de más del 90% de la carpintería y encofrados.
- **Acabados y reprocesos:** El acabado se da en concreto fresco, no requiere tarrajes ni resanes.
- **Plazos:** Reducción de plazo de obra por mayor rapidez del sistema.

El proceso constructivo de muros utilizando el sistema unianclado es el siguiente:

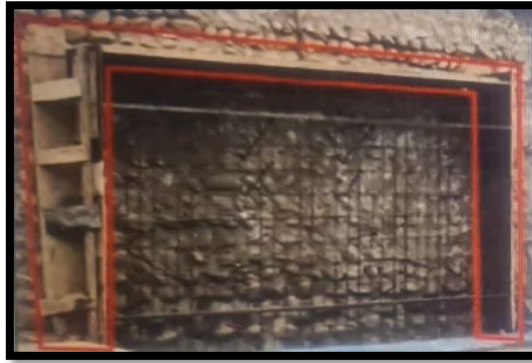
- Perforación del paño e inyección de lechada a cargo de la empresa subcontratada.
- Excavación de la banqueta utilizando maquinaria.
- Perfilado y pañeteo del muro anclado.
- Instalación de la armadura con sus respectivos bastones anclados para asegurar su estabilidad durante el vaciado.



*Figura 54: Acero de muro con sus respectivos anclajes.*

Fuente propia.

- Colocación de paneles laterales y superior del paño si en el caso son necesarios.



*Figura 55:* Paneles laterales y superiores.

Fuente propia.

- Colocación de líneas guía para determinar el espesor del recubrimiento de la armadura.



*Figura 56:* Líneas guía.

Fuente propia.

- Se tiene listo un plástico en la parte inferior del muro para aprovechar posibles revotes del concreto en los acabados y un andamio para trabajar zonas elevadas del muro.



*Figura 57:* Instalación de plástico en la parte inferior y andamio.

Fuente propia.

- Se inicia con el proyectado de concreto (de abajo hacia arriba) con el personal de la concretera.



*Figura 58:* Proyectado de concreto.

Fuente propia.

- Se continua con el enlucido del muro utilizando la regla de aluminio y las llanas para un acabado más fino con la cuadrilla de acabados.



*Figura 59:* Enlucido del muro.

Fuente propia

- Se realiza el curado del concreto y se retira los paneles laterales y superior si en el caso fueron utilizados en el muro para luego tensarlos al 3er día.

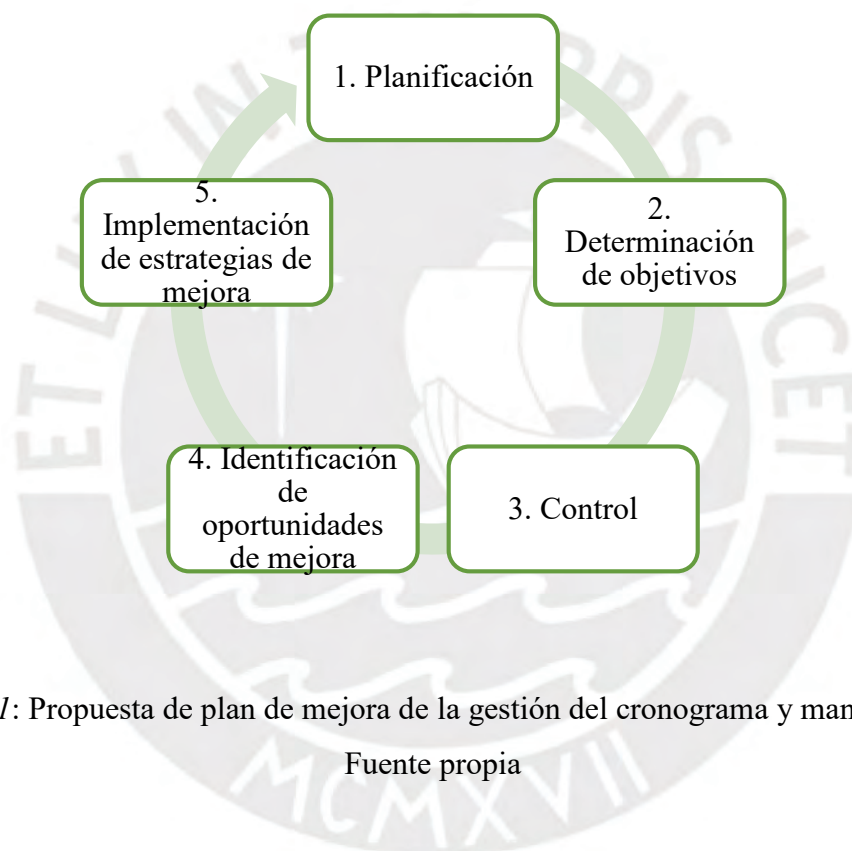


*Figura 60:* Curado del muro.

Figura propia.

## ETAPAS DEL PLAN

Luego de la investigación realizada desde un enfoque cualitativo y cuantitativo, se obtuvieron resultados que indican la necesidad de mejorar la gestión del cronograma y mano de obra durante la ejecución de muros anclados en un proyecto multifamiliar. A partir de ello, se propone un plan de cinco etapas utilizando el sistema unianclado: planificación, determinación de objetivos, control, identificación de oportunidades de mejora e implementación de estrategias de mejora. A continuación, cada etapa del plan se observa en el siguiente gráfico.



*Figura 61:* Propuesta de plan de mejora de la gestión del cronograma y mano de obra.

Fuente propia

Dicho plan consistirá en un proceso iterativo que utiliza herramientas del Last Planner System bajo la filosofía Lean, las cuales se encuentran plasmados en el siguiente cuadro.

ETAPA	PROCESO
<p style="text-align: center;"><b>ETAPA 1: PLANIFICACIÓN</b></p>	<p><b>Planificación maestra:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Determinar el alcance del proyecto trazados por el cliente.</li> <li>2. Definir una estructura de desglose de trabajo del proyecto.</li> <li>3. Realizar una programación general de la obra.</li> <li>4. Incluir un buffer de tiempo ante la variabilidad de la ejecución del proyecto.</li> <li>5. Identificar los hitos del proyecto.</li> </ol>
	<p><b>Pull planning:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>6. Programar una reunión con todos los involucrados.</li> <li>7. Definir la secuencia de las actividades de la fase.</li> <li>8. Plantear la sectorización del proyecto.</li> <li>9. Determinar la duración de las actividades de la fase de acuerdo a la sectorización y el tren de actividades establecido para el proyecto.</li> </ol>
	<p><b>Lookahead planning:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>10. Detectar las 3 o 4 semanas próximas a ejecutar en el proyecto teniendo en cuenta la sectorización y el tren de actividades.</li> <li>11. Analizar las restricciones que impiden el flujo continuo del trabajo dentro de las 3 o 4 semanas próximas establecidas en el Lookahead.</li> <li>12. Identificar las actividades con restricciones levantadas para su respectiva programación semanal.</li> </ol>
	<p><b>Programación semanal:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>13. Detallar las actividades que pertenecen a la planificación semanal de acuerdo a un horario.</li> <li>14. Verificar la secuencia de cada trabajo y los responsables de entrega.</li> </ol>
	<p><b>Programación diaria:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>15. Listar las actividades que se harán durante el día con su respectivo nombre y código para su identificación.</li> <li>16. Realizar dibujos tridimensionales de los muros anclados a trabajar con sus respectivos detalles.</li> <li>17. Entregar la lista de actividades y los dibujos tridimensionales a las cuadrillas para un fácil entendimiento de los trabajos a realizar durante el día.</li> </ol>
<p style="text-align: center;"><b>ETAPA 2: DETERMINACIÓN DE OBJETIVOS</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Eliminar los trabajos no contributorios con la finalidad de que el avance en obra sea más eficiente.</li> <li>2. Reducir los trabajos contributorios con la finalidad de que los trabajos productivos sean mayores.</li> <li>3. Aplicar herramientas Lean y/o PMI que ayuden con el control del cronograma y de la productividad de la mano de obra.</li> </ol>
	<p><b>Porcentaje de plan cumplido y causas de no cumplimiento:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Anotar el metrado ejecutado de la semana para luego compararlo con el metrado programado y así obtener el %PPC.</li> <li>2. Identificar las causas de incumplimiento por el cual el</li> </ol>

<p style="text-align: center;"><b>ETAPA 3: CONTROL</b></p>	<p>%PPC no fue de 95% a 100%.</p> <p>3. Indicar el tipo, el responsable y las posibles acciones correctivas de las causas de incumplimiento detectadas.</p>
	<p><b>Porcentaje de cumplimiento de restricciones:</b></p> <p>4. Programar las restricciones detectadas de las partidas con anticipación.</p> <p>5. Indicar un responsable y fecha de levantamiento de dichas restricciones detectadas.</p> <p>6. Reprogramar restricciones que no han sido levantadas en su momento.</p>
	<p><b>Nivel General de Actividades:</b></p> <p>7. Realizar un recorrido inadvertido de toda la obra para observar a las cuadrillas.</p> <p>8. Identificar actividades productivas, contributorias y no contributorias de las cuadrillas al momento de ejecutar las partidas.</p> <p>9. Registrar los datos tomados en campo en formatos establecidos.</p>
	<p><b>Carta Balance:</b></p> <p>10. Identificar las actividades presentes en la partida.</p> <p>11. Identificar la cuadrilla responsable de ejecutar dicha partida.</p> <p>12. Identificar actividades productivas, contributorias y no contributorias de la cuadrilla al momento de ejecutar la partida.</p> <p>13. Registrar los datos tomados en campo en formatos establecidos.</p>
	<p><b>Reporte de índice de productividad:</b></p> <p>14. Calcular las HH semanales de la partida seleccionada de acuerdo a los tareas diarios.</p> <p>15. Calcular el metrado semanal de la partida seleccionada de acuerdo al avance diario.</p> <p>16. Calcular el IP actual, el IP acumulado y el IP meta de la partida seleccionada.</p> <p>17. Registrar los datos en un formato ya establecido.</p> <p>18. Elaborar las curvas de productividad.</p>
<p style="text-align: center;"><b>ETAPA 4: IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDADES DE MEJORA</b></p>	<p><b>Big Room/A3 Report:</b></p> <p>1. Elaborar una lista de reglas que se cumplirán dentro de la sala como puntualidad, respeto, compromiso y escucha activa.</p> <p>2. Coordinar con los involucrados sobre el tema a tratar en la reunión.</p> <p>3. Compartir con los presentes de la sala un A3 report para que todos estén informados sobre el estado actual del proyecto.</p> <p>4. Realizar un análisis sobre los valores cuantitativos del %PPC, %PCR y CI para poder listar acciones correctivas al cronograma.</p> <p>5. Realizar un análisis sobre los valores cuantitativos del NGA, Carta Balance e IP para poder listar acciones</p>

	<p>correctivas a la productividad de mano de obra.</p> <p>6. Establecer un orden jerárquico a las acciones correctivas de la lista para darle solución al problema de acuerdo a su prioridad.</p>
<p><b>ETAPA 5: IMPLEMENTACIÓN DE ESTRATEGIAS DE MEJORA</b></p>	<p><b>Estrategias de mejora:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Incluir las partidas y las oportunidades de mejora identificadas y jerarquizadas a un formato ya establecido.</li> <li>2. Realizar las preguntas orientadas a cada problema. (Por qué, Qué, Dónde, Cuándo, Quién)</li> <li>3. Identificar la causa raíz del problema.</li> <li>4. Proponer las mejoras al problema detectado para luego programar su implementación.</li> </ol>

Secuencia del plan de mejora de la gestión del cronograma y mano de obra. Elaborado por el autor.



## DESARROLLO DE ETAPAS

### ETAPA 1: PLANIFICACIÓN

En primer lugar, se definen las herramientas de planificación más eficientes que se usarán en la construcción de muros anclados del edificio multifamiliar. Según la validación obtenida por expertos en la construcción se propone las siguientes herramientas desde un nivel macro hasta llegar a un nivel micro. A continuación, se explican los pasos a realizar para aplicar cada herramienta de planificación.

#### *Planificación Maestra*

Mediante la planificación maestra, se establece los hitos más importantes del proyecto que permitan cumplir los objetivos trazados ya sea de tiempo y costo planteados al cliente. Dicha herramienta muestra una visión global del proyecto y de las actividades que lo conforman.

Para su desarrollo se deberá seguir los siguientes pasos:

1. **Determinar el alcance del proyecto trazados por el cliente.**
2. **Definir una estructura de desglose de trabajo del proyecto.**
3. **Realizar una programación general de la obra.**
4. **Incluir un buffer de tiempo ante la variabilidad de la ejecución del proyecto.**
5. **Identificar los hitos del proyecto.**

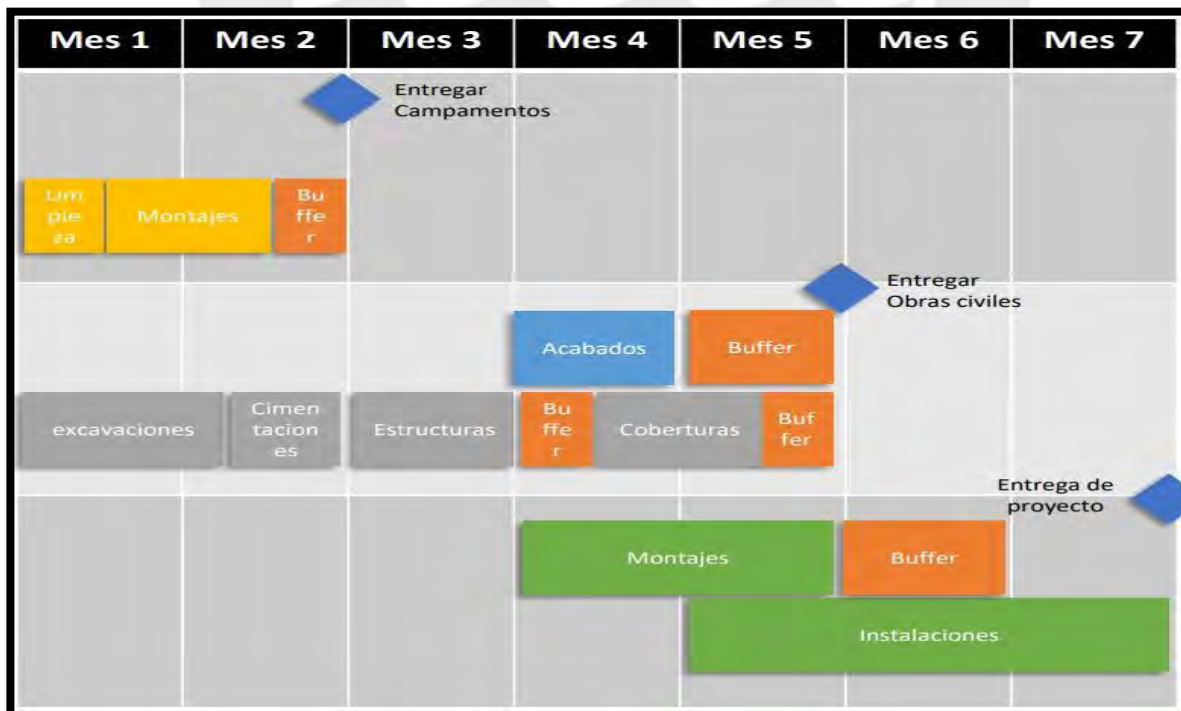


Figura 62: Planificación Maestra.  
Fuente Propia

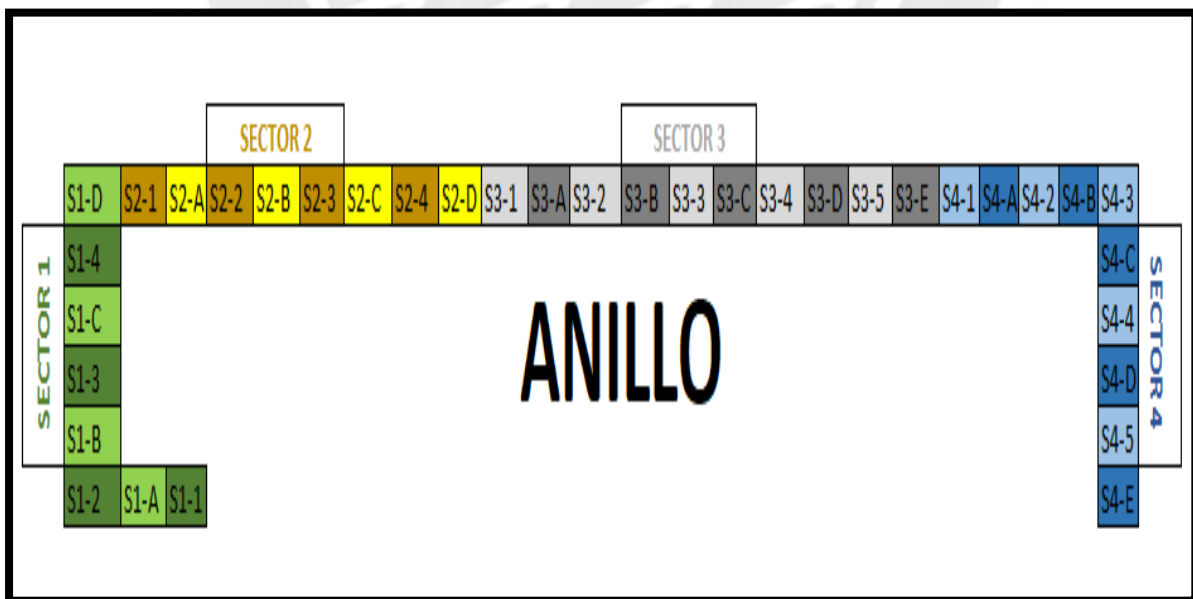
### ***Pull Planning***

Mediante el *Pull Planning*, se determina el producto final a entregar y establecer las actividades antecesoras para formar la secuencia de trabajo y así llegar al objetivo. Dicha herramienta es colaborativa y requiere el compromiso de todos los involucrados.

Para su desarrollo se deberá seguir los siguientes pasos:

- 6. Programar una reunión con todos los involucrados.**
- 7. Definir la secuencia de las actividades de la fase.**
- 8. Plantear la sectorización del proyecto.**
- 9. Determinar la duración de las actividades de la fase de acuerdo a la sectorización y el tren de actividades establecido para el proyecto.**

Mediante la **sectorización**, se planea distribuir las tareas de la obra en estudio, de manera equitativa y constante. Por ello, según la estructuración definida, se establece 4 sectores de trabajo, con la finalidad de ejecutar todos los sectores establecidos en 5 días hábiles y usar los días sábado como un buffer. Así mismo, mediante el **Takt Time Planning**, se busca la forma de estructuración del trabajo que permita un ritmo de producción constante evitando cuellos de botella.



*Figura 63:* Sectorización de los muros anclados del anillo.

Fuente propia

### Lookahead Planning

Mediante el Lookahead, se realiza una planificación de 3 a 4 semanas en las cuales se puede detectar restricciones que se deben levantar en su debido momento para que el flujo de trabajo no pare.

Para su desarrollo se deberá seguir los siguientes pasos:

10. Detectar las 3 o 4 semanas próximas a ejecutar en el proyecto teniendo en cuenta la sectorización y el tren de actividades.
11. Analizar las restricciones que impiden el flujo continuo del trabajo dentro de las 3 o 4 semanas próximas establecidas en el Lookahead.
12. Identificar las actividades con restricciones levantadas para su respectiva programación semanal.

LOOKHEAD-EDIFICIO SAVIA DEPARTAMENTOS													
PROYECTO:	EDIFICIO MULTIFAMILIAR "SAVIA DEPARTAMENTOS"												
UBICACIÓN:	AV.BRASIL 1466 - JESÚS MARÍA												
PROPIETARIO:	CLASEM S.A.C												
DESCRIPCIÓN	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S
MUROS ANCLADOS-ANILLO	12-Set	13-Set	14-Set	15-Set	16-Set	17-Set	18-Set	19-Set	20-Set	21-Set	22-Set	23-Set	24-Set
RETIRO DE BANQUETA	S1-1/S1-2	S1-3/S1-4	S1-A/S1-B	S1-C/S1-D	S2-1/S2-2	S2-3		S2-4/S2-A	S2-B/S2-C	S2-D/S3-A	S3-B/S3-C	S3-D/S3-E	S3-1
PERFILADO Y PAÑETEO	S1-1/S1-2	S1-3/S1-4	S1-A/S1-B	S1-C/S1-D	S2-1/S2-2	S2-3		S2-4/S2-A	S2-B/S2-C	S2-D/S3-A	S3-B/S3-C	S3-D/S3-E	S3-1
ACERO DE MURO	S1-1/S1-2	S1-3/S1-4	S1-A/S1-B	S1-C/S1-D	S2-1/S2-2	S2-3		S2-4/S2-A	S2-B/S2-C	S2-D/S3-A	S3-B/S3-C	S3-D/S3-E	S3-1
CONCRETO DE MURO		S1-1/S1-2	S1-3/S1-4	S1-A/S1-B	S1-C/S1-D	S2-1		S2-2/S2-3	S2-4/S2-A	S2-B/S2-C	S2-D/S3-A	S3-B/S3-C	S3-D
TENSADO DE CABLE					S1-1/S1-2	S1-3/S1-4		S1-A/S1-B	S1-C/S1-D	S2-1	S2-2/S2-3	S2-4/S2-A	S2-B/S2-C

Figura 64: Lookahead de los muros anclados del anillo.

Fuente propia

Mediante el **análisis de restricciones**, se puede detectar requisitos a futuro para que una actividad se ejecute o no en su debido momento. Dichas restricciones tienen que ser levantadas con anticipación para evitar que el flujo de trabajo se interrumpa.

ANÁLISIS DE RESTRICCIONES		Tipos de restricciones							Áreas de soporte					
		Controlables				No controlables			Producción	Administración	Oficina Técnica	Almacén	Calidad	
Partidas	Restricciones	Materiales	Equipo	Seguridad y Salud	Información	Actividades predecesoras	Diseño	Medio Ambiente						Proveedores
Perfilado y pañeteo	Disponer de pico y de varillas	X											X	
	Disponer de sogas			X									X	
	Disponer de agua y cemento	X											X	
Acero	Disponer de acero necesario	X											X	X
	Verificar el espaciamiento mínimo						X				X			
	Verificar los planos actualizados				X							X		
Concreto	Retraso del proveedor	X								X		X		
	Disponer de manguera	X										X		
	Colocación de líneas guía					X					X			
	Disponer de andamios y plástico		X										X	
	Disponer de regla de aluminio y llanas	X											X	

Figura 65: Análisis de restricciones de los muros anclados del anillo.

Fuente propia

### Programación semanal

Se realiza una planificación de las actividades a realizarse en la semana, donde se muestra el inicio y fin de las partidas de acuerdo a un horario. Para poder cumplir con lo planificado de la semana todas sus restricciones debieron haber sido liberadas con anticipación. Para su desarrollo se deberá seguir los siguientes pasos:

13. Detallar las actividades que pertenecen a la planificación semanal de acuerdo a un horario.
14. Verificar la secuencia de cada trabajo y los responsables de entrega.

PLAN SEMANAL-EDIFICIO SAVIA DEPARTAMENTOS							
PROYECTO: EDIFICIO MULTIFAMILIAR "SAVIA DEPARTAMENTOS"							
UBICACIÓN: AV. BRASIL 1466-JESÚS MARÍA							
PROPIETARIO: CLASEM S.A.C.							
PROGRAMACIÓN		L	M	X	J	V	S
MUROS ANCLADOS- ANILLO		12-Set	13-Set	14-Set	15-Set	16-Set	17-Set
7:30 a.m.	9:00 a.m	Banqueta S1-1	Banqueta S1-3	Banqueta S1-A	Banqueta S1-C	Banqueta S2-1	Banqueta S2-3
9:00 a.m	10:00 a.m	Perfilado-Pañeteo S1-1	Perfilado-Pañeteo S1-3	Perfilado-Pañeteo S1-A	Perfilado-Pañeteo S1-C	Perfilado-Pañeteo S2-1	Perfilado-Pañeteo S2-3
10:00 a.m	11:00 a.m	Acero S1-1	Acero S1-3/Concreto S1-1	Acero S1-A/Concreto S1-3	Acero S1-C/Concreto S1-A	Acero S2-1/Concreto S1-C	Acero S2-3/Concreto S1-1
11:00 a.m	12:00 a.m						
12:00 a.m	1:00 p.m	REFRIGERIO					
1:00 p.m	2:00 p.m	Banqueta S1-2	Banqueta S1-4	Banqueta S1-B	Banqueta S1-D	Banqueta S2-2	
2:00 p.m	3:00 p.m	Perfilado-Pañeteo S1-2	Perfilado-Pañeteo S1-4	Perfilado-Pañeteo S1-B	Perfilado-Pañeteo S1-D	Perfilado-Pañeteo S2-2	
3:00 p.m	4:00 p.m	Acero S1-2	Acero S1-4/Concreto S1-2	Acero S1-B/Concreto S1-4	Acero S1-D/Concreto S1-B	Acero S2-2/Concreto S1-D	
4:00 p.m	5:00 p.m						

Figura 66: Plan semanal de los muros anclados del anillo.

Fuente propia

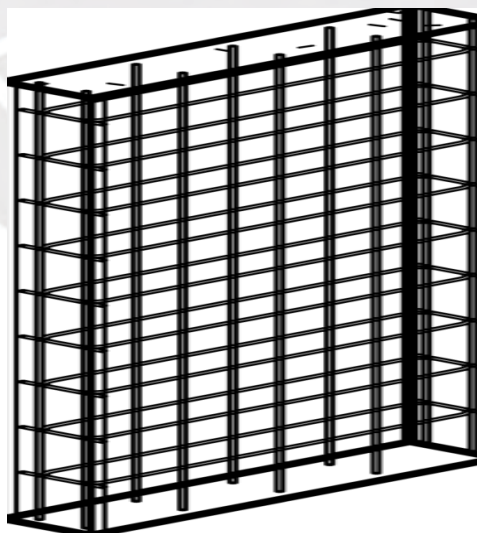
### ***Programación diaria***

Se dará una representación tridimensional de los muros anclados a trabajar por día, en los cuales se detallará el tipo de fierro a usar, el espaciamiento, las dimensiones del paño, el sector, etc para un fácil entendimiento para las cuadrillas. Esto permitirá que la productividad de mano de obra sea más eficaz y así poder cumplir con lo planificado.

Para su desarrollo se deberá seguir los siguientes pasos:

- 15. Listar las actividades que se harán durante el día con su respectivo nombre y código para su identificación.**
- 16. Realizar los dibujos tridimensionales de los muros anclados a trabajar con sus respectivos detalles.**
- 17. Entregar la lista de actividades y los dibujos tridimensionales a las cuadrillas para un fácil entendimiento de los trabajos a realizar durante el día.**

- Fierro horizontal: 3/8"
- Fierro vertical: 3/8"
- Espaciamiento: 20 cm
- Dimensiones: 4.50m x 4.50 m x 0.20 m
- Sector: S1-A



*Figura 67:* Representación tridimensional de un muro anclado.

Fuente propia

## **ETAPA 2: DETERMINACIÓN DE OBJETIVOS**

Luego de haber realizado la planificación del cronograma, se va a necesitar controlarlo. Así mismo, se va a controlar la productividad de mano de obra, ello a fin de poder cumplir con los plazos de entrega. Por esta razón se van a plantear los siguientes objetivos a cumplir:

- 1. Eliminar los trabajos no contributivos con la finalidad de que el avance en obra sea más eficiente.**
- 2. Reducir los trabajos contributivos con la finalidad de que los trabajos productivos sean mayores.**
- 3. Aplicar herramientas Lean y/o PMI que ayuden con el control del cronograma y de la productividad de la mano de obra.**

## **ETAPA 3: CONTROL**

Con los objetivos a cumplir ya establecidos, en esta etapa se requiere el uso de herramientas que proporcionen resultados cuantitativos. Estos resultados permitirán conocer la situación actual del avance de obra y la productividad de mano de obra. De esta manera que se propone el uso de las siguientes herramientas usadas por expertos que brindan resultados confiables:

### ***Porcentaje de plan cumplido y causas de no cumplimiento***

El PPC muestra un comparativo entre las actividades que se planificaron y las que fueron realmente ejecutadas. El porcentaje de cumplimiento que debería obtenerse está entre 95% y 100%. No obstante, en un proyecto real existen una serie de eventos que impiden lograr esos porcentajes. Es por ello, que se analiza cuáles son las causas por los que no se pudo cumplir con lo planificado. Además, se puede obtener mediante un análisis mensual el tipo de causa de incumplimiento que más se presentó, para ello las causas son clasificadas en grupos como: Programación, Actividades previas, Ejecución, Mano de obra, Materiales, etc.

Para su desarrollo se deberá seguir los siguientes pasos:

1. Anotar el metrado ejecutado de la semana para luego compararlo con el metrado programado y así obtener el %PPC.
2. Identificar las causas de incumplimiento por el cual el %PPC no fue de 95% a 100%.
3. Indicar el tipo, el responsable y las posibles acciones correctivas de las causas de incumplimiento detectadas.

PORCENTAJE DE PLANIFICACIÓN CUMPLIDA Y CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO									
PROYECTO: EDIFICIO MULTIFAMILIAR "SAVIA DEPARTAMENTOS" UBICACIÓN: AV. BRASIL 1466-JESÚS MARÍA PROPIETARIO: CLASEM S.A.C. SEMANA: DEL 12/10 AL 17/10									
DESCRIPCIÓN	UND	METRADO			%PPC	ANÁLISIS DE CUMPLIMIENTO			
		Programado	Ejecutado			CAUSAS	TIPO	RESPONSABLE	ACCIÓN CORRECTIVA
MUROS ANCLADOS	12-Set								
RETIRO DE BANQUETA	gbl	S1 completo - S2 (1,2,3)	S1 completo - S2 (1,2,3)	100%	-	-	-	-	
PERFILADO Y PAÑETEO	m2	S1 completo - S2 (1,2,3)	S1 completo - S2 (1,2)	90%	Los materiales y los equipos se encuentran alejados de la zona de trabajo.	EQUIP	ING. PROD	Buscar soluciones para tener mayor accesibilidad a los materiales y equipos del almacén.	
ACERO DE MURO	kg	S1 completo - S2 (1,2,3)	S1 completo - S2 (1,2)	90%	Cambios en el diseño de un muro anclado.	PROG.	ING. PROD	Consultar con el especialista ante algún cambio en los planos.	
CONCRETO DE MURO	m3	S1 completo - S2 (1)	S1 completo - S2 (1)	80%	Demoras de la concretera en llegar a la obra y la lejanía de los materiales y equipos de la zona de trabajo.	SUB-EQUIP	ING. PROD	Mejor coordinación con la concretera y buscar soluciones para tener mayor accesibilidad a los materiales y equipos del almacén.	
TENSADO DE CABLE	und	S1(1,2,3,4)	S1(1,2,3,4)	100%	-	-	-	-	

Figura 68: Porcentaje de planificación cumplida y causas de no cumplimiento.

Fuente propia

#### Porcentaje de cumplimiento de restricciones

Por otro lado, es necesario analizar si las restricciones consideradas fueron levantadas por los responsables en la fecha asignada, para finalmente conocer si necesitan ser programadas nuevamente para la siguiente semana.

Para su desarrollo se deberá seguir los siguientes pasos:

4. Programar las restricciones detectadas de las partidas con anticipación.
5. Indicar un responsable y fecha de levantamiento de dichas restricciones detectadas.
6. Reprogramar restricciones que no han sido levantadas en su momento.

PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO DE RESTRICCIONES							
PROYECTO: EDIFICIO MULTIFAMILIAR "SAVIA DEPARTAMENTOS"							
UBICACIÓN: AV. BRASIL 1466-JESÚS MARÍA							
PROPIETARIO: CLASEM S.A.C.							
SEMANA: DEL 12/10 AL 17/10				Actualización:		EL 13/10	
Partidas	Restricciones	Tipo	Fecha programada	Responsable	Fecha de levantamiento	Status	%PCR
Perfilado y pañeteo	Disponer de pico y de varillas	MAT	10/10/2022	Almacenero	12/10/2022	Levantada	55%
	Disponer de sogas	SEG	10/10/2022	Almacenero	12/10/2022	Levantada	
	Disponer de agua y cemento	MAT	10/10/2022	Almacenero	12/10/2022	Levantada	
Acero	Disponer de acero necesario	MAT	10/10/2022	Residente	12/10/2022	Levantada	
	Verificar el espaciamiento mínimo	DIS	12/10/2022	Oficina Técnica	12/10/2022	Levantada	
	Verificar los planos actualizados	INF	10/10/2022	Oficina Técnica	10/10/2022	Levantada	
Concreto	Retraso del proveedor	SUB	10/10/2022	Residente	13/10/2022	En proceso final	
	Disponer de manguera	EQU	10/10/2022	Almacenero	13/10/2022	En proceso final	
	Colocación de líneas guía	MAT	10/10/2022	Almacenero	13/10/2022	En proceso final	
	Disponer de andamios y plástico	EQU	10/10/2022	Almacenero	13/10/2022	En proceso final	
	Disponer de regla de aluminio y llanas	MAT	10/10/2022	Almacenero	13/10/2022	En proceso final	

Figura 69: Porcentaje de cumplimiento de restricciones.

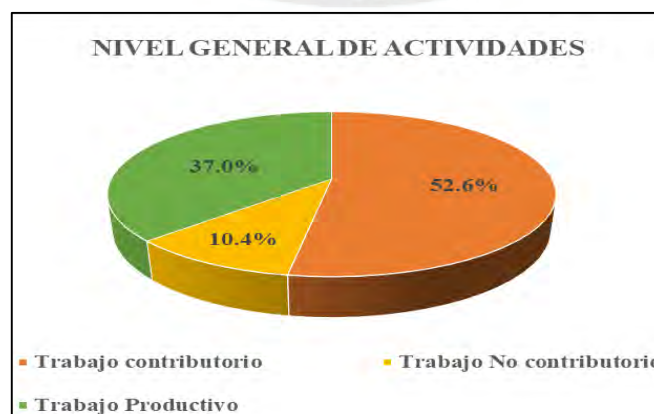
Fuente propia

### Nivel General de Actividades

La herramienta de Nivel General de actividades permite determinar cuánto del trabajo realizado es productivo y qué porcentaje tienen los trabajos contributorios y no contributorios. Dicha herramienta identifica la situación actual de producción a nivel general de la obra.

Para su desarrollo se deberá seguir los siguientes pasos:

7. Realizar un recorrido inadvertido de toda la obra para observar a las cuadrillas.
8. Identificar actividades productivas, contributorias y no contributorias de las cuadrillas al momento de ejecutar las partidas.
9. Registrar los datos tomados en campo en formatos establecidos.



*Figura 70:* Nivel General de Actividades del proyecto de edificio multifamiliar.

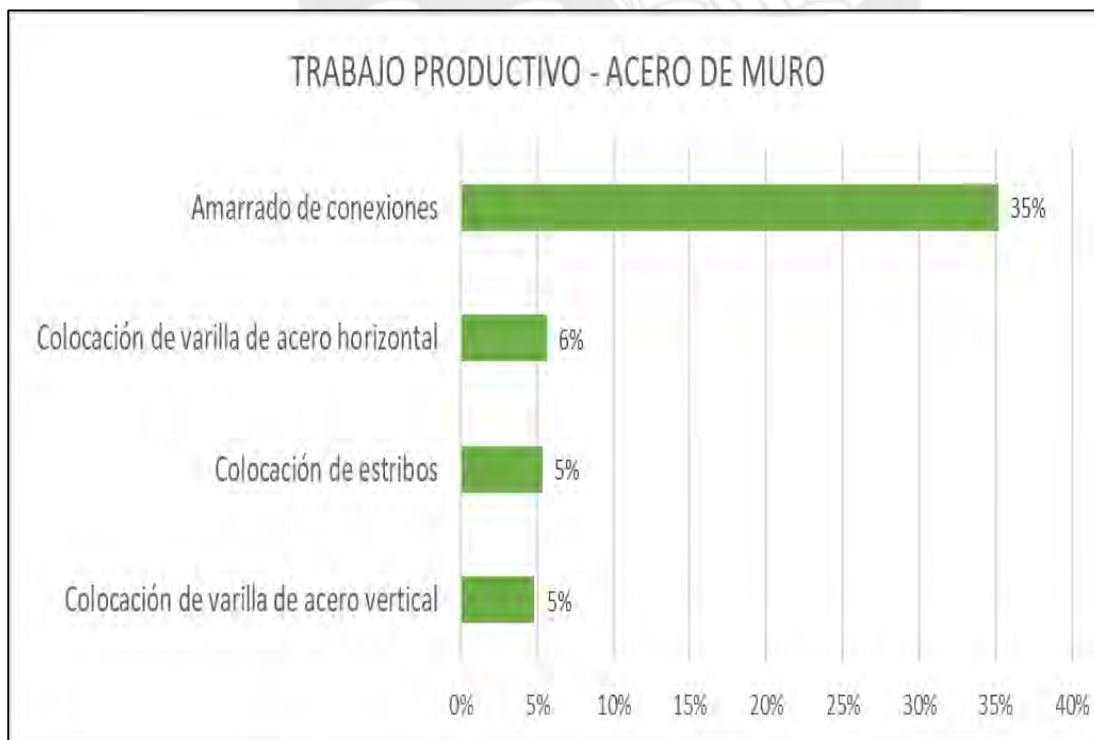
Fuente propia.

### **Carta Balance**

Por otro lado, la herramienta de Carta Balance permite identificar las actividades que consumen mayor cantidad de tiempo dentro de cada tipo de trabajo al realizar una partida; por ejemplo, se puede identificar cuál es la actividad más productiva realizada para la partida de acero. Los resultados obtenidos determinan la productividad y las causas de las horas hombres perdidas.

Para su desarrollo se deberá seguir los siguientes pasos:

- 10. Identificar las actividades presentes en la partida.**
- 11. Identificar la cuadrilla responsable de ejecutar dicha partida.**
- 12. Identificar actividades productivas, contributorias y no contributorias de la cuadrilla al momento de ejecutar la partida.**
- 13. Registrar los datos tomados en campo en formatos establecidos.**



*Figura 71:* Carta Balance del proyecto de edificio multifamiliar.

Fuente propia

### Reporte de índice de productividad

Para su desarrollo se deberá seguir los siguientes pasos:

14. Calcular las HH semanales de la partida seleccionada de acuerdo a los tareas diarios.
15. Calcular el metrado semanal de la partida seleccionada de acuerdo al avance diario.
16. Calcular el IP actual, el IP acumulado y el IP meta de la partida seleccionada.

$$IP_{actual} = \frac{HH_{actual}}{Metrado_{actual}}$$

$$IP_{acumulado} = \frac{HH_{acumulado}}{Metrado_{actual\ acumulado}}$$

$IP_{meta}$  = Índice de productividad calculado en el presupuesto de la partida

17. Registrar los datos en un formato ya establecido.

18. Elaborar las curvas de productividad.

ENCOFRADO DE MUROS					
	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5
HH actual	190	180	200	200	200
HH acumulado	190	370	570	770	970
Metrado actual (m2)	120	110	120	110	100
Metrado acumulado (m2)	120	230	350	460	560
IP actual	1.58	1.64	1.67	1.82	2.00
IP acumulado	1.58	1.61	1.63	1.67	1.73
IP meta	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70

Figura 72: IP actual, IP acumulado e IP meta.

Fuente propia



Figura 73: Curvas de productividad.

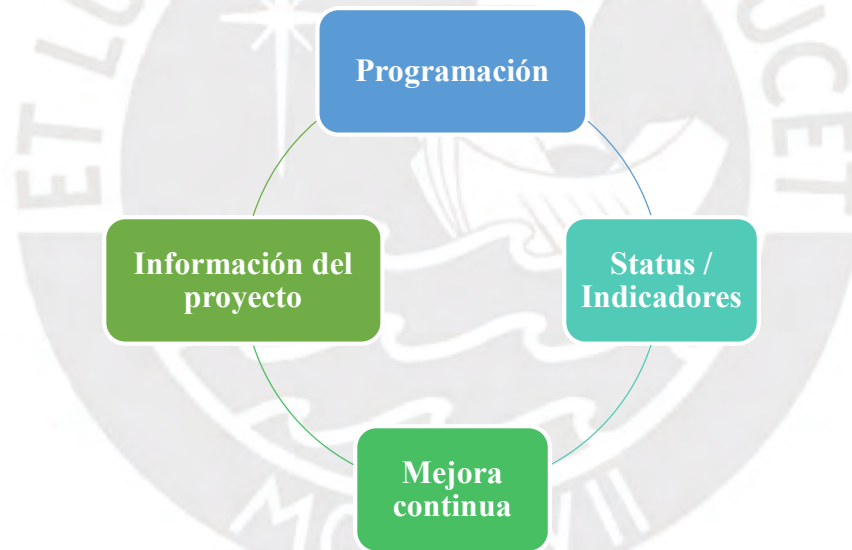
Fuente propia

#### ETAPA 4: IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDADES DE MEJORA

La aplicación de las herramientas mencionadas en la fase anterior, nos proporcionan resultados numéricos que permiten diagnosticar cuáles son los problemas existentes en el proyecto que impiden cumplir con el cronograma y que reducen el trabajo productivo. Es así que, mediante el análisis de las herramientas de control se identifican las actividades innecesarias que no agregan valor. Para poder realizar un análisis óptimo se cuentan con herramientas colaborativas como el Big Room y el A3 Report.

##### ***Big Room /A3 Report***

El Big Room es una sala dividida en la cual se realiza reuniones semanales para unificar la información de las 3 fases anteriores: Planificación, Objetivos y Control. A continuación, se propone la división de una sala colaborativa:



*Figura 74: Big Room.*

Fuente: Propia

El A3 report es una herramienta que consiste en la unificación de toda la información del proyecto hasta su estado actual para que todo el equipo de trabajo este actualizado. Esto incluye: plan master, sectorización, tren de actividades, lookahead, análisis de restricciones, plan semanal, plan diario, %PPC, %PCR, CI, NGA, CB, IP, etc.

Para su desarrollo se deberá seguir los siguientes pasos:

1. **Elaborar una lista de reglas que se cumplirán dentro de la sala como puntualidad, respeto, compromiso y escucha activa.**
2. **Coordinar con los involucrados sobre el tema a tratar en la reunión.**
3. **Compartir con los presentes de la sala un A3 report para que todos estén informados sobre el estado actual del proyecto.**
4. **Realizar un análisis sobre los valores cuantitativos del %PPC, %PCR y CI para poder listar acciones correctivas al cronograma.**
5. **Realizar un análisis sobre los valores cuantitativos del NGA, Carta Balance e IP para poder listar acciones correctivas a la productividad de mano de obra.**
6. **Establecer un orden jerárquico a las acciones correctivas de la lista para darle solución al problema de acuerdo a su prioridad.**

Con las oportunidades de mejora identificadas, se pasa a la siguiente etapa en la cual se realizará la implementación de las estrategias.

#### **ETAPA 5: IMPLEMENTACIÓN DE ESTRATEGIAS DE MEJORA**

En esta fase final, se establece las estrategias que se usan para mejorar los resultados obtenidos en la etapa de control y cumplir con los objetivos establecidos en la etapa 2. Para ello, se propone el uso del concepto mostrado en la Figura 73: 5W (*Why, what, where, when, who*). Para su desarrollo se deberá seguir los siguientes pasos:

1. **Incluir las partidas y las oportunidades de mejora identificadas y jerarquizadas a un formato ya establecido.**
2. **Realizar las preguntas orientadas a cada problema. (Por qué, Qué, Dónde, Cuándo, Quién).**
3. **Identificar la causa raíz del problema.**
4. **Proponer las mejoras al problema detectado para luego programar su implementación.**

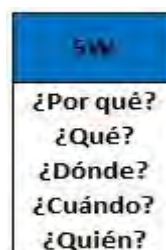


Figura 75: 5W  
Fuente: Propia

Tabla 12: Propuesta e implementación de estrategias de mejora

ESTRATEGIAS DE MEJORA									
PROYECTO EDIFICIO MULTIFAMILIAR "SAVIA DEPARTAMENTOS"									
UBICACIÓN: AV. BRASIL 1466 - JESÚS MARÍA									
PROPIETARIO: CLASEM S.A.C									
Item	Flujo de trabajo	Descripción del problema				Causa Raíz	Implementación		
1	Perfilado y pañeteo	Demoras en el traslado de materiales (agua+cemento) y herramientas (varilla,pico). De igual manera, los implementos de seguridad (sogas, arnés)	X				Lejanía del almacén al punto de trabajo.	Implementación de barriles cerca a la zona de trabajo con sus respectivos nombres ya sea materiales, herramientas o seguridad con la finalidad de mejorar su accesibilidad. Se debe programar su llenado de acuerdo a las actividades futuras.	19/10/2022
2	Acero de muro	Cambios en el diseño de un muro anclado. Además, demoras en el traslado de acero hacia la zona de trabajo.	X			X	Falta de coordinación con el estructural y mala ubicación del punto de acopio de acero.	Coordinación con el especialista sobre algún cambio en los planos para evitar retrabajos. Además, ubicar en un punto estratégico la zona de acero para que así la cuadrilla pueda realizar fácilmente el armado del muro anclado para luego trasladarlo con la maquinaria en su respectivo lugar.	19/10/2022
3	Concreto de muro	Demoras de la concretera en llegar a obra. Además, demoras en el traslado de herramientas y equipos para el enlucido del muro anclado. Demoras en el traslado de andamios.	X				Falta de coordinación con la concretera y lejanía del almacén al punto de trabajo. Uso de andamios sin programación.	Coordinación con la concretera para su respectiva llegada puntual a obra. Además, implementación de barriles cerca a la zona de trabajo con sus respectivos nombres ya sea herramientas o equipos con la finalidad de mejorar su accesibilidad. Así mismo, elaborar una correcta programación del uso de andamios.	19/10/2022

Fuente elaborada por los autores

Finalmente, con base en esta implementación se regresa nuevamente a la etapa 1, donde el proceso comienza nuevamente. Este ciclo se repite semanalmente comenzando desde el inicio de la ejecución del proyecto hasta la finalización de todas las actividades.

### RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso del plan de forma iterativa semana tras semana ya que se busca mejorar la gestión del cronograma y la mano de obra durante la ejecución de muros anclados a fin de poder cumplir con anticipación el hito de excavación, lo cual significaría un avance óptimo del proyecto.

- Se recomienda el uso de formatos establecidos para cada etapa de la propuesta del plan y además seguir a detalle todos los pasos indicados en cada una de las etapas del plan a fin de ilustrar resultados óptimos en el avance del proyecto.
- Se recomienda expandir la propuesta del plan a todas las constructoras del país a fin de que puedan aplicarlas a sus obras para mostrar mejores resultados de productividad y cumplimiento del plazo en beneficio del cliente.



*Figura 76: Constructoras del Perú.*  
Fuente: Propia

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1. Conclusiones

- Las entrevistas a expertos permiten obtener información acerca de cómo trabajan las empresas y cuáles son las herramientas tecnológicas más usadas en el mundo de la construcción actualmente. Con base en su opinión se procede a validar la información teórica recopilada.
- Se concluye que las empresas grandes son las que utilizan en mayor proporción herramientas Lean para realizar la planificación y control de la ejecución de muros anclados. Por otro lado, se determina que la principal razón, por la cual las empresas medianas o pequeñas utilizan tan solo alguna de las herramientas, es la falta de recursos.
- Las entrevistas al staff de obra se realizan para poder conocer cómo aplican las herramientas validadas por los expertos en la obra en estudio. El objetivo es poder brindar una propuesta adecuada que ayude a mejorar el cronograma y la mano de obra en la etapa de muros anclados en un proyecto multifamiliar.
- Se concluye que el uso de las herramientas Lean en la etapa de muros anclados para el cronograma y la mano de obra son de gran uso. Asimismo, se conoce que estas herramientas resultan de suma importancia y son eficaces en las etapas de casco y acabados; esto debido a que se cuenta con mayor cantidad de cuadrillas y mayor cantidad de hitos.
- Se concluye que el uso del Nivel General de actividades y Carta Balance resulta eficiente, pues ayuda a controlar la productividad de mano de obra. Mientras el Nivel General de actividades mide las actividades a nivel global, la Carta Balance se encarga de hacer un análisis más específico de las partidas (perfilado y pañeteo, acero, encofrado, vaciado).
- Los resultados del Nivel General de actividades obtenidos del caso de estudio en la

etapa de muros anclados muestran un 39% de trabajo productivo, 51% de trabajo contributorio y 10% de trabajo no contributorio, lo cual son resultados aceptables ya que se busca que el trabajo productivo y contributorio presente valores altos mientras el trabajo no contributorio presente valores bajos.

- Los resultados de la Carta Balance de las partidas perfilado y pañeteo, acero, encofrado y vaciado son aceptables, si se analiza el índice de productividad de las cuadrillas. Asimismo, respecto a los tipos de trabajos de las cuadrillas de perfilado y pañeteo, acero, encofrado y vaciado se obtuvieron resultados aceptables ya que el trabajo no contributorio resulto un valor de aproximadamente de 9%.
- El plan de mejora de la gestión del cronograma y productividad de la mano de obra establece una secuencia de pasos a seguir con el objetivo de disminuir los desperdicios e incrementar la productividad. La naturaleza cíclica del plan conformado por 5 fases, evidencia que el proceso de mejora es continuo, lo cual permite que los involucrados puedan concientizar de manera sencilla el proceso de cambio.
- El sistema unianclado (concreto proyectado) es una alternativa de construcción con la cual podemos reducir la mano de obra (cuadrilla de encofrado y vaciado). Además, habrá una reducción de más del 90 % de la carpintería y encofrados. Así mismo, se podrá realizar el acabado del muro en concreto fresco. Este sistema presentará una mayor rapidez que el tradicional (puntales o pachamanca) con lo cual habrá una reducción del plazo de obra.
- El plan de mejora de la gestión del cronograma y productividad de la mano de obra resalta resultados óptimos en la etapa de excavación del proyecto, lo cual es un buen indicador para poder aplicarlo en las demás etapas, como casco o acabados, a fin de poder cumplir con las expectativas del cliente y además resaltar como constructora en el mercado laboral.

## 7.2. Recomendaciones

- Se recomienda considerar para la entrevista a expertos profesionales con un mínimo de 8 años de experiencia en el tema de muros anclados de edificios multifamiliares; esto con la finalidad de que la información obtenida sea confiable para poder desarrollar el trabajo de investigación.
- Respecto a la entrevista al staff de obra se requiere que sean como mínimo 4 personas con la finalidad de que la información obtenida sobre la ejecución muros anclados para sótanos sea válida. Asimismo, se selecciona a miembros del staff que tengan gran interacción con el uso de las herramientas para contribuir con el análisis adecuado del presente trabajo de investigación.
- Para la toma de datos sobre la productividad de mano de obra en el caso de estudio se requiere formatos de Nivel General de actividades y Carta Balance así como varias visitas a obra a fin de que la información obtenida sea confiable. Además, para la medición de Carta Balance se recomienda la realización de videos que permitan identificar las actividades pertenecientes a cada tipo de trabajo realizadas por determinada cuadrilla.
- Para las entrevistas a los expertos y al staff de obra se requiere un formato de preguntas ya establecidas como base; ello a fin de que sus respuestas puedan ser analizadas y comparadas eficazmente en beneficio de la investigación.
- Se recomienda considerar para la validación de la propuesta del plan a expertos profesionales con un mínimo de 8 años de experiencia en el tema de muros anclados de edificios multifamiliares; esto con la finalidad de que la encuesta obtenida sea confiable para que las constructoras del país puedan aplicarlas a sus obras.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Badii Zabeh, M. H., Castillo, J., & Guillen, A. (2008). Tamaño óptimo de la muestra (Optimum sample size). *Innovaciones de negocios*, 5(9), 53-65.
- Ballard, H (2000). *The last planner system of production control*
- Ballard, G. and Howell, G. (2003). “Lean project management” *Building Research & Information*, 31(2), 119–133. Recuperado de: <https://doi.org/10.1080/09613210301997>
- BESSER LEAN (8 de septiembre de 2021). ¿QUÉ ES EL LEAN PROJECT DELIVERY SYSTEM? <https://besserlean.mx/que-es-el-lean-project-delivery-system/>
- Brioso Lescano, X. M. (2015). *El análisis de la construcción sin pérdidas (Lean Construction) y su relación con el project & construction management: propuesta de regulación.*
- Brioso, X., Murguía, D., Urbina, A (2017). *Teaching Takt-Time, Flowline, and Point-to-Point Precedence Relations: A Peruvian Case Study.* Procedia Engineering
- Centro especializado de Ingeniería y Tecnología (s/f). *Lookahead planning ¿En qué consiste?* <https://cingeneria.pe/articulos/lookahead-planning-en-que-consiste/>
- CONSTRUYA CALIDAD (2002). *La calidad en la industria de la construcción.* Universidad de Palermo, [https://www.grupoconstruya.com/actividades/docs/calidad\\_UP.pdf](https://www.grupoconstruya.com/actividades/docs/calidad_UP.pdf)
- Demirkesen, S. (2021). From Lean Manufacturing to Lean Construction: How Principles, Tools, and Techniques Evolved. In *Lean Manufacturing*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.96191>

Fransson, A., Berghede, K., and Tommelein, I. (2013). "Takt-time planning for construction of exterior cladding." Proc. 21st Annual Conf. of the Int'l. Group for Lean Constr. (IGLC 21), Fortaleza, Brazil

Fransson, A., Berghede, K., & Tommelein, I. D. (2013). Takt-Time Planning and the Last Planner Production Planning and Control TAKT-TIME PLANNING AND THE LAST PLANNER.

GUÍA DEL PMBOK. (2021). GUÍA DE LOS FUNDAMENTOS PARA LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS (Séptima edición).

Ghio, V. (2001). PRODUCTIVIDAD EN OBRAS DE CONSTRUCCIÓN- Diagnóstico, crítica y propuesta

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). Metodología de la Investigación (5ª Ed.). México D.F: McGraw-Hill Educación.

Instituto Nacional de Estadística e Informática (2022). *Producto Bruto Interno Trimestral*. <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/01-informe-tecnico-pbi-iv-trim-2021.pdf>

Kerlinger, F. (2002). Enfoque conceptual de la Investigación del comportamiento., p.83.

Koskela, L. (1999). "Management of production in construction: a theoretical view". Proc. 7th Annual Conf. Int'l. Group Lean Constr. (IGLC 7), Berkeley, CA, USA.

Nuñez, A. (4 de febrero de 2013) *¿Por qué fracasan los proyectos?* <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/fracaso-proyectos-administracion>

Oglesby, C., Parker, H. and Howell, G. (1989) *Productivity improvement in construction*.

New York: McGraw Hill.

Pedrosa, I., Suárez-Álvarez y García-Cueto, E. (2013). Evidencias sobre la Validez de Contenido: Avances Teóricos y Métodos para su Estimación. *Acción Psicológica*, 10(2). <http://dx.doi.org/10.5944/ap.10.2.11820>

Piña Lozada, K. (s/f). *Como Lograr un Sistema de Producción Efectivo*. *Revista Perú Construye*, (16), 40-42

Pons Achell, J y Rubio Pérez Iván (2019). *Lean Construction y la planificación Colaborativa Metodología del Last Planner System*. Consejo General de la Arquitectura Técnica de España, <https://www.cgate.es/pdf/LEAN%20CONSTRUCTION%20PDF%20Web.pdf>

Serpell, A. (1986). Productividad en la construcción. *Revista de Ingeniería de Construcción*, 1(1), 53-59. Recuperado de <https://www.ricuc.cl/index.php/ric/article/view/331>

Serpell A, & Alarcon L. (2015). *Planificación y Control de Proyectos* (Cuarta edición).

Serpell, A., Verbal, R. *Análisis de operaciones mediante cartas de balance*

Taylor, S., Bogdan (2022). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación*. Tercera Edición. Recuperado de <http://mastor.cl/blog/wp-content/uploads/2011/12/Introduccion-a-metodos-cualitativos-de-investigaci%C3%B3n-Taylor-y-Bogdan.-344-pags-pdf.pdf>

Vera, V. (22 de setiembre de 2021). *Evaluación Independiente de Gestión de Proyectos de Infraestructura y Construcción*. <https://www.bdo.com.pe/es-pe/blogs/blog-bdo-peru/septiembre-2021/evaluacion-independiente-de-gestion-de-proyectos-de-infraestructura-y-construccion>

Vilasini, N. (2011) Lean Methodology to reduce waste in a construction environment. 15th

Pacific Association of Quantity Surveyors Congress, Sri Lanka



## ANEXOS

## ANEXO A

## FORMATO DE ENTREVISTA A EXPERTOS

CÓDIGO: Exp. 0#

PREGUNTA 1: ¿Cuánto tiempo tiene usted trabajando en proyectos de construcción?

PREGUNTA 2: Con respecto a la gestión del cronograma y mano de obra durante la ejecución de muros anclados, ¿está de acuerdo con el uso de las siguientes herramientas mostradas?

Sección:	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Takt Time Planning					
Planificación Maestra					
Pull planing					
Lookahed Planning					
Análisis de restricciones					
Programación Semanal					
Programación Diario					
Líneas de Balance					

**PREGUNTA 3:** ¿Considera usted que alguna debería eliminarse quizás por no ser muy utilizada? O, por el contrario, con base en su experiencia, ¿considera usted que se debería implementar otra herramienta en esta etapa de planificación?

**PREGUNTA 4:** Pasemos a la siguiente sección, con respecto a la gestión del cronograma y mano de obra durante la ejecución de muros anclados, ¿está de acuerdo con el uso de las siguientes herramientas mostradas para la etapa de control?

<b>Sección: Control</b>	<b>Totalmente en desacuerdo</b>	<b>En desacuerdo</b>	<b>Ni de acuerdo ni en desacuerdo</b>	<b>De acuerdo</b>	<b>Totalmente de acuerdo</b>
<b>Porcentaje de planificación cumplida (PPC)</b>					
<b>Porcentaje de cumplimiento de Restricciones (PCR)</b>					
<b>Causas de No cumplimiento (CNC)</b>					
<b>Nivel General de actividades (NGA)</b>					
<b>Carta Balance</b>					
<b>Reporte de IP</b>					
<b>Schedule Variance</b>					
<b>Schedule Performance Index,</b>					

<b>Earned Schedule</b>					
<b>Visual managment</b>					
<b>A3 Report</b>					

**PREGUNTA 5:** Con base en su experiencia, ¿considera usted que alguna debería eliminarse por no ser muy utilizada o por el contrario debería añadirse alguna otra?



**ANEXO B****TRANSCRIPCIONES DE LAS ENTREVISTAS A EXPERTOS****ENTREVISTADO: EXP 01****ENTREVISTADORES: XIABELLY ARIZA Y LENIN CARLOS**

---

**¿Cuánto tiempo tiene usted trabajando en proyectos de construcción?**

Bueno en el mundo de la construcción, tengo ya 18 años trabajando en todo tipo de proyectos desde proyectos inmobiliarios, centros comerciales, hoteles, plantas industriales y otros rubros.

**Con respecto a la gestión del cronograma y mano de obra durante la ejecución de muros anclados, ¿está de acuerdo con el uso de las siguientes herramientas mostradas para la etapa de planificación?**

Básicamente sí, y se usan bastante en este tema de muro anclado. Como sabes, se debe tener una coordinación casi perfecta en lo que es el tema de excavación, tanto en excavación masiva como en la localizada. Luego, está el tema de la armadura porque al tener una estructura alrededor y tener el terreno expuesto, debes tener bien planificado tus trabajos para que esto no falle, y como tal no puedes dejar sin soporte lo que tienes alrededor.

**¿Entonces, está totalmente de acuerdo con el uso de todas estas herramientas? o, considera usted que alguna debería eliminarse quizás por no ser muy utilizada.**

Bueno, ahí tienes tu planificación maestra, el cual es tu plan general de obra que te da un enfoque a nivel macro y va variando. Luego, tienes el *pull planning* que también es tu día a día, y es básicamente cómo puedes generar un ahorro de tiempo. Esto va de la mano con el *Lookahed*, que tiene ver con tu programación a 3 o 2 semanas, luego se hace la programación semanal y la diaria. También tienes directamente relacionado al análisis restricciones y ya al final tu línea de balances que es tu análisis del porcentaje del plan cumplido. Entonces, después de cada día, deberías ver dónde desperdicias tiempo. Como tal, si te das cuenta todo esta relacionado principalmente a tu *Lookahead*, así que no eliminaría ni una herramienta.

**Con base en su experiencia, ¿considera usted que se debería implementar otra herramienta en esta etapa de planificación?**

No, básicamente son esas. No añadiría más herramientas, ya que muro anclado es un tema bien repetitivo, no puedes obviar tareas y con eso ahorrar tiempo. Tal vez podrías avanzar un poco más, pero todo también depende del espacio que tengas, en síntesis, esas herramientas son suficientes.

**Pasemos a la siguiente sección, con respecto a la gestión del cronograma y mano de obra durante la ejecución de muros anclados, ¿está de acuerdo con el uso de las siguientes herramientas mostradas para la etapa de control?**

Claro, ahí tienes tu porcentaje de plan cumplido que se realiza al final para ver si tu plan funcionó o no funcionó. También tienes porcentaje de cumplimiento de restricciones, en análisis tienes causas de no cumplimiento que sale de tu plan general. Veo ahí carta balance y bueno, eso ya es un análisis ya muy fino, no se suele usar mucho, pero podrías usarla para ver lo que es el desperdicio en horas hombre. Tendrías que colocar a una persona a analizar las actividades contributivas, no contributivas, ver quién hace qué y cuánto tiempo se pierde haciendo cada actividad. Básicamente, ahí tienes que analizarla para ver si con aprendizaje continuo y efectivo puedes ahorrar algo de tiempo. El reporte de IP, tu valor ganado y también tus herramientas visuales creo que simplemente para compilar toda la información. Podrías usar todas en lo que es un tema de análisis y mejora continua, pero la carta Balance no suele ser muy utilizada, porque como te digo vas revisando una actividad específica; por ejemplo, podrías revisar qué hace la excavadora, cuánto tiempo se demora trasladándose, qué pasaría si pongo 2 acabadoras, es poner a una persona a analizar qué hizo todo el día y luego tabular los resultados y ver los desperdicios y plantear mejoras.

**Entonces la carta balance no se usa principalmente por falta de recursos y tiempo, ¿considera usted que debería ser eliminada?**

Como te digo genera todo ese exceso de trabajo en gabinete, así que lo pondría como un como un tema último, como para una mejora que quiero hacer a futuro.

**Por otro lado, ¿considera usted que se debería implementar otra herramienta en esta etapa de control?**

No, porque estás aplicando ya muchas herramientas. En este caso solo tendrías que ponerte a medir y hacer un análisis. Lo que tienes que entender es que en una tarea de esta naturaleza el tiempo es básico, no puedes dejar tareas a medio terminar porque no es óptimo estructuralmente y por un tema de seguridad no es bueno.

**Y dentro de lo que es la ejecución de muros anclados, ¿cuáles han sido los problemas más recurrentes con los que se tiene que lidiar?**

Bueno inicialmente tienes problemas en la fase de excavación, te encuentras con casas o edificios que se han construido y no han respetado ciertos temas o te encuentras con cimentaciones demasiado grandes o muertos de concreto tirados y eso ralentiza el avance de la obra. Luego en la fase de perforación están los temas de latiguo, daños a las estructuras colindantes. En sí temas administrativos y con los vecinos todo dependiendo de tu obra.

**Y con relación a las herramientas mostradas tanto para planificación y control, ¿cuáles cree usted que sean las barreras que impidan su implementación adecuada?**

Actualmente muchas empresas implementan este tipo de herramientas, suelen simplificarlas y a veces las utilizan sin saberlo. Principalmente, usan lo que es el *lookahead* y alguna herramienta visual, incluso algunos las usan sin saber realmente la teoría y por medio de la experiencia se ven obligados a ordenarse de alguna manera. Las empresas grandes bueno ya lo tienen estandarizado, tienen los procesos bien estudiados y formatos listos desarrollados por su área de *Project management*, en el cual el equipo se dedica netamente a hacer seguimiento de sus proyectos desde oficina.

**¿Entonces si se propone el uso de estas herramientas en un proyecto, usted considera que**

**los involucrados están aptos para comprender su uso e realizan su correcta implementación?**

Sí, claro que sí. El personal obrero, el maestro de obra o el capataz te piden ellos mismos cuál es el programa de mañana. No puedes improvisar, tienes que involucrar a todos los actores, no puedes planear individualmente porque las restricciones salen de campo y, quién te la dan esa información es tu gente del campo, en base a eso organizas y capacitas.

**Claro entonces podríamos decir que un factor importante es la coordinación entre todos los involucrados.**

Definitivamente.

**ENTREVISTADO: EXP 02 CARLOS DELGADO**

**ENTREVISTADORES: XIABELLY ARIZA Y LENIN CARLOS**

---

**¿Cuánto tiempo tiene usted trabajando en proyectos de construcción?**

Tengo 16 años de experiencia en proyectos de construcción.

**Con respecto a la gestión del cronograma y mano de obra durante la ejecución de muros anclados, ¿está de acuerdo con el uso de las siguientes herramientas mostradas para la etapa de planificación?**

En general sí, estoy totalmente de acuerdo con todas las que muestras, principalmente plan maestro, *pull planning*, análisis de restricciones y tus programaciones semanal y diaria. Lo que es líneas de balance si te ayudaría muchísimo así que también.

**¿Entonces, está totalmente de acuerdo con el uso de todas estas herramientas? o quizás con base en su experiencia, ¿considera usted que alguna debería eliminarse por no ser muy utilizada o por el contrario debería añadirse alguna otra?**

De todas ellas no se usa tanto el *takt time planning* en lo que es muro anclado así que podría ponerse al final. Luego podrían incluir lo que es el diseño de planta, el diagrama de muther y

el diagrama analítico de procesos porque lo que buscas es mejorar la gestión de mano de obra mejor dicho mejorar la eficiencia. Entonces, para mejorar la eficiencia tiene que mejorar el proceso, y el proceso tiene planta y trabajo, el trabajo lo tienes a través de las secuencias de los pasos del flujo de trabajo que hay que hacer. Todo esto se refleja finalmente en un tren de trabajo, un *lookahead*, una programación semanal, etc. También, es necesario tener un análisis de planta productiva, a esto les va a ayudar mucho el diagrama de muther. Básicamente, les va permitir ver o correlacionar la disposición física de la planta, aunque puedes hacerlo también con un criterio general, y la idea es minimizar los movimientos innecesarios. El tener una eficiente disposición de planta, almacenes temporales y demás va a hacer que no pierdas tiempo en transportes; por el contrario, empleas más el tiempo en procesar. Otra técnica que te puede ayudar muchísimo es el Poka-yoke, esto es para no tener que realizar tantas verificaciones en entre medio y hacer el proceso más fluido. En sí yo le agregaría básicamente esas 2.

**Pasemos a la siguiente sección, con respecto a la gestión del cronograma y mano de obra durante la ejecución de muros anclados, ¿está de acuerdo con el uso de las siguientes herramientas mostradas para la etapa de control?**

Definitivamente aplicaría el PPC, PCR y las causas de no cumplimiento. Luego también está el NGA y bueno la carta balance no es muy usual, pero si es necesario, al igual que el reporte de IP. En el caso de tus indicadores de valor ganado, pues creo que lo aplicaría más como una formalidad. Con respecto al *visual managment*, que es básicamente tener todo lo anterior en cuadros y gráficos, sí en definitiva. Y finalmente, tu A3 para entender la situación actual y las mejoras de aprendizaje.

**Con base en su experiencia, ¿considera usted que alguna debería eliminarse por no ser muy utilizada o por el contrario debería añadirse alguna otra?**

Eliminar como tal no, lo que sí te estaría faltando es el nivel de cumplimiento de las acciones

derivadas del análisis de restricciones, tu ya tienes las causas de no cumplimiento estas son las causas, okey, luego qué se hace con eso. Entonces lo que necesitas es hacer seguimiento a esa gestión. También ya tienes el reporte de IP o sea estás monitoreando la productividad, pero no están monitoreando los inventarios. Entonces, deberías tener medido la cantidad de trabajo en proceso, lo que es el *work in progress*, eso también incluiría.

### **¿Actualmente las empresas usan estas herramientas de planificación y control?**

Muy pocas empresas lo hacen. Por ejemplo, el PPC lo utilizan, pero no todos lo entienden, porque lo usan más como avance y no tanto como confiabilidad de plan. Luego el PCR igual muy poco usado, las causas de no cumplimiento las reportan, pero no hacen nada con ellas; después, el nivel general de actividad es una cosa que la usan más o menos frecuentemente pero no le sacan mucho provecho. La carta Balance la hacen muy poco en verdad, el reporte de IP la hace todo el mundo y bueno las últimas herramientas de control también algunas las hacen y otras no.

Luego para las herramientas de planificación, el takt time planning lo hacen muy pocos; luego lo que es lean la mayoría lo hace, pero no funciona como debería y la calidad es variable. En particular en lo que es programación semanal, diaria y las líneas balance su uso se reduce a 1/3 del mercado.

### **En ese caso, ¿cuáles cree usted que sean las barreras que impidan su implementación adecuada?**

Principalmente, desconocimiento del propósito de las herramientas. Las herramientas tienen un propósito y el propósito no es quedar bien sino entender el para qué. Muchas empresas simplemente las usan para reportarlas a la central porque así lo piden, pero no entienden cómo les ayuda eso en su trabajo. El entender el propósito de las cosas y buscar qué hacer para mejorar el flujo de producción, la confiabilidad, la eficiencia, etc. es algo que creo que hay que difundirlo y hacerlo entender mejor. Una vez que se tenga esa sensibilidad, la gente va a

empezar a utilizar estas herramientas con un propósito distinto, no solo de reportar sino con el propósito de mejorar.

**Y dentro de lo que es la ejecución de muros anclados, ¿cuáles han sido los problemas que causan mayor impacto?**

En general, yo diría que la falta de alineamiento en cuanto a la estrategia. Tienes 3 frentes: movimiento de tierras masivo, la pilotera para perforaciones y la obra civil. Todas estas tienen ritmos diferentes, objetivos diferentes y no hay una coordinación entre el ritmo de eliminación; por ejemplo, del movimiento de tierras con el ritmo de construcción de la de la obra civil. Entonces una descoordinación en el ritmo necesario es fatal, a veces uno quiere correr y corre ese día, pero se atora 2 semanas después entonces ese es el principal problema en lo que es muros anclados. Otro problema común en cuanto a procesamiento, sería la forma de encofrar, ya que en función al método se va a requerir la intervención intermedia de maquinaria. Esa alternancia entre máquinas y personas, por un tema de seguridad, no pueden estar al mismo tiempo trabajando y eso te genera paradas en el proceso entonces ahí sus ventajas y desventajas. Finalmente, esta también la no organización de la planta de trabajo, esto debido a que los almacenes temporales cambian todos los días y si no son planeados se colocan en cualquier lugar, lo cual incertidumbre y muchísimo desperdicio en cuanto a transportes, esperas y demás.

**ENTREVISTADO: EXP 03**

**ENTREVISTADORES: XIABELLY ARIZA Y LENIN CARLOS**

---

**¿Cuánto tiempo tiene usted trabajando en proyectos de construcción?**

Llevo 16 años ya en construcción, haciendo viviendas familiares y, en general, edificaciones de diversos tipos. En particular, me encuentro construyendo la nueva terminal de Jorge Chávez.

**Con respecto a la gestión del cronograma y mano de obra durante la ejecución de muros anclados, ¿está de acuerdo con el uso de las siguientes herramientas mostradas para la etapa de planificación?**

A ver, planificación maestra, *pull planning*, *lookahead*, programación semanal y diaria y líneas de balance, estoy totalmente de acuerdo con el uso de todas ellas. No he escuchado mucho del *takt time planning* pero lo añadiría al final.

**¿Considera usted que alguna debería eliminarse quizás por no ser muy utilizada? O por el contrario, con base en su experiencia, ¿considera usted que se debería implementar otra herramienta en esta etapa de planificación?**

Dejaría todas estas herramientas, principalmente lo que es el *lookahead*, las restricciones y programaciones. En sí, todas esas herramientas lo aplico al 100% en los proyectos en los cuales me encuentro. Lo que podría incrementar ya sería control de rendimientos tanto de mano de obra como de material y de equipos para poder reordenar todo. Es muy importante planificar, pero con recursos, y los recursos no son infinitos. No basta con poner cuadrillas sin analizar la actividad en sí. Lo que indican es el gran inicio y de ahí lo que falta es el control que de repente por eso que no aparece en la planificación, pero ya se debería de concebir qué rendimiento vas a tener, entonces siempre bueno ya meterlo desde el comienzo. También tienes que planear tu curva de personal para poder completar un planteamiento correcto o completo más bien.

**Pasemos a la siguiente sección, con respecto a la gestión del cronograma y mano de obra durante la ejecución de muros anclados, ¿está de acuerdo con el uso de las siguientes herramientas mostradas para la etapa de control?**

El PPC, causas de no cumplimiento definitivamente. El nivel general de actividad muy importante para poder determinar dónde están las actividades más productivas, la carta balance y el reporte de IP también. Esos términos del PMI no los conozco muy bien o bueno no los suelo aplicar.

**Principalmente, se usan como indicadores de desempeño en lo referente al cronograma todo dentro del tema de valor ganado.**

Okey. Bueno en general en las herramientas de control estoy totalmente de acuerdo. Lo que es

el *visual management* y el *A3 report* también te ayuda a conocer la macro. Y justo ahí tocan el tema del reporte IP, eso te indica si lo que planeaste realmente lo estás haciendo con los recursos que planeaste. Es por eso que yo les decía que eso también debía ser considerado a un inicio porque claro a estas alturas del partido puedes estar en el plazo, pero estas perdiendo dinero.

**Con base en su experiencia, ¿considera usted que alguna debería eliminarse por no ser muy utilizada o por el contrario debería añadirse alguna otra?**

Como te digo todas las herramientas que yo veo acá las veo correctas, solamente te repito en la planificación le sumaría que muchas cosas ya deben de el hacer con esta concepción de los rendimientos. Y bueno, en esta etapa de control particularmente no uso las de valor ganado, así que no puedo decir que no sean necesarias, pero con los otros reportes me ha funcionado bastante bien y si tuviera que sacrificar de repente sacrificaría esas 3. Como te menciono, va un poco enfocado a que no las he utilizado y; por ende, serían las únicas que quizás prescindiría porque utilizando las otras sé que puedo llegar a un control correcto. Luego añadiría lo que es la curva S porque tu gente puede estar trabajando dentro de los rendimientos esperados y por ende estás en el coste esperado, pero si no estás cumpliendo con el avance necesario, simplemente, estás generando un retraso que de repente no te das cuenta.

**Tenemos entendido que la carta balance suele no ser muy utilizada, ¿tiene alguna opinión al respecto?**

Lo que sucede es que en todos los proyectos tú tienes una cantidad de recursos asignados, entonces hacer las cartas Balance y los niveles generales de actividad, lamentablemente, requiere de recursos. Muchas empresas dicen no disponer de ese recurso; es decir, poner un ingeniero a hacer esos controles, pues consideran que les un gasto. Yo creo que lo están enfocando mal, te cuento, acabo de hacer un nivel general de actividad la semana pasada y he determinado que todos mis obreros en vez de salir a almorzar a las 12 salen a almorzar 15

minutos antes. Esos 15 minutos multiplicado por 2000 trabajadores representan una gran cantidad de costo de tu mano de obra y en sí, representan como 500 horas que regalo y a 7 USD significa que estamos hablando de 3500 USD diarios que tú gastas y no lo utilizas. Entonces al final un ingeniero cuesta menos que el monto diario perdido, lo cual se podría evitar haciendo un correcto control. Tanto el NGA como la Carta Balance pueden generar ahorros, que se ven finalmente compensados en demasía contra el gasto que vas a hacer para poder llevar un correcto control y sí, efectivamente, la gran mayoría de las empresas pequeñas no utilizan esto.

**Entonces, ¿actualmente solo las grandes empresas usan estas herramientas de planificación y control? ¿cuáles cree usted que sean las barreras que impidan su implementación?**

Las empresas grandes buscan la optimización de recursos, la eficiencia y todo lo que estamos viendo desde la planificación hasta control, y aplican herramientas enfocados en la optimización de los procesos, los costos y el plazo. Su objetivo principal es garantizar el éxito del proyecto y asegura la calidad y la seguridad. En lo que son las barreras, básicamente es que se tiene un enfoque diferente, y este obedece un poco a cómo se construye en el Perú a diferencia de otros países. Por ejemplo, el tema del proceso de subcontratación, puede darse el caso que simplemente subcontrato un servicio sin importar si esta persona optimiza o no sus recursos porque eso no me afecta al final. Pero esto es un enfoque erróneo porque cuando tu contratista pierde plata, y pasa mucho con las empresas pequeñas, puede llegar a retirarse del proyecto y eso te va a generar un atraso que lamentablemente hasta que contrates otra persona y lo traigas este va a ser muy difícil de recuperar. Finalmente, todo es un ganar ganar utilizar estas herramientas no debería tener ningún tipo de impedimento sea el motivo que fuese. Las generaciones han ido cambiando y han llegado estas nuevas mejoras y herramientas más modernas, como también está el BIM, el VDC y demás que te dan inclusive mayor valor agregado.

**ENTREVISTADO: EXP 04**

**ENTREVISTADORES: LENIN CARLOS Y XIABELLY ARIZA**

---

**¿Cuánto tiempo tiene usted trabajando en proyectos de construcción?**

Tengo 15 años de experiencia en proyectos de construcción.

**Con respecto a la gestión del cronograma y mano de obra durante la ejecución de muros anclados, ¿está de acuerdo con el uso de las siguientes herramientas mostradas para la etapa de planificación?**

A ver, planificación maestra, lookahead planning, análisis de restricciones, programación semanal y programación diaria, estoy totalmente de acuerdo con el uso de todas ellas. Dichas herramientas las utilizo hoy en día mucho en mi centro laboral. Además, las empleo como un conjunto de estrategias que me permiten cumplir con los plazos establecidos.

**¿Considera usted que alguna debería eliminarse quizás por no ser muy utilizada? O por el contrario, con base en su experiencia, ¿considera usted que se debería implementar otra herramienta en esta etapa de planificación?**

Desde mi punto de vista, eliminaría el takt time planning, pull planning y las líneas de balance ya que tengo desconocimiento de dichas herramientas en mi ámbito laboral. Con respecto a la siguiente pregunta, yo no agregaría más herramientas ya que ustedes ya cuentan con herramientas efectivas y fáciles de manejar.

**Pasemos a la siguiente sección, con respecto a la gestión del cronograma y mano de obra durante la ejecución de muros anclados, ¿está de acuerdo con el uso de las siguientes herramientas mostradas para la etapa de control?**

A ver, porcentaje de planificación cumplida, porcentaje de cumplimiento de restricciones, causas de no cumplimiento y el reporte de índice de productividad, estoy totalmente de acuerdo con el uso de todas ellas. Dichas herramientas las utilizo hoy en día mucho en mi centro laboral.

**Con base en su experiencia, ¿considera usted que alguna debería eliminarse por no ser**

**muy utilizada o por el contrario debería añadirse alguna otra?**

Desde mi punto de vista, eliminaría nivel general de actividades, carta balance, schedule variance, schedule performance index, earned schedule, visual managment y el a3 report. Los principales motivos para eliminar dichas herramientas son por desuso, desconocimiento y porque empleo otros métodos para poder mostrar mi trabajo. Con respecto a la siguiente pregunta, yo no agregaría más herramientas ya que ustedes ya cuentan con herramientas efectivas y fáciles de manejar.

**Entonces, ¿actualmente solo las grandes empresas usan estas herramientas de planificación y control? ¿cuáles cree usted que sean las barreras que impidan su implementación?**

Las empresas, hoy en día, utilizan dichas herramientas planteadas en las presentaciones y además cuentan con formatos que te indican como hacerlos. Toda empresa busca cumplir con su trabajo de inicio a fin y es por ello que utiliza dichas herramientas, trabajando con el personal calificado para realizar una adecuada planificación y control de obra afín de garantizar economía y rentabilidad. Con respecto a la siguiente pregunta, las barreras a destacar serían el desconocimiento de las herramientas, falta de experiencia al usarlas y la actitud del ingeniero en mostrar empatía con los demás.

**ENTREVISTADO: EXP 05**

**ENTREVISTADORES: LENIN CARLOS Y XIABELLY ARIZA**

---

**¿Cuánto tiempo tiene usted trabajando en proyectos de construcción?**

Tengo 15 años de experiencia en proyectos de construcción.

**Con respecto a la gestión del cronograma y mano de obra durante la ejecución de muros anclados, ¿está de acuerdo con el uso de las siguientes herramientas mostradas para la**

**etapa de planificación?**

A ver, planificación maestra, pull planning, lookahed planning, programación semanal, programación diaria y análisis de restricciones, estoy totalmente de acuerdo con el uso de todas ellas. Dichas herramientas las utilizo hoy en día mucho en mi centro laboral.

**¿Considera usted que alguna debería eliminarse quizás por no ser muy utilizada? O por el contrario, con base en su experiencia, ¿considera usted que se debería implementar otra herramienta en esta etapa de planificación?**

Desde mi punto de vista, eliminaría el takt time planning y las líneas de balance ya que no empleo mucho estas herramientas en la etapa de muros anclados. Con respecto a la siguiente pregunta, yo agregaría la herramienta de programaciones gráficas ya que son de fácil entendimiento para los trabajadores.

**Pasemos a la siguiente sección, con respecto a la gestión del cronograma y mano de obra durante la ejecución de muros anclados, ¿está de acuerdo con el uso de las siguientes herramientas mostradas para la etapa de control?**

A ver, porcentaje de planificación cumplida, porcentaje de cumplimiento de restricciones, causas de no cumplimiento y el reporte de índice de productividad, estoy totalmente de acuerdo con el uso de todas ellas. Dichas herramientas las utilizo hoy en día mucho en mi centro laboral.

**Con base en su experiencia, ¿considera usted que alguna debería eliminarse por no ser muy utilizada o por el contrario debería añadirse alguna otra?**

Desde mi punto de vista, eliminaría nivel general de actividades, carta balance, schedule variance, schedule performance index, earned schedule, visual managment y el a3 report. Los principales motivos para eliminar dichas herramientas son por desuso y desconocimiento. Con respecto a la siguiente pregunta, yo agregaría las reuniones de obra con la finalidad de poder juntar a todos los involucrados del proyecto para poder tomar acuerdos.

**Entonces, ¿actualmente solo las grandes empresas usan estas herramientas de**

**planificación y control? ¿cuáles cree usted que sean las barreras que impidan su implementación?**

Hoy en día, las empresas importantes utilizan dichas herramientas para poder tener una mejor visión de la obra y así poder estar al pendiente de todas las actividades. Al aplicar las herramientas, tanto para la planificación como el control, se busca ser más productivo para reflejar una mejor utilidad de la obra. Con respecto a la siguiente pregunta, las barreras a destacar serían el desconocimiento de las herramientas y la falta de experiencia al aplicarlas.



## ANEXO C

## RESULTADOS DE ENTREVISTA A EXPERTOS

## Respuesta Exp.01

Sección	Herramientas	Totalmente En desacuerdo Totalmente De acuerdo de acuerdo
Planificación	Takt Time Planning Planificación Maestra Pull planing Lookahed Planning Análisis de restricciones Programación Semanal Programación Diario Líneas de Balance	X       X
Control	Porcentaje de planificación cumplida (PPC) Porcentaje de cumplimiento de Restricciones (PCR) Causas de No cumplimiento (CNC) Nivel General de actividades (NGA) Carta Balance	   X   X  X  X

Reporte de IP	X
Schedule Variance	X
Schedule Performance Index,	X
Earned Schedule	X
Visual managment	X
A3 Report	X

### Respuesta Exp.02

Sección	Herramientas	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Planificación	Takt Time Planning			X		
	Planificación Maestra					X
	Pull planing					X
	Lookahed Planning					X
	Análisis de restricciones					X
	Programación Semanal					X
	Programación Diario					X
	Líneas de Balance					X
Control	Porcentaje de planificación cumplida (PPC)					X
	Porcentaje de cumplimiento					X

de Restricciones (PCR)			
Causas de No cumplimiento (CNC)			X
Nivel General de actividades (NGA)		X	
Carta Balance		X	
Reporte de IP		X	
Schedule Variance	X		
Schedule Performance Index,	X		
Earned Schedule	X		
Visual managment			X
A3 Report			X

### Respuesta Exp.03

Sección	Herramientas	Totalmente		Ni de	
		En	desacuerdo	acuerdo	ni De
		en	en	acuerdo	Totalmente
		desacuerdo	desacuerdo	de acuerdo	de acuerdo
Planificación	Takt Time Planning			X	
	Planificación Maestra				X
	Pull planing				X
	Lookahed Planning				X
	Análisis de restricciones				X

	Programación Semanal		X
	Programación Diario		X
	Líneas de Balance		X
Control	Porcentaje de planificación cumplida (PPC)		X
	Porcentaje de cumplimiento de Restricciones (PCR)		X
	Causas de No cumplimiento (CNC)		X
	Nivel General de actividades (NGA)		X
	Carta Balance	X	
	Reporte de IP		X
	Schedule Variance	X	
	Schedule Performance Index,	X	
	Earned Schedule	X	
	Visual managment		X
	A3 Report		X

#### Respuesta Exp.04

Sección	Herramientas	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni acuerdo en	de acuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
---------	--------------	--------------------------	---------------	---------------	------------	------------	-----------------------

		desacuerdo	
Planificación	Takt Time Planning	x	
	Planificación Maestra		x
	Pull planing	x	
	Lookahed Planning		x
	Análisis de restricciones		x
	Programación Semanal		x
	Programación Diario		x
	Líneas de Balance	x	
Control	Porcentaje de planificación cumplida (PPC)		X
	Porcentaje de cumplimiento de Restricciones (PCR)		X
	Causas de No cumplimiento (CNC)		X
	Nivel General de actividades (NGA)	X	
	Carta Balance	X	
	Reporte de IP		X
	Schedule Variance	X	
	Schedule Performance Index,	X	
	Earned Schedule	X	

	Visual managment	X
	A3 Report	X

### Respuesta Exp.05

Sección	Herramientas	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni acuerdo en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Planificación	Takt Time Planning	X				
	Planificación Maestra					X
	Pull planing					X
	Lookahed Planning					X
	Análisis de restricciones					X
	Programación Semanal					X
	Programación Diario					X
	Líneas de Balance	X				
Control	Porcentaje de planificación cumplida (PPC)					X
	Porcentaje de cumplimiento de Restricciones (PCR)					X
	Causas de No cumplimiento (CNC)					X
	Nivel General de actividades (NGA)	X				

Carta Balance	X	
Reporte de IP		X
Schedule Variance	X	
Schedule Performance Index,	X	
Earned Schedule	X	
Visual managment	X	
A3 Report	X	



## ANEXO D

## FORMATO DE ENTREVISTA AL STAFF DE OBRA

<b>Nombre:</b>	
<b>Cargo:</b>	

**EJECUCIÓN DE MUROS ANCLADOS**

**Para cada herramienta mostrada responde:**

¿Utiliza esta herramienta en la planificación de la ejecución de muros anclados?
¿Cómo y cuándo lo aplica?
¿Con qué frecuencia logra cumplir con esta herramienta?
¿Quiénes participan para desarrollar este proceso?

**Planificación en obra:**

<b>SECCION: PLANIFICACIÓN</b>	<b>Uso</b>	<b>Cómo/Cuando</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Participantes</b>
Takt Time Planning				
Planificación Maestra				
Pull planing				
Lookahed Planning				
Análisis de restricciones				
Programación Semanal				
Programación Diario				
Líneas de Balance				

**Control en obra:**

<b>SECCIÓN: CONTROL</b>	<b>Uso</b>	<b>Cómo/Cuando</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Participantes</b>
Porcentaje de planificación				

cumplida (PPC)				
Porcentaje de cumplimiento de Restricciones (PCR)				
Causas de No cumplimiento (CNC)				
Nivel General de actividades (NGA)				
Carta Balance				
Reporte de IP				
Schedule Variance				
Schedule Performance Index,				
Earned Schedule				
Visual managment				
A3 Report				

**ANEXO E****TRANSCRIPCIONES DE LAS ENTREVISTAS A STAFF DE OBRA****ENTREVISTADO: INGENIERO RESIDENTE – CASO DE ESTUDIO 1****ENTREVISTADORES: XIABELLY ARIZA Y LENIN CARLOS**

---

**En la presente obra de estudio, ¿usan el “*takt time planning*” como herramienta de planificación de la ejecución de muros anclados?**

No, principalmente por políticas de nuestra empresa. En sí, tenemos establecido el uso de determinadas herramientas que nos proporcionan los resultados que queremos.

**¿Está incluido en esa lista de herramientas el Plan Maestro para la etapa planificación?**

Sí, se cuenta con un plan maestro, representado en un diagrama de Gantt, el cual se desarrolla en un Excel, aunque también tienes otros programas para hacerlo como el MS Project.

**¿Cómo es el proceso de elaboración de esta herramienta?**

Bueno, se elabora en la fase previa a la ejecución del proyecto. Se hace uso de datos de obras pasadas y de la experiencia en sí, para estimar un cronograma de planificación.

**¿Se logra cumplir con esta herramienta?**

El plan maestro es el punto de partida para hacer el “*lookahead*”; por ello, se revisa constantemente semana a semana. Mira, primero, en el área de proyectos se realiza la elaboración del presupuesto y determinación del plazo para la presentación de oferta al cliente que en nuestro caso es la inmobiliaria Paz Centenario. Luego, en base a ese estimado el Ingeniero de producción lo detalla mucho más y con eso ya se tendría una planificación detallada interna. Ese plan ya se revisa y sirve como base para otras herramientas.

**Se entiende el pull planning como una programación colaborativa en la que todos los involucrados interactúan. ¿Utilizan esta herramienta de planificación en la presente**

**obra?**

Sí, en este caso se tiene la participación del jefe de proyectos, el jefe de producción y de campo. Luego de establecer ya nuestra programación se tienen reuniones 2 veces por semana con el jefe de proyectos, ahí revisamos el avance y especificaciones. A parte de eso, me reúno a diario con el ingeniero de campo, los capataces y el maestro de obra para realizar modificaciones, coordinaciones y revisar nuestro “*lookahead*”

**Menciona el uso de la herramienta lookahead o planificación a mediano plazo ¿Cómo aplica esta herramienta?**

Se parte inicialmente como te comenté del plan maestro, de ahí realizas tu primera programación a 4 semanas. En esta herramienta se detalla mucho más las partidas que se colocaron en el plan maestro, se desglosa cada una en actividades y se establece la programación de inicio de obra. Esto principalmente se realiza para poder acondicionar tanto el espacio como los recursos de manera que la ejecución de la obra comience satisfactoriamente. Ahora semana a semana se revisa el cumplimiento de esta programación, ahí entra tu jefe de producción y de campo, se realiza una revisión en conjunto y se proponen las modificaciones de ser necesario. Luego, como ingeniero residente apruebo su implementación y superviso.

**Con respecto al análisis de restricciones, ¿cuál es el proceso de aplicación de esta herramienta?**

Sí aplicamos esta herramienta. En realidad, todo va de la mano, luego de tener tu *lookahead*, tienes que realizar un pronóstico de cuales podrían ser las restricciones existentes, se analiza y al finalizar la semana y se actualiza. Es importante identificar antes para no tener problemas a la hora de realizar las actividades, asimismo, resolverlas en determinados plazos para avanzar sin contratiempos.

**¿Entonces, esto se relacionaría también con lo que ya sería la programación semanal y**

**diaria?**

Definitivamente. Mira, en nuestro caso, se realizan reuniones semanales para planificar las actividades, esto en conjunto con el jefe de producción y campo. También es importante que el jefe de campo tenga mucha comunicación con los capataces y el maestro de obra porque son ellos quienes nos brindan la información que necesitamos para planificar y resolver los inconvenientes que se presentaron. Ya luego de tener una planificación establecida y aprobada, se comparte el cronograma con todos los involucrados. Es muy importante estar en actualización y revisión constante, en nuestro caso semanal, porque siempre va haber variaciones o cosas que no se llegaron a ejecutar que tienen que ser reprogramadas.

**Finalmente, como ultima herramienta de planificación, ¿hacen uso de las líneas balance?**

No se ha aplicado. Principalmente, porque para esta obra no se han asignado recursos para aplicar herramientas lean un poco más elaboradas, lo que son tus líneas o cartas balance, tu nivel general de actividades. Este tipo de herramientas requiere a alguien que se encargue minuto a minuto de monitorizar el desempeño. Y bueno en nuestro caso, contamos con una serie de herramientas que estamos usando y que nos funcionan para el área de obra que tenemos que no es muy grande. No minimizo el aporte de otras herramientas, ya que son de gran ayuda siempre y cuando se realicen de manera adecuada.

**Antes de pasar a la siguiente sección podría comentarnos ¿por qué considera importante planificar?**

Es muy importante, porque en caso contrario irías a ciegas. No tendrías idea de cómo avanzar, ni cómo destinar tus recursos materiales y tu mano de obra. Claro está que no se cumplan con los plazos ni los costos que se pactaron, y con ello, el proyecto no tenga éxito.

**En la sección de control tenemos como primera herramienta el porcentaje de planificación cumplida, ¿cómo y cuándo aplican esta herramienta?**

Sí, lo usamos semana a semana, con esto verificamos que tanto de lo que se planificó para esa

semana se cumplió. Lo realiza el jefe de producción y ya lo evaluamos, en general es muy difícil que obtengas el 100% de cumplimiento.

De la mano, se tiene lo que sería el porcentaje de cumplimiento de restricciones, ¿Qué nos podría comentar al respecto?

De manera análoga, se evalúa el levantamiento de las restricciones existentes. Principalmente, aplicamos las herramientas de control semanalmente. Con ello, vamos haciendo estadísticas para ver el avance de la obra y su desempeño. Iría de la mano ahí, con la identificación de las causas de no cumplimiento, ahí cuantificamos y luego planteamos mejoras.

**Comentó que, el nivel general de actividades y carta balance no se realizan ¿ Algún comentario adicional?**

Debido al tamaño del proyecto, no se designó el recurso necesario para realizarlas. Sin embargo, considero que estas herramientas son útiles, te ayuda a darte cuenta cuanto trabajo productivo se está haciendo, qué porcentaje contributorio y no contributorio tienen las cuadrillas. Esto básicamente para ver si tu personal es el adecuado o en todo caso se requiere de redimensionamiento. En esta etapa de muro anclado, al tener pocas cuadrillas y estar todos expuestos, normalmente están todos al alcance de tu mirada. Si quizás será necesario ya implementarlo en etapas posteriores como acabados.

**En el caso de los informes de productividad ¿Cómo utilizan esta herramienta?**

En verdad, se realiza de manera interna para medir el desempeño, pero en nuestro caso nos centramos en cumplir con las primeras herramientas. Generalmente en empresas grandes se cuenta con toda un área de producción encargado de aplicar diversas herramientas, pero para este caso se trabaja solo con las que te mencione de manera continua y cíclica.

**Finalmente, se tiene el *visual managment* y el *A3 Report* como herramientas visuales, ¿utilizan estas herramientas?**

No como tal, primero contamos con los planos y de ahí esquemas de los cronogramas. Toda la

información se imprime en su formato original ya sea de Autocad o Excels y se usan como base para realizar especificaciones y aclaraciones. Principalmente, se debe a que no tenemos un formato de presentación listo, pero con lo que tenemos hemos conseguido transmitir los objetivos de manera clara y avanzar según lo establecido.

**Para finalizar, ¿por qué considera importante realizar el control en obra?**

Es importante hacer el control para saber cómo está avanzando la obra, si estás dentro del plan y del presupuesto, En sí, básicamente, para saber si estas cumpliendo con los objetivos de tu proyecto. También para ello, el uso de herramientas tecnológicas resulta de mucha utilidad.

**ENTREVISTADO: INGENIERO DE PRODUCCION– CASO DE ESTUDIO 1**

**ENTREVISTADORES: XIABELLY ARIZA Y LENIN CARLOS**

---

**Sección 1:**

En la entrevista se realizará la validación del proceso de planificación que se realiza en la obra en estudio.

**Takt Time Planning**

A: ¿Utiliza esta herramienta en la planificación de la ejecución de muros anclados?

B: No lo utilizo en la etapa de muros anclados.

A: ¿Cuál es el motivo por el cual no lo utiliza?

B: Primero tenemos una planificación macro, pero pasan muchas cosas en obra que no te dejan avanzar de acuerdo a lo planificado en temas como excavación, eliminación, tensado o perforación en un proyecto.

**Planificación Maestra**

A: ¿Utiliza esta herramienta en la planificación de la ejecución de muros anclados?

B: Si lo utilizo.

A: ¿Cómo y cuándo lo aplica?

B: La planificación maestra lo aplica desde que nosotros tenemos el primer contacto con el

gerente, se cuenta con un cronograma macro que básicamente necesito nombrar al cliente luego de eso nosotros debemos saber una planificación maestra del cual nosotros tenemos hitos o metas a nosotros como empresa.

A: ¿Con qué frecuencia logra cumplir con esta herramienta?

B: La herramienta se cumple con todos los proyectos que tenemos con nuestros clientes siempre manejamos una planificación maestra.

A: ¿Quiénes participan para desarrollar este proceso?

B: Para la elaboración de la planificación maestra participa el ingeniero residente, el jefe de proyectos y el ingeniero de producción.

### **Pull Planning**

A: ¿Utiliza esta herramienta en la planificación de la ejecución de muros anclados?

B: No lo utilizo en la etapa de muros anclados.

A: ¿Cuál es el motivo por el cual no lo utiliza?

B: Porque solo son tres partidas (concreto, acero, encofrado) que se pueden manejar. El pull planning básicamente es más para tema de casco y primordialmente para el tema de acabados secos y húmedos.

### **Lookahead Planning**

A: ¿Utiliza esta herramienta en la planificación de la ejecución de muros anclados? ¿Cómo y cuándo lo aplica?

B: Si correcto siempre utilizamos el lookahead planning de cuatro a seis semanas. En este caso, lo estoy manejando de cuatro semanas en este proyecto, con esto me ayuda a ver el tema de mi análisis de restricciones o que es lo que tengo que pedir como materiales, en otras palabras, adelantarme a la jugada. Obviamente el lookahead planning nace de la planificación maestra.

A: ¿Con qué frecuencia logra cumplir con esta herramienta?

B: Nosotros tenemos como meta cumplir con un 90-100 % cada semana. Nosotros tenemos

una programación semanal que a veces durante el día no se cumple, pero la meta es que el día sábado podamos cumplir todo durante la semana. Van a ver días donde se realice más o menos, pero la idea es que nuestro porcentaje de plan cumplido sea del 90-100%.

A: ¿Quiénes participan para desarrollar este proceso?

B: Para la elaboración del lookahead planning participa el ingeniero residente y el ingeniero de producción. Muy raras veces participa el jefe de proyectos.

### **Análisis de restricciones**

A: ¿Utiliza esta herramienta en la planificación de la ejecución de muros anclados? ¿Cómo y cuándo lo aplica?

B: Si lo utilizamos. En el formato del lookahead planning se tiene que identificar las restricciones porque si tu no miras todo entonces tu planificación no se podrá cumplir al 100 % es por ello que es necesario mapear las restricciones como materiales, equipos, mano de obra, contratos, etc.

A: ¿Con qué frecuencia logra cumplir con esta herramienta?

B: Cada semana. Si tu presentas tu lookahead debes tener en cuenta también tu análisis de restricciones sino no estas analizando nada y solo estas planificando sin saber más adelante a que te enfrentas.

A: ¿Quiénes participan para desarrollar este proceso?

B: Para la elaboración del análisis de restricciones participa el ingeniero residente y el ingeniero de producción.

### **Programación semanal**

A: ¿Utiliza esta herramienta en la planificación de la ejecución de muros anclados? ¿Cómo y cuándo lo aplica?

B: Si lo utilizamos. Si tu realizas tu lookahead planning sale de ahí la programación semanal, la cual te sirve como una visión de ejecución de lo que vas hacer en la semana.

A: ¿Con qué frecuencia logra cumplir con esta herramienta?

B: Bueno cada semana se busca cumplir con el 90-100%, lo cual una empresa constructora debe apuntar como meta.

A: ¿Quiénes participan para desarrollar este proceso?

B: Para la elaboración de la programación semanal participa el ingeniero residente, el ingeniero de producción, el área de seguridad y el área de calidad. Estos dos últimos son importantes para poder detectar las restricciones de la semana ya que si no ocurre eso no vas a poder producir nada de acuerdo a lo planificado.

### **Programación diaria**

A: ¿Utiliza esta herramienta en la planificación de la ejecución de muros anclados? ¿Cómo y cuándo lo aplica?

B: Si lo utilizamos. Cada día se le pasa a cada capataz y al maestro de obra un pequeño bosquejo de dibujo sobre el plano de muros anclados de las actividades que se van hacer al día siguiente. Ahí mismo se maneja las entregas horarias (acero, encofrado, vaciado) que las cuadrillas deben cumplir.

A: ¿Con qué frecuencia logra cumplir con esta herramienta?

B: Es relativo ya que durante el día pueden surgir varios inconvenientes que te impiden a cumplir tu meta diaria. Todo ese porcentaje diario que no logras cumplir durante el día la puedes revertir durante la semana.

A: ¿Quiénes participan para desarrollar este proceso?

B: Para la elaboración de la programación diaria participa el ingeniero de producción, el maestro de obra y los capataces.

### **Líneas de balance**

A: ¿Utiliza esta herramienta en la planificación de la ejecución de muros anclados?

B: No lo utilizo en la etapa de muros anclados.

A: ¿Cuál es el motivo por el cual no lo utiliza?

B: Porque las partidas analizadas son muy simples en la etapa de muros anclados (acero, encofrado, vaciado) y en consecuencia gastarías horas hombre en hacer esta actividad. Lo recomendable es aplicarlo en la etapa de casco y acabados.

**Preguntas adicionales:**

A: ¿Utiliza alguna otra herramienta de planificación en la etapa de muros anclados?

B: Utilizamos las entregas horarias porque yo mapeo las horas donde ellos están trabajando a fin de verificar la entrega. Así mismo, manejo de forma gráfica con la finalidad de que los trabajadores entiendan. Pongo el plano de muros en planta y las elevaciones y voy pintando lo que ya se vació y lo que se tiene que vaciar en los días próximos.

A: ¿Por qué es importante realizar la planificación en obra?

B: Porque tu como constructora buscas que tu utilidad sea mayor. Entonces como tu cuidas mucho tu utilidad tú tienes que planificar bien. De una buena planificación sale el poder cumplir los hitos, de quedar bien en costo, tiempo, etc. Se le muestra un cronograma meta al cliente, pero internamente como constructora se puede acabar el proyecto meses antes. Si no haces una planificación no vas a tener una meta que cumplir.

**Sección 2:**

En la entrevista se realizará la validación del proceso de control que se realiza en la obra en estudio.

**Porcentaje de Planificación Cumplida**

A: ¿Utiliza esta herramienta en el control de la ejecución de muros anclados? ¿Cómo y cuándo lo aplica?

B: Si lo utilizamos. El porcentaje de planificación cumplida lo hacemos de manera semanal. Hacemos una comparación entre lo planificado de la semana con respecto a lo que se cumplió realmente.

A: ¿Con qué frecuencia logra cumplir con esta herramienta?

B: Los porcentajes deberían estar entre un 90-100 %.

A: ¿Quiénes participan para desarrollar este proceso?

B: Para la elaboración del porcentaje de planificación cumplida participa el ingeniero residente y el ingeniero de producción.

### **Porcentaje de cumplimiento de restricciones**

A: ¿Utiliza esta herramienta en el control de la ejecución de muros anclados? ¿Cómo y cuándo lo aplica?

B: Si lo utilizamos. En la etapa de muros anclados no solamente tienes como restricción el tema del concreto sino también el tema de la eliminación, subcontratas que a veces no cumplen por ejemplo Flesan si no terminá de perforar no podemos vaciar o si no termina de tensar no podemos continuar con el siguiente paño alterno. Durante la semana podemos tener más restricciones de materiales que equipos o más restricciones de subcontratas que materiales. Todo ello nos ayuda a indicar que puntos tenemos que mejorar.

A: ¿Con qué frecuencia logra cumplir con esta herramienta?

B: Los porcentajes deberían estar entre un 90-100%.

A: ¿Quiénes participan para desarrollar este proceso?

B: Para la elaboración del porcentaje de cumplimiento de restricciones participa el ingeniero residente y el ingeniero de producción.

### **Causas de no cumplimiento**

A: ¿Utiliza esta herramienta en el control de la ejecución de muros anclados? ¿Cómo y cuándo lo aplica?

B: Si lo utilizamos. Son los motivos por los cuales no se pudo cumplir con la actividad programada.

A: ¿Con qué frecuencia logra cumplir con esta herramienta?

B: No se maneja una frecuencia sino en un histograma se podría observar cuales son las principales causas que no te han permitido cumplir con tus actividades por ejemplo falta de materiales (50%), falta de equipos (25%), falta de ingeniería (25%).

A: ¿Quiénes participan para desarrollar este proceso?

B: Para la elaboración de las causas de no cumplimiento participa el ingeniero residente y el ingeniero de producción.

### **Nivel General de Actividades**

A: ¿Utiliza esta herramienta en el control de la ejecución de muros anclados?

B: No lo utilizamos.

A: ¿Cuál es el motivo por el cual no lo utiliza?

B: No amerita aplicar esta herramienta en la etapa de muros anclados ya que solo son tres partidas (acero, encofrado, vaciado).

### **Carta Balance**

A: ¿Utiliza esta herramienta en el control de la ejecución de muros anclados?

B: No lo utilizamos.

A: ¿Cuál es el motivo por el cual no lo utiliza?

B: No amerita aplicar esta herramienta en la etapa de muros anclados ya que solo son tres partidas (acero, encofrado, vaciado). La carta balance básicamente serviría para la etapa de casco del proyecto.

### **Reporte de IP**

A: ¿Utiliza esta herramienta en el control de la ejecución de muros anclados? ¿Cómo y cuándo lo aplica?

B: Si lo utilizamos. Lo manejo como índice de productividad básicamente de acero, encofrado y vaciado. Siempre lo veo con el presupuesto (Apus). Yo lo utilizó internamente ya que esto no le presentó al cliente. Además, lo aplico cada semana.

A: ¿Con qué frecuencia logra cumplir con esta herramienta?

B: La frecuencia es semanalmente para poder cumplir.

A: ¿Quiénes participan para desarrollar este proceso?

B: Para la elaboración del reporte de IP participa el ingeniero residente, el ingeniero de producción y el topógrafo, quien es el encargado de tomar la data de campo. Esto lo realizamos internamente ya que no se lo mostramos ni al cliente ni a la supervisión.

### **Visual Managment**

A: ¿Utiliza esta herramienta en el control de la ejecución de muros anclados?

B: No lo utilizamos.

A: ¿Cuál es el motivo por el cual no lo utiliza?

B: Porque la empresa no se maneja con esa política de Visual en ninguno de sus proyectos.

### **A3 report**

A: ¿Utiliza esta herramienta en el control de la ejecución de muros anclados?

B: No lo utilizamos.

A: ¿Cuál es el motivo por el cual no lo utiliza?

B: Porque la empresa no se maneja con esa política de A3 report en ninguno de sus proyectos.

### **Preguntas adicionales**

A: ¿Utiliza alguna otra herramienta de control en la etapa de muros anclados?

B: No utilizamos otra herramienta. Principalmente nos basamos en hacer un contraste entre el lookahead y el cronograma meta, los cuales no deberían estar muy pegados.

A: ¿Por qué es importante realizar el control en obra?

B: Porque tú tienes que saber cuánto estás perdiendo (desperdicio de concreto, desperdicio de acero). Todo depende de cuánto has presupuestado ya que no debes excederte. Por esta razón te sirve el control en obra ya que puedes observar si estás volando en horas hombre, materiales o equipos. Es por ello que se debe realizar el control en obra para no sobrepasarnos de acuerdo

a lo estimado en el presupuesto y en el tiempo.

## **ENTREVISTADO: JEFE DE PRODUCCION – CASO DE ESTUDIO 2**

### **ENTREVISTADORES: XIABELLY ARIZA Y LENIN CARLOS**

---

**En la obra de estudio mencionada, ¿usaron el “*takt time planning*” como herramienta de planificación de la ejecución de muros anclados? ¿Cómo se elabora?**

Sí, se utilizó el takt time o tren de trabajo para los 3 anillos. El primer paso para implementar esta herramienta es ubicar dónde se necesita y dónde no se necesita muro anclado. Para ello, necesitas revisar los planos de encofrado y cimentación y conocer como está la estructura del vecino. Esta información se verifica con una empresa de estabilidad de taludes, y de ahí se obtienen los planos de modulación de muros.

**¿Esos planos ayudan a realizar la sectorización?**

Exactamente, con base en la modulación ya tienes las dimensiones de tus paños, entonces ya puedes hallar el número de paños que se requieren en cada nivel. Ahí comienza la realización de tu tren de trabajo. En este caso se programó realizar 3 paños por día.

**¿Con qué frecuencia se cumple con esta herramienta?**

Bueno, siempre en el primer nivel es más complicado el cumplimiento. Normalmente, si se establece un ritmo de producción; por ejemplo, de 3 muros al día, es bien complicado que se cumpla para el primer nivel, a veces se harán 2.

**¿Por qué pasa eso?**

Lo que pasa que para el primer nivel tienes varios elementos enterrados con los cuales te encuentras, tales como las tuberías de agua y desagüe, que generalmente en Perú no tienen instalaciones perfectas; por lo que suelen haber filtraciones. Esto hace que el suelo sea inestable en los primeros niveles, y al momento de excavar tu muro podrías tener deslizamientos y tener socavones.

**¿Quiénes participan en la elaboración?**

Principalmente los jefes de producción, parte de información de fechas de inicio y fin establecidos con el cliente. Luego, se muestra al staff en una reunión y se les muestra la programación.

**Luego de eso, lo siguiente sería elaborar el Plan Maestro, ¿cierto?**

Sí, se programa de manera que se va detallando mas y mas con cada herramienta. El plan maestro podría abarcar en muros anclados de 3 a 4 meses. De ahí sigue el Lookahead., lo que ya se entiende como una programación de 3 a 4 semanas.

**¿Cuál sería el siguiente paso?**

Lo siguiente que hacíamos era reunirnos los sábados con el gerente, jefe de frente, jefe de oficina técnica y jefe de producción, seguridad, logístico y administrador y entre todos se analizaban las restricciones y cada uno tomaba una responsabilidad.

**¿Cómo se realiza ese proceso?**

A cada actividad que tú tienes se le asigna una restricción y un responsable. Asimismo, se tiene que programar el levantamiento de estas restricciones entre todos.

**¿Para estas reuniones se suelen utilizar herramientas de planificación colaborativa como el *pull planning*?**

Sí se usan, y en nuestro caso también usamos el Big Room, que es un modelo de sala de producción. Era una sala física que usamos para cada reunión y estaba dividida en 4 secciones: Planeamiento, Programación, Estatus/indicadores y Mejora. En cada uno se ponía la información correspondiente ya sea tu plan maestro, lookahead, y de ahí ya todo lo relacionado al análisis de restricciones, plan semanal, plan diario, y demás. En la sección de indicadores ya se analiza cómo te está yendo.

**Entonces, ¿Se comienza ya a integrar las herramientas de control?**

Exacto, ahí ya ves indicadores como el PPC y el PCR que son el porcentaje de plan cumplido y el porcentaje de cumplimiento de restricciones.

**¿Cómo y cuando se aplican estas herramientas?**

Es analizar principalmente cuántas de las tareas que tú tenías programadas se cumplieron y cuántas no. Y de manera análoga para el PCR, conocer qué restricciones si se cumplieron.

**¿Eso va de la mano con las causas de no cumplimiento?**

Sí. Esto es un proceso iterativo, cada semana se actualiza la información en las reuniones que te mencioné.

**¿Llegaron a realizar el este en este caso lo que son las líneas de balance?**

Sí, de eso se encargó el área de formación. Considero importante esta herramienta porque permite identificar si la actividad que estas programando se cruza con otra. Eso en los trenes de trabajo no se puede identificar a simple vista.

**En el caso del nivel general de actividades y la carta balance, ¿Se llegaron a aplicar?**

Como tal lo realizan practicantes o juniors. Para el caso del NGA se realiza al menos 1 medición por nivel, eso considerando que cada anillo dura aproximadamente un mes. Igualmente, para carta balance, analizar una vez por nivel a cada cuadrilla, ya que la productividad no es la misma. Cada nivel tiene flujo distinto, podría haber una gran diferencia en lo que es el anillo 1 y el ultimo anillo.

**¿Aplicaron el reporte de Ip?**

Sí, bajo el nombre de índices semanales de productividad. Se usaba la información para analizar las cuadrillas y realizar redimensionamientos. Principalmente, permite conocer si estabas gastando bien en tus recursos.

**Con respecto a herramientas visuales, ¿Utilizaron el Visual Managment y el A3 Report?**

Como jefe de producción elaboré un panel de control A3. Ahí colocaba el plan semanal, el lookahead, presupuestos, indicadores y fotos. Todo en su formato respectivo para que pueda ser entendido y se actualizaba semanalmente para ser compartido.

**ENTREVISTADO: JEFE DE FRENTE – CASO DE ESTUDIO 2****ENTREVISTADORES: XIABELLY ARIZA Y LENIN CARLOS**

---

**Sección 1:**

En la entrevista se realizará la validación del proceso de planificación que se realiza en la obra en estudio.

**Takt Time Planning**

A: ¿Utiliza esta herramienta en la planificación de la ejecución de muros anclados?

B: Si se utilizó en la etapa de muros anclados.

A: ¿Cómo y cuándo lo aplica?

B: Se utilizó para el proyecto que teníamos los sectores en dos partes. Inicialmente era una, pero después ya se abrió dos sectores para el tema de excavación para hacer los muros anclados.

A: ¿Con qué frecuencia logra cumplir con esta herramienta?

B: En nuestro caso para poder cumplir con cuatro muros anclados diarios tuvimos que planificarlo por dos frentes, lado derecho y lado izquierdo, a fin de poder cumplir con nuestra meta.

A: ¿Quiénes participan para desarrollar este proceso?

B: Para la elaboración del takt time planning participa el Jefe de frente, el Jefe de producción, Jefe de oficina técnica, el ingeniero residente y el maestro de obra.

**Planificación Maestra**

A: ¿Utiliza esta herramienta en la planificación de la ejecución de muros anclados?

B: Si lo utilizo.

A: ¿Cómo y cuándo lo aplica?

B: Para poder sectorizar y llegar a subir, si tuvimos que armar el tren de trabajo y en base a ello una planificación master de como íbamos a empalmar cada sector. Se trabajó con seis sectores

y es por ello que se realizó una planificación master para poder avanzar con el tren de trabajo a medida que íbamos subiendo de piso a piso.

A: ¿Con qué frecuencia logra cumplir con esta herramienta?

B: Normalmente llegábamos al 85%, a veces un poco más a veces un poco menos.

A: ¿Quiénes participan para desarrollar este proceso?

B: Para la elaboración de la planificación maestra participa el jefe de producción, el jefe de frente y el maestro de obra. Al ingeniero residente solo se le informaba sobre la planificación master.

### **Pull Planning**

A: ¿Utiliza esta herramienta en la planificación de la ejecución de muros anclados?

B: Si lo utilicé en la etapa de muros anclados.

A: ¿Cómo y cuándo lo aplica?

B: Se veía con otros especialistas y ver el tema de interferencias en su momento. Debido a la falta de rapidez de actualizar los planos que venían algunos superados. Interferencias porque con los planos nada más y en base a ello porque ya podemos arreglar los temas puntuales para ver el plan y cómo íbamos.

A: ¿Con qué frecuencia logra cumplir con esta herramienta?

B: Normalmente llegábamos al 85%, a veces un poco más a veces un poco menos.

A: ¿Quiénes participan para desarrollar este proceso?

B: Para la elaboración del pull planning participa el jefe de producción, jefe de frente, maestro de obra, y ahí si involucramos a las demás áreas como, por ejemplo: administración, almacén, logística, seguridad, etc.

### **Lookahead Planning**

A: ¿Utiliza esta herramienta en la planificación de la ejecución de muros anclados? ¿Cómo y cuándo lo aplica?

B: Claro que sí. Con respecto al lookahead que tenía el inicio y el final, nosotros íbamos partiendo a 3 semanas para poder ver cuales son las partidas o las entidades que nos podían ser restricción.

A: ¿Con qué frecuencia logra cumplir con esta herramienta?

B: Normalmente llegábamos al 85%, a veces un poco más a veces un poco menos.

A: ¿Quiénes participan para desarrollar este proceso?

B: Para la elaboración del lookahead planning participa el jefe de producción y el jefe de frente.

### **Análisis de restricciones**

A: ¿Utiliza esta herramienta en la planificación de la ejecución de muros anclados? ¿Cómo y cuándo lo aplica?

B: Si lo utilizamos. Semana a semana en cada reunión de producción.

A: ¿Con qué frecuencia logra cumplir con esta herramienta?

B: Cada semana. Si tu presentas tu lookahead debes tener en cuenta también tu análisis de restricciones sino no estas analizando nada y solo estas planificando sin saber más adelante a que te enfrentas.

A: ¿Quiénes participan para desarrollar este proceso?

B: Para la elaboración del análisis de restricciones participa el jefe de producción, jefe de frente, maestro de obra, y ahí si involucramos a las demás áreas como, por ejemplo: administración, almacén, logística, seguridad, etc, con la finalidad de poder tener las fechas pactadas de las restricciones y así poder levantarlas para evitar retrasos en la obra.

### **Programación semanal**

A: ¿Utiliza esta herramienta en la planificación de la ejecución de muros anclados? ¿Cómo y cuándo lo aplica?

B: Si lo utilizamos. Se realizaba la planificación de las actividades de la semana con la finalidad de poder cumplirlas y en el caso si quedaba pendientes se empleaba los días sábados como un

buffer de tiempo.

A: ¿Con qué frecuencia logra cumplir con esta herramienta?

B: Bueno cada semana se busca cumplir con el 85-90%.

A: ¿Quiénes participan para desarrollar este proceso?

B: Para la elaboración de la programación semanal participa el jefe de producción y el jefe de frente ya identificado las restricciones se puede comunicar a todos los involucrados a fin de que la programación semanal se logre cumplir.

### **Programación diaria**

A: ¿Utiliza esta herramienta en la planificación de la ejecución de muros anclados? ¿Cómo y cuándo lo aplica?

B: Claro que sí. De la programación semanal sacabas tu programación diaria la cual se tenía que repartir a los trabajadores a fin de poder cumplir las metas diarias. Si en el caso no se cumplía la programación diaria, se utilizaba los días sábados como un buffer de tiempo.

A: ¿Con qué frecuencia logra cumplir con esta herramienta?

B: Bueno la frecuencia con la que se lograba cumplir era de 80-85% día a día ya que había actividades que lo dejábamos hasta el sábado.

A: ¿Quiénes participan para desarrollar este proceso?

B: Para la elaboración de la programación diaria participa el jefe de producción y el jefe de frente. Se le reparte la programación diaria al maestro de obra y a los capataces un día antes de ejecutarse.

### **Líneas de balance**

A: ¿Utiliza esta herramienta en la planificación de la ejecución de muros anclados?

B: Si se utilizó, pero eso se encargó la oficina técnica y es por ello que no participé mucho en el uso de esa herramienta.

### **Preguntas adicionales:**

A: ¿Por qué es importante realizar la planificación en obra?

B: Es súper importante para poder optimizar recursos y que sean más confiables. Si tú no utilizas la planificación a un proyecto nuevo que está por ejecutarse puede perjudicar en el plazo de entrega y eso a la vez afecta en el costo ya que ambas van de la mano.

En la entrevista se realizará la validación del proceso de control que se realiza en la obra en estudio.

### **Porcentaje de planificación cumplida**

A: ¿Utiliza esta herramienta en el control de la ejecución de muros anclados?

B: Si se utilizó en la etapa de muros anclados.

A: ¿Cómo y cuándo lo aplica?

B: En base a tus actividades que tenías, veías si cumplías o no. En base a la programación semanal.

A: ¿Con qué frecuencia logra cumplir con esta herramienta?

B: Bueno la frecuencia con la que se lograba cumplir era de 85-90%.

A: ¿Quiénes participan para desarrollar este proceso?

B: Bueno, las áreas involucradas de sus partidas en ese momento. Eso netamente se encargaba el staff de obra.

### **Porcentaje de cumplimiento de restricciones**

A: ¿Utiliza esta herramienta en el control de la ejecución de muros anclados?

B: No lo utilicé.

A: ¿Cuál fue el motivo por el cual no lo utilizaron?

B: Desconozco el uso de esta herramienta.

### **Causas de incumplimiento**

A: ¿Utiliza esta herramienta en el control de la ejecución de muros anclados?

B: Si lo utilice, pero no lo recuerdo muy bien ya que esto es visto por el área de producción y hoy, actualmente, estoy dedicado al área de gestión.

A: ¿Quiénes participan para desarrollar este proceso?

B: Bueno, esto lo elaboraba el jefe de producción, el jefe de oficina técnica y la participación de otras áreas, como, por ejemplo: almacén.

### **Nivel General de actividades**

A: ¿Utiliza esta herramienta en el control de la ejecución de muros anclados?

B: Si se utilizó en la etapa de muros anclados.

A: ¿Cómo y cuándo lo aplica?

B: Consistía en realizar un recorrido alrededor de toda la obra con la finalidad de observar a los trabajadores para ver el porcentaje de trabajo productivo, trabajo contributorio y trabajo no contributorio.

A: ¿Quiénes participan para desarrollar este proceso?

B: Bueno, para la elaboración del nivel general de actividades se encargaba una persona mandado por oficina técnica con la finalidad de que pueda tomar la data en un día.

### **Carta Balance**

A: ¿Utiliza esta herramienta en el control de la ejecución de muros anclados?

B: Si se utilizó en la etapa de muros anclados.

A: ¿Cómo y cuándo lo aplica?

B: Consistía en hacer un análisis más específico de acuerdo a las partidas analizadas, como, por ejemplo: acero, encofrado y vaciado. Lo que se medía era la productividad de las cuadrillas de dichas partidas.

A: ¿Quiénes participan para desarrollar este proceso?

B: Bueno, para la elaboración de la carta balance se encargaba una persona mandado por oficina técnica para que pueda tomar la data de determinadas partidas con la finalidad de informar al

jefe de producción y al jefe de frente para que así puedan optimizar recursos.

### **Reporte IP**

A: ¿Utiliza esta herramienta en el control de la ejecución de muros anclados?

B: Si se utilizó esta herramienta.

A: ¿Cómo y cuándo lo aplica?

B: Se aplicaba semana tras semana. Y se aplicó para todas las partidas que se había marcado como para hacer el reporte.

A: ¿Quiénes participan para desarrollar este proceso?

B: Para la elaboración de los reportes de IP lo hacíamos el jefe de producción y el jefe de frente a la vez realizando las coordinaciones con la parte administrativa.

### **Visual Management y A3 report**

A: ¿Utiliza esta herramienta en el control de la ejecución de muros anclados?

B: Si se utilizó esta herramienta.

A: ¿Cómo y cuándo lo aplica?

B: Dichas herramientas eran visuales en el cual se presenta todo en conjunto sobre un proyecto, como, por ejemplo: productividad del programa, las actividades, la sectorización, el tren de actividades, etc. Todo puesto en una Hoja A3 en lugar de usar hojas de Excel o planos.

A: ¿Quiénes participan para desarrollar este proceso?

B: Para la elaboración de las herramientas visuales lo hacía el jefe de producción y el jefe de oficina técnica. Así mismo, se requería la colaboración de las demás áreas para que brinden información y así poder armar el visual del proyecto.

### **Preguntas adicionales**

A: ¿Por qué es importante realizar el control en obra?

B: Para poder realizar las mediciones y así observar si se está cumpliendo con lo planificado.

Es muy importante realizar un control en obra.

## ANEXO F

## FORMATO NIVEL GENERAL DE ACTIVIDADES DE LA OBRA EN ESTUDIO

PROYECTO: Savia Departamentos  
 MUESTREADOR: Xiabelly Ariza y Lenin Carlos

FECHA	
HORA INICIO:	HORA FIN:

Nº	Cuadrilla	Flujo	TP/TC/TNC
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			

Nº	Cuadrilla	Flujo	TP/TC/TNC
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			
51			
52			
53			
54			
55			
56			
57			
58			
59			
60			
61			
62			
63			
64			
65			
66			
67			
68			
69			
70			
71			
72			
73			
74			
75			
76			
77			

## ANEXO G

### FORMATO CARTA BALANCE DE LA OBRA EN ESTUDIO

Proyecto:	SAVIA DEPARTAMENTOS
Elaborado por:	Xiabelly Ariza y Lenin Carlos
Revisado por:	

Fecha:	
Partida:	ACERO DE MURO

Cód.	TRABAJO CONTRIBUTIVO - TC	Nº
CO	CORTE DE ACERO	
EST	DOBLAR ESTRIBOS	
TM	TRANSPORTE MATERIAL	
TH	TRANSPORTE HERRAMIENTAS	
SV	SOSTENER VARILLAS	
M	MEDIR	
AL	ALINEAR	
I	DAR O RECIBIR INSTRUCCIONES	
DP	DESATAR PAQUETE	
L	LIMPIEZA	

Cód.	TRABAJO PRODUCTIVO - TP	Nº
CAH	COLOCACION ACERO HORIZONTAL	
CAV	COLOCACION ACERO VERTICAL	
AM	AMARRAR CONEXIONES	
CE	COLOCAR ESTRIBOS O REFUERZOS	

**Cuadrilla :**

O1	OPERARIO
O2	OPERARIO
O3	OFICIAL
O4	OFICIAL
O5	OFICIAL
O6	
O7	

Cód.	TRABAJO NO CONTRIBUTIVO - TNC	Nº
E	ESPERAS Y DESCANSOS	
VI	VIAJES IMPRODUCTIVOS	
A	AUSENCIAS	
TR	TRABAJO REHECHO	

Nº	O1	O2	O3	O4	O5	O6	Observaciones	Nº	O1	O2	O3	O4	O5	O6	Observaciones	Nº	O1	O2	O3	O4	O5	O6	Observaciones
1								36								71							
2								37								72							
3								38								73							
4								39								74							
5								40								75							
6								41								76							
7								42								77							
8								43								78							
9								44								79							
10								45								80							
11								46								81							
12								47								82							
13								48								83							
14								49								84							
15								50								85							
16								51								86							
17								52								87							
18								53								88							
19								54								89							
20								55								90							

## ANEXO H

### FORMATO DE PREGUNTAS PARA LA VALIDACIÓN DEL PLAN DE MEJORA DE LA GESTIÓN DEL CRONOGRAMA Y MANO DE OBRA DURANTE LA EJECUCIÓN DE MUROS ANCLADOS EN UN PROYECTO MULTIFAMILIAR

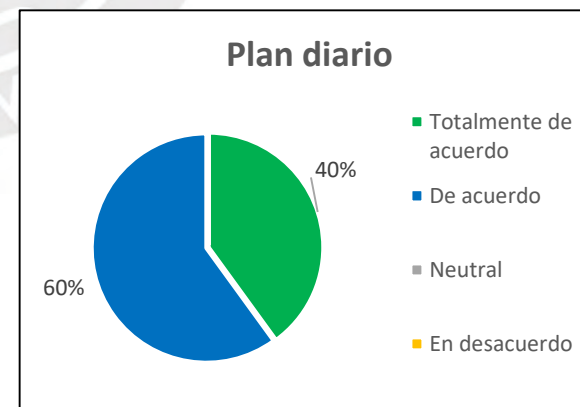
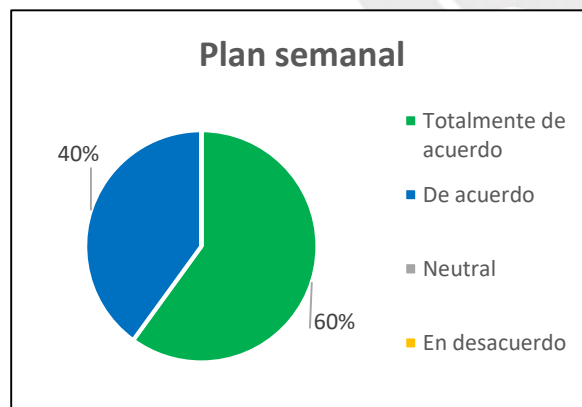
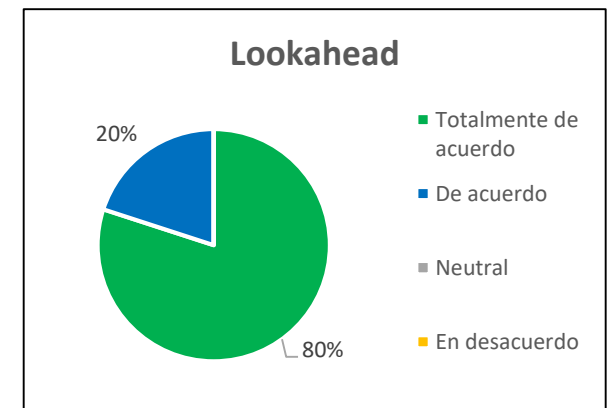
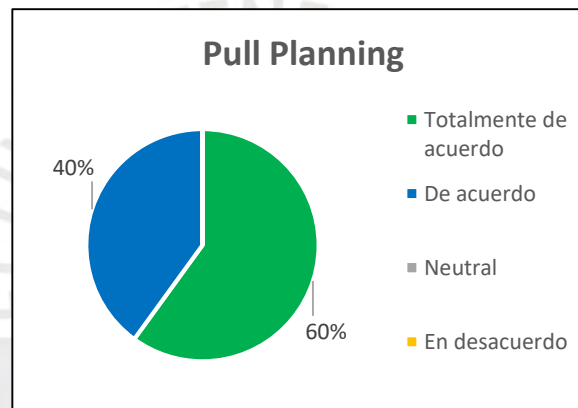
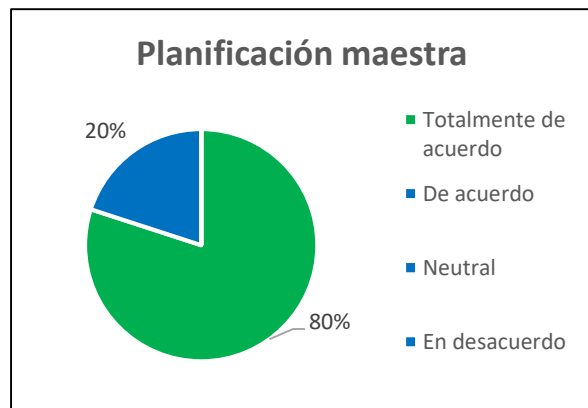
PREGUNTA 1:	¿Está de acuerdo con las herramientas y pasos mostrados en la etapa 1?				
	Total desacuerdo	Desacuerdo	Neutral	Acuerdo	Total acuerdo
Plan Master					
Pull Planning					
Lookahead					
Plan semanal					
Plan diario					
PREGUNTA 2:	¿Está de acuerdo con los objetivos de la etapa 2?				
	Total desacuerdo	Desacuerdo	Neutral	Acuerdo	Total acuerdo
Eliminar los trabajos no contributivos					
Reducir los trabajos contributivos					
Aplicar herramientas Lean para el control					

PREGUNTA 3:	¿Está de acuerdo con las herramientas y pasos mostrados en la etapa 3?				
	Total desacuerdo	Desacuerdo	Neutral	Acuerdo	Total acuerdo
PPC /CI					
PCR					
NGA					
Carta Balance					
Índice de productividad					
PREGUNTA 4:	¿Está de acuerdo con las herramientas y pasos mostrados en la etapa 4?				
	Total desacuerdo	Desacuerdo	Neutral	Acuerdo	Total acuerdo
Big Room/A3 Report					
PREGUNTA 5:	¿Está de acuerdo con las herramientas y pasos mostrados en la etapa 5?				
	Total desacuerdo	Desacuerdo	Neutral	Acuerdo	Total acuerdo
Estrategias de mejora					
PREGUNTA 6:	¿Qué tan de acuerdo te encuentras de la propuesta del plan?				
	Total desacuerdo	Desacuerdo	Neutral	Acuerdo	Total acuerdo

## ANEXO I

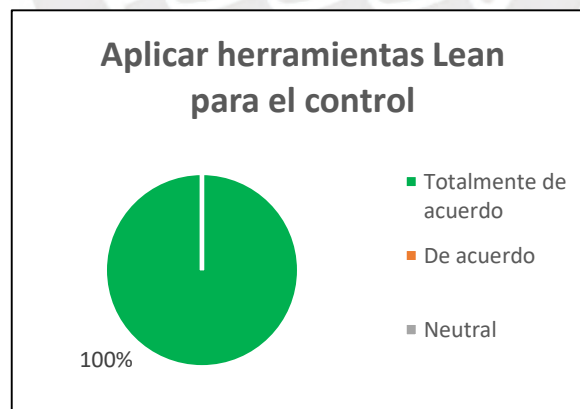
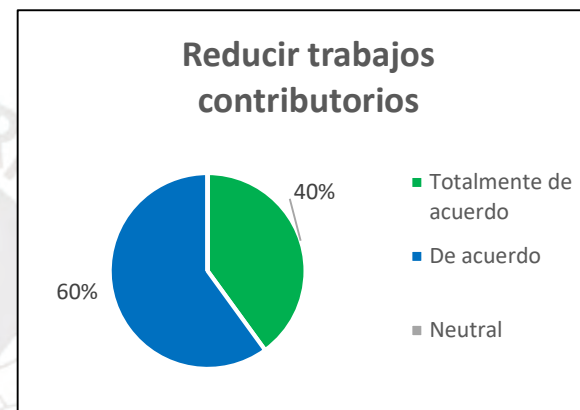
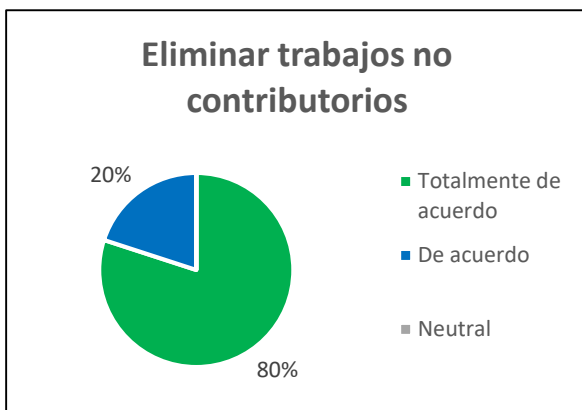
### RESULTADOS DE LA ENCUESTA DE VALIDACIÓN DEL PLAN DE MEJORA DE LA GESTIÓN DEL CRONOGRAMA Y MANO DE OBRA DURANTE LA EJECUCIÓN DE MUROS ANCLADOS EN UN PROYECTO MULTIFAMILIAR

#### ETAPA 1: PLANIFICACIÓN



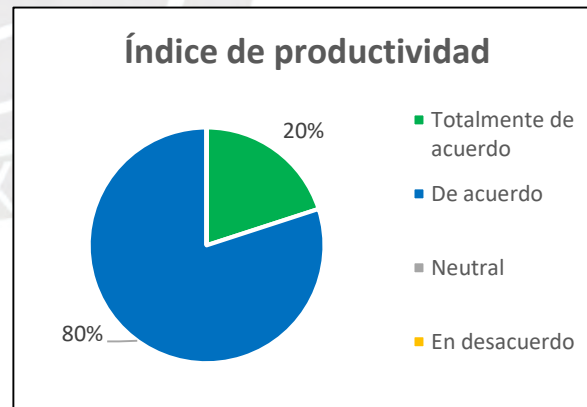
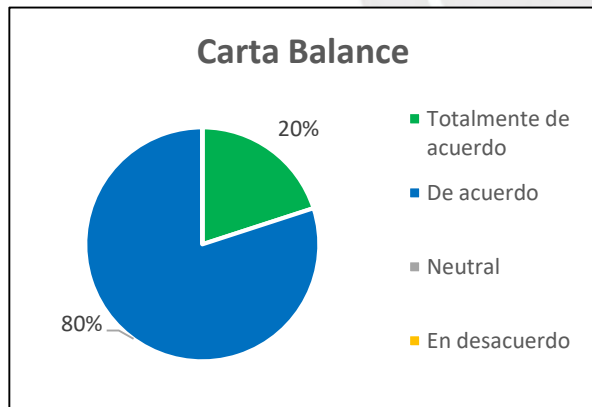
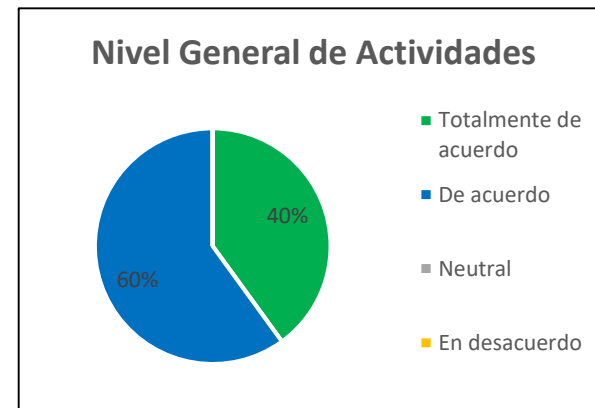
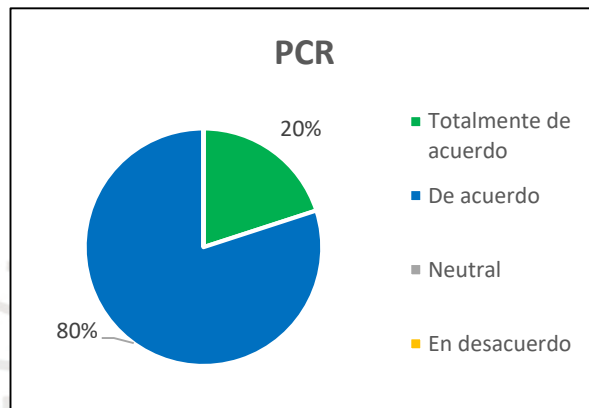
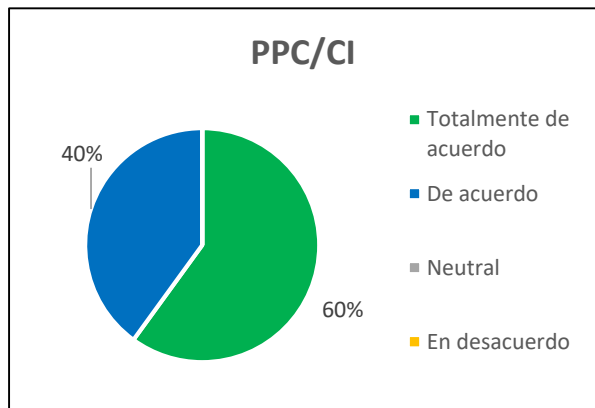
# RESULTADOS DE LA ENCUESTA DE VALIDACIÓN DEL PLAN DE MEJORA DE LA GESTIÓN DEL CRONOGRAMA Y MANO DE OBRA DURANTE LA EJECUCIÓN DE MUROS ANCLADOS EN UN PROYECTO MULTIFAMILIAR

## ETAPA 2: DETERMINACIÓN DE OBJETIVOS



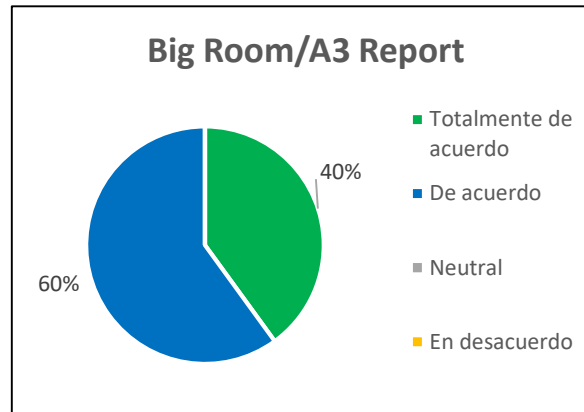
# RESULTADOS DE LA ENCUESTA DE VALIDACIÓN DEL PLAN DE MEJORA DE LA GESTIÓN DEL CRONOGRAMA Y MANO DE OBRA DURANTE LA EJECUCIÓN DE MUROS ANCLADOS EN UN PROYECTO MULTIFAMILIAR

## ETAPA 3: CONTROL



# RESULTADOS DE LA ENCUESTA DE VALIDACIÓN DEL PLAN DE MEJORA DE LA GESTIÓN DEL CRONOGRAMA Y MANO DE OBRA DURANTE LA EJECUCIÓN DE MUROS ANCLADOS EN UN PROYECTO MULTIFAMILIAR

## ETAPA 4: IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDADES DE MEJORA



## ETAPA 5: IMPLEMENTACIÓN DE ESTRATEGIAS DE MEJORA

