

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**PROPUESTAS DE MEJORA PARA EL USO EFICIENTE DEL  
CONCRETO EN LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS  
ANCLADOS EN EDIFICACIONES DE MEDIANA  
PROFUNDIDAD**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**ERIC GUSTAVO PRINCE MALDONADO**

**Lima- Perú**

**2015**

“Con mucha estima y respeto a mi madre y mis maestros, por sus palabras y consejos, ya que sus enseñanzas me ayudaron a cumplir mis objetivos”.

## ÍNDICE

	Nºpág.
<b>RESUMEN</b> .....	4
<b>LISTA DE CUADROS</b> .....	5
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	6
<b>LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS</b> .....	7
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	8
<b>CAPÍTULO I: ANTECEDENTES EN EL PERÚ</b> .....	9
1.1 ANTECEDENTES EN EL ESTUDIO PRÁCTICO DEL CONTROL DE DESPERDICIOS DE MATERIALES EN LA CONSTRUCCIÓN .....	9
1.2 VARIABILIDAD EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN .....	11
1.3 PROCESO CONSTRUCTIVO DEL MURO ANCLADO EN EXCAVACIONES PROFUNDAS.....	13
1.3.1 Excavación masiva.....	13
1.3.2 Perforación, introducción de cables e inyección .....	13
1.3.3 Excavación de banqueta .....	14
1.3.4 Perfilado y desquinche .....	14
1.3.5 Excavación localizada .....	15
1.3.6 Colocación de acero estructural.....	15
1.3.7 Colocación de Encofrado .....	16
1.3.8 Construcción de contrafuertes.....	17
1.3.9 Vaciado de concreto.....	17
1.3.10 Desencofrado.....	18
1.3.11 Curado .....	18
1.3.12 Tensado .....	18
1.3.13 Retiro de revoques.....	19

<b>CAPÍTULO II: CONCEPTOS GENERALES.....</b>	<b>21</b>
2.1 CONCEPTO DE DESPERDICIOS EN EL USO DE MATERIALES DE LA CONSTRUCCIÓN.....	21
2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS DESPERDICIOS EN EL USO EFICIENTE DEL CONCRETO.....	22
2.3 PRINCIPALES CAUSAS DE LOS DESPERDICIOS DEL CONCRETO.....	24
2.4 DO CONSTRUCTION APLICADO AL REGISTRO HISTÓRICO DE LA VARIABILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN.....	26
2.5 LA NORMA ISO 9001:2008.....	30
<b>CAPÍTULO III: CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO A ANALIZAR .....</b>	<b>32</b>
3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	32
3.2 ACTIVIDADES DE MAYOR INCIDENCIA .....	35
3.3 FACTORES ENDÓGENOS Y EXÓGENOS QUE AFECTAN EL BUEN DESEMPEÑO DEL PROYECTO.....	40
<b>CAPÍTULO IV: RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN EN CAMPO ..</b>	<b>43</b>
4.1 METRADO DE AVANCE Y RECURSOS CONSUMIDOS EN EL VACIADO DE CONCRETO PARA MUROS ANCLADOS.....	43
4.2 INDICADOR UTILIZADO PARA EL CONTROL DE RECURSOS HORAS HOMBRE EN EL PROCESO DE VACIADO DEL CONCRETO.....	46
4.3 REGISTRO DE FACTORES QUE AFECTAN EL USO EFICIENTE DEL CONCRETO.....	48
<b>CAPÍTULO V: APLICACIÓN DEL DO CONSTRUCTION Y PHVA PARA EL USO EFICIENTE DEL CONCRETO.....</b>	<b>51</b>
5.1 DIAGNÓSTICO .....	51
5.2 PROPUESTAS DE MEJORA .....	53
5.2.1 Procesos inapropiados .....	53

5.2.2	Improvisación.....	53
5.2.3	Esperas.....	54
5.2.4	Sobreproducción.....	56
5.3	EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS A PARTIR DE LA APLICACIÓN DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA.....	57
<b>CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>61</b>
6.1	CONCLUSIONES.....	61
6.2	RECOMENDACIONES .....	64
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>		<b>65</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>67</b>

## RESUMEN

El presente Informe de Suficiencia desarrolla una metodología que integra la eficiencia y eficacia en la etapa de planeamiento, programación, control y mejora continua del uso eficiente del concreto en muros anclados de edificaciones desde una perspectiva de gestión. Para el planteamiento de la metodología se ha desarrollado seis capítulos que están basados en una explicación teórica y práctica los cuales se describen a continuación: En el capítulo I se describe los antecedentes del estudio del control de desperdicios en la construcción y su efecto en la productividad, así como también, la variabilidad y el proceso constructivo detallado para la ejecución de muros anclados, los cuales han sido la base técnica necesaria el desarrollo adecuado de la metodología. En el capítulo II se describe los conceptos de clasificación y desperdicio del uso de materiales en la construcción en base a investigaciones realizadas en Latino América y Europa, adicionalmente, se describe los principios de la filosofía Do Construction, el cual dará los fundamentos necesarios para la obtención de los registros históricos de variabilidad y los lineamientos para la toma de decisiones, y por último, se hace mención a la norma ISO 9001:2008 con el fin de tener los lineamientos necesarios para la estandarización de procesos de ejecución y desarrollo de la metodología. En el capítulo III se describe las características del proyecto en estudio, además se hace una identificación de las actividades de mayor incidencia y los factores endógenos y exógenos más significativos que afectan al proyecto. En el capítulo IV se realiza la recopilación de información necesaria para el análisis y el diagnóstico, refiérase a metrados y desperdicios, indicadores de productividad, registro de factores de variabilidad e indicadores de avance y control de obra, todo ello representado en una cronología histórica del proyecto. En el capítulo V se realiza la aplicación de la metodología, se registra la evolución del proyecto según las propuestas de mejora y el costo beneficios de la aplicación de la metodología.

En el capítulo VI se presenta las recomendaciones y conclusiones en base a la aplicación de la metodología en el proyecto en estudio y se muestra las oportunidades de mejora para un desarrollo más especializado en futuros proyectos.

## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro 1.1</b>	Registro de desperdicios en el mes de diciembre.....	10
<b>Cuadro 1.2</b>	Incidencia por el costo de materiales. Ref. Ing. Manuel Wu.....	12
<b>Cuadro 1.3</b>	Procesos en la etapa constructiva de los muros anclados en una edificación típica.....	20
<b>Cuadro 3.1</b>	Presupuesto Resumen expresado en nuevos soles.....	36
<b>Cuadro 3.2</b>	Resumen del presupuesto de la superestructura.....	37
<b>Cuadro 3.3</b>	Resumen del presupuesto de muro anclado y movimiento de tierra.	37
<b>Cuadro 3.4</b>	Partidas que comprenden movimiento de tierra y muro anclado.....	38
<b>Cuadro 3.5</b>	FODA del proyecto (exógeno).....	41
<b>Cuadro 3.6</b>	FODA del proyecto (endógeno).....	42
<b>Cuadro 4.1</b>	Porcentaje acumulado de desperdicio del concreto en la última semana de ejecución de muros anclados.....	45
<b>Cuadro 4.2</b>	Ratios de muros anclados en hh/m <sup>3</sup> .....	46
<b>Cuadro 4.3</b>	Índice de productividad acumulado en la última semana programada de la etapa de ejecución de muros anclados.....	47
<b>Cuadro 4.4</b>	Índice de productividad acumulado en la última semana de ejecución de muros anclados.....	48
<b>Cuadro 4.5</b>	IP y sus respectivos factores.....	49
<b>Cuadro 5.1</b>	Causas que afectan el uso eficiente del concreto en el proceso de ejecución de muros anclados.....	51
<b>Cuadro 5.2</b>	Indicadores al inicio de la ejecución de muros anclados.....	59
<b>Cuadro 5.3</b>	Indicadores al final de la ejecución de muros anclados.....	59

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b> Excavación masiva con Equipos.....	13
<b>Figura 1.2</b> Proceso de anclaje.....	14
<b>Figura 1.3</b> Excavación de banqueta o excavación localizada.....	14
<b>Figura 1.4</b> Etapa de perfilado.....	15
<b>Figura 1.5</b> Excavación de zanja para la colocación de empalmes.....	15
<b>Figura 1.6</b> Colocación de acero y malla de refuerzo para el anclaje.....	16
<b>Figura 1.7</b> Procesos del encofrado del muro anclado.....	16
<b>Figura 1.8</b> Colocación de puntales en el contrafuerte.....	17
<b>Figura 1.9</b> Vaciado del Concreto con Bomba "TK".....	17
<b>Figura 1.10</b> Procesos de curado con químicos.....	18
<b>Figura 1.11</b> Tensado de cables.....	18
<b>Figura 1.12</b> Picado de remanentes.....	19
<b>Figura 2.1</b> Evolución y desarrollo del Do Construction y Lean Construction.....	28
<b>Figura 3.1</b> Proyecto de estudio.....	32
<b>Figura 3.2</b> Proyecto Narciso Colina.....	33
<b>Figura 3.3</b> Proyecto Clínica Delgado.....	34
<b>Figura 3.4</b> Proyecto Clínica Internacional.....	35
<b>Figura 3.5</b> Diagrama de Pareto del presupuesto del proyecto.....	36
<b>Figura 3.6</b> Diagrama de Pareto de movimiento de tierra y muro anclado.....	39
<b>Figura 4.1</b> Curva de avance del primer anillo de muros anclados.....	43
<b>Figura 4.2</b> Curva de avance del primer anillo de muros anclados.....	44
<b>Figura 4.3</b> Dimensiones de un paño de muro anclado.....	44
<b>Figura 4.4</b> Evolución del porcentaje de desperdicio de concreto.....	45
<b>Figura 4.5</b> Pizarra de Pérdidas y Causas.....	48
<b>Figura 5.1</b> Curva de porcentaje de desperdicio del concreto.....	54
<b>Figura 5.2</b> Panel de rendimiento por día de movimiento de tierras (eliminación).....	55
<b>Figura 5.3</b> Ubicación en el tiempo de la primera propuesta de mejora.....	57
<b>Figura 5.4</b> Ubicación en el tiempo de la segunda y tercera propuesta de mejora... ..	58
<b>Figura 5.5</b> Ubicación en el tiempo de la cuarta propuesta de mejora.....	58
<b>Figura 5.6</b> Índice de productividad promedio.....	60
<b>Figura 6.1</b> Resumen de la secuencia metodológica.....	62



## LISTA DE SIMBOLOS Y SIGLAS

- EPP** : Equipo de protección personal
- FODA.** : Fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas
- HH.** : Horas hombre
- HH/m<sup>3</sup>.** : Horas hombre por cada metro cúbico de concreto
- IP** : Índice de productividad o indicador de productividad
- ISO.** : Organización Internacional de la Normalización (del inglés International Organization for Standardization)
- JIT.** : Justo a tiempo (del inglés just in time)
- M** : Metros lineales
- M<sup>2</sup>** : Metros cuadro de encofrado o área techada
- M<sup>3</sup>** : Metros cúbico de concreto premezclado
- M<sup>3</sup>/D.** : Metros cúbico de tierra por día
- NP** : Nivel de piso
- PHVA** : Ciclo de mejora continua de Deming
- PU** : Precio Unitario
- TK** : Thom-Katt®, Son bombas de remolque para el vaciado de concreto a distancia
- TPM.** : Mantenimiento productivo total (del inglés total productive maintenance)
- TQC.** : Control de la calidad total (del inglés total quality control)

## INTRODUCCIÓN

El presente informe obedece a la necesidad por parte de varias empresas constructoras de edificios en la ciudad de Lima para mejorar la eficiencia y reducir desperdicios del uso de concreto en sus proyectos, especialmente en el proceso de ejecución de muros anclados el cual se ha visto afectado por la alta variabilidad que no ha sido identificada y medida de manera correcta y que ha generado en las obras retrasos y gastos innecesarios perjudicando así a los clientes internos, externos y las utilidades de la constructora.

Nos encontramos ante una situación que en principio, desde el punto de vista del constructor, se puede atribuir a factores relacionados con la productividad del trabajador, pero que en realidad es necesario considerar que es también originada por las limitaciones de soporte de la empresa (equipos, herramientas, materiales, gestión de la comunicación, gestión de la producción, planificación y estabilización de procesos en general), nos encontramos en un sector con problemas en su desarrollo y que presenta características únicas (sistema abierto, variable y no disciplinada), y que por lo tanto es necesario considerar otras variables que pueden afectar la eficiencia y eficacia del trabajador y su relación con el medio en que labora, en este caso la obra.

Por tal motivo este informe se sustenta por experiencias propias del autor, de ingenieros que participaron en los proyectos de edificación más representativos del Perú y de estudios relacionados sobre la productividad, producción y eficacia en la construcción de proyectos civiles en el Perú y extranjero, con ello se desarrollará una metodología que identifique las variables que están presentes en el proyecto en estudio y asociarlas con soluciones que mejoren la eficiencia del uso de concreto en la ejecución de muros anclados

En síntesis, la metodología propuesta se basa en una filosofía de la producción que ha sido desarrollada en paralelo con el Lean Construction y que actualmente es promovida por el ingeniero brasileño Ubiraci Espinelli Lemes de Souza, el cual consiste en identificar de manera cronológica y continua los factores positivos y negativos que han afectado al proyecto y que es relacionada mediante los índices de productividad además los criterios para la toma de decisiones y mejoras se basa en los 15 principios de esta filosofía.

## **CAPITULO I: ANTECEDENTES EN EL PERÚ.**

Actualmente, se incluye en las edificaciones el diseño y construcción de uno o más sótanos como solución al requerimiento de estacionamientos por parte de los municipios. En los últimos años, para estabilizar los taludes generados por las excavaciones profundas de estos sótanos, se viene usando en Lima el sistema de “muros anclados” como una alternativa técnica y económica a la solución tradicional de las calzaduras. Se tiene estudios técnico-económicos en la Universidad Nacional de Ingeniería (Mendoza, 2010) y la Pontificia Universidad Católica del Perú (Cabellos, 2012) acerca de la aplicabilidad y ventajas en la construcción de muros anclados en comparación con las calzaduras, dicho modelo ha sido una opción recomendada en edificaciones de media y gran profundidad.

El proceso constructivo de los muros con anclajes sigue una secuencia lógica basado como un elemento estructural vertical contra terreno, no obstante, los subprocesos dependerán de la planificación, facilidades tecnológicas, espacio, estrategias y experiencias de cada responsable que está a cargo de la construcción, por ejemplo, algunos especialistas prefieren realizar la perforación e inyección después del vaciado del muro, otros utilizan alternativas de vaciado distintas a la bomba TK.

### **1.1 ANTECEDENTES EN EL ESTUDIO PRÁCTICO DEL CONTROL DE DESPERDICIOS DE MATERIALES EN LA CONSTRUCCIÓN**

Se han desarrollado estudios generales del efecto que tienen los desperdicios en las obras de construcción, tomando en cuenta el cubicaje de desmonte en obra comparado con el m<sup>2</sup> de área techada, Galarza (2011). Por otro lado se han realizado investigaciones sobre monitoreo y control de desperdicios, Naupari (2008), donde este último elaboró una investigación en un proyecto de edificación de 17 pisos en Lima, específicamente en controles de desperdicios y su relación con los indicadores de calidad.

Ambos trabajos concluyen en que los desperdicios tienen efectos negativos en la productividad y en el control de costos, además promueven una planificación más

responsable y compromiso por los miembros del equipo, ya sean indirectos o ejecutores directos.

En el siguiente cuadro muestra el porcentaje de desperdicios realizados en un mes de seguimiento para una obra de edificación en Lima.

**Cuadro N° 1.1.- Registro de desperdicios en el mes de diciembre**

Elemento	(f'c)	Volumen de Concreto Despachado (m <sup>3</sup> )	Medrado Teórico de las Estructuras vacadas en el mes (m <sup>3</sup> )	Mayor Consumo de Material (m <sup>3</sup> )			Mayor Consumo y/o Desperdicios en el Mes (%)
				En el Mes	N° de días de Actividad	Promedio Diario (m <sup>3</sup> )	
Placa 175	175	340.5	328.89	11.61	11	1.06	3.53
Losa	210	255	249.52	5.48	13	0.42	2.20
Estacionamiento (Zapatas, columnas, placas y techo)	210	383	362.02	20.98	13	1.61	5.80
Pisos	175	9.5	7.79	1.71	6	0.29	21.95
Losa de Estacionamiento 175	175	85	77.78	7.22	4	1.81	9.28
Cuarto de Máquinas	210	31	29.68	1.32	6	0.22	4.45
Otros (Rellenos de cimientos)	100	27	25.65	1.35	17	0.08	5.26
<b>Totales</b>		<b>1131</b>	<b>1081.33</b>	<b>49.67</b>	<b>70</b>	<b>5.48</b>	<b>4.93%</b>

Fuente: Ing. Marco Paulo Galarza Meza

De lo observado, se tiene 21.96 % de desperdicio en el elemento piso, en general el desperdicio de concreto en muchos edificios en Lima esta alrededor del 10 a 15%.

Pero cuando tratamos sobre desperdicios de concreto en muros anclados, estos valores pueden superar fácilmente el 30%.

Galarza (2011) concluye en su proyecto de tesis, que existe una relación directa e indirecta en la productividad de las cuadrillas con los desperdicios de albañilería, tarrajeo y en general con cualquier etapa constructiva dentro de un proyecto de edificación.

El efecto más importante en dichos estudios es el económico, según Galarza, entre los materiales de mayor valor económico en sus proyectos de estudio, se encuentran el concreto y el acero. Según las mediciones presentadas en una obra sin sistema de gestión de calidad, solo en sótanos se ha cuantificado un 37% de desperdicios o un equivalente a 183 m<sup>3</sup>, si se estima un P.U. promedio de 250 soles (concreto premezclado) las pérdidas se traducen a 47,750 soles, además comenta que de

haber utilizado un sistema de bomba tradicional durante la construcción de la torre de departamentos, las pérdidas habrían sido superiores a dicho monto en 12,500 soles.

Se cuenta con poca información registrada de análisis y mejoras para el uso eficiente del concreto en la construcción de muros anclados, aun si cada empresa cuenta con registros de control de desperdicios de concreto de todos sus procesos constructivos, la información para la mejora continua ha sido dejada de lado o simplemente estas buenas prácticas no han sido difundidas o no han tenido una metodología para su aplicación, control y registro de avances, para luego ser publicadas.

## 1.2 VARIABILIDAD EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN

Durante los últimos años, el aumento de la actividad en el sector construcción ha propiciado la aparición de nuevas empresas constructoras tanto nacionales como extranjeras, frente a este incremento de la competencia, los contratistas deberían buscar disminuir sus costos de operación así como el abaratamiento de sus procesos constructivos para así volverse más competitivas en el mercado. Una de las maneras de conseguir este objetivo es mejorar la productividad de las partidas que tienen un mayor impacto en el costo final del proyecto.

En nuestro país se han estudiado y difundido muchas herramientas que tienen como finalidad medir, controlar y evaluar la productividad de la mano de obra (informes de productividad, cartas balance, niveles generales de actividad, , etc.), Del mismo modo se han realizado investigaciones y diagnósticos sobre el tema, Sin embargo, existe poca información disponible en nuestro medio sobre el control de los materiales, pese a que representan una parte importante del costo directo de las obras como lo muestra el siguiente cuadro:

**Cuadro N°1.2.- Incidencia por el costo de materiales.**

<b>ESTRUCTURA DEL COSTO</b>	<b>% INCIDENCIA</b>
MANO DE OBRA	22%
MATERIALES	28%
EQUIPOS	22%
SUBCONTRATAS	16%
COSTOS INDIRECTOS	12%
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>
GG OFICINA PRINCIPAL	5%
UTILIDAD BRUTA	12%
<b>VENTA TOTAL</b>	<b>117%</b>

Fuente: Ing. Manuel Wu.

Este cuadro fue presentado en julio del año 2007 por Manuel Wu, encargado de compras de una de las empresas constructoras más reconocidas del país, durante la semana de Inducción #12 del programa de formación de ingenieros jóvenes, Se tomaron como referencia las obras ejecutadas por la empresa durante el 2007.

En él se aprecia que la principal incidencia en el valor final de las obras está dada por el costo de los materiales (28%), superando incluso a la mano de obra (22%). Es decir, los materiales como recurso, son igual y en muchas ocasiones más valiosos que la mano de obra por lo que es necesario mantener un control estricto sobre su uso en obra.

En general, la variabilidad afecta las tasas de producción y puede bajar la productividad general de un proyecto (Alarcón y Ashley, 1999). Cuando la variabilidad se incrementa, se traduce en tasas de producción más bajas y pérdidas de capacidad. Con la variabilidad, los trabajos en progreso también se hacen más cuantiosos (Tommelein et al, 1998). Inclusive, la teoría de colas reconoce que el incremento de la variabilidad en un sistema incrementa los tiempos de espera (Hopp y Spearman, 1996). Fundamentalmente la variabilidad en los proyectos de construcción se traduce en plazos más largos y costos más altos.

Además existe una consideración muy importante a tener en cuenta cuando se trata de mejorar la productividad de los materiales, el desperdicio de un recurso generalmente viene acompañado del consecuente desperdicio de otros recursos asociados, es decir, si se está instalando la tubería de la bomba para el vaciado del concreto en un lugar donde aún se tiene interferencias como: montículos de arena, material de encofrado, barra de acero o maquinarias que dificultan la instalación a además de desperdiciar materiales como el concreto también se están gastando

horas hombre, herramientas y equipos para preparar la habilitación del camino; Corregir la baja productividad del material contribuirá a la eliminación de trabajos innecesarios que consumen recursos de todo tipo.

### **1.3 PROCESO CONSTRUCTIVO DEL MURO ANCLADO EN EXCAVACIONES PROFUNDAS.**

A continuación se describe el proceso constructivo del muro anclado aplicado por empresas constructoras peruanas. Debido a que cada proyecto analizado tiene sus propias características constructivas, se ha buscado estandarizar la secuencia constructiva, manteniendo el orden lógico.

#### **1.3.1 Excavación masiva**

Esta etapa es similar a la de calzaduras, se hace por etapas a medida que se van avanzando los anillos. Es importante mencionar que la excavadora o retroexcavadora que se está empleando normalmente se queda en la obra para contribuir con el movimiento de tierra al interior de la excavación para conseguir armar rápidamente los contrafuertes.



Figura N° 1.1.- Excavación masiva con Equipos

#### **1.3.2 Perforación, introducción de cables e inyección**

Se define el punto de anclaje de acuerdo a lo indicado en el plano de detalle. Hay que considerar que el detalle de los planos es a la cara del muro anclado, por lo cual debemos proyectar el punto con el ángulo de inclinación en la banqueta.

Una vez terminada la introducción del anclaje, se procederá a la inyección de vaina, en caso no producirse rechazo por boca se dejará un tiempo de 6 horas como mínimo

antes de iniciar la re-inyección. Durante la inyección, por ningún motivo, personal de obra deberá estar en la línea de tiro del anclaje.



Figura N° 1.2.- Proceso de anclaje

### 1.3.3 Excavación de banqueta

El proceso consiste en la eliminación del interior de un nivel inferior del área, dejando un anillo con un ancho entre 4 a 5 metros en los niveles superiores y 9 a 10 metros en niveles inferiores, con suficiente acción pasiva para poder estabilizar el terreno. El anillo se va descargando mediante banqueta para esto se usa un cargador frontal y/o una retroexcavadora, la eliminación del anillo se realiza en forma de damero (uno sí, uno no), dejando las banquetas para poder resistir los esfuerzos. Este proceso se realiza con equipos mecánicos. (Retroexcavadora o Excavadora)



Figura N° 1.3.- Excavación de banqueta o excavación localizada

### 1.3.4 Perfilado y desquinche

Es el proceso de afinar el perfil del talud a excavar, de la fineza del trabajo depende que no se sobre excave y se genere desperdicio de concreto. En este proceso se debe tener cuidado de no tener un bajo control en el procedimiento de perfilado.



El perfilado se realiza manualmente con picos y palas.

El desquinchado manual se realiza con el fin de conseguir la plomada correspondiente, así como obtener el menor desperdicio posible contra el terreno al momento del vaciado. Una vez alcanzado el nivel horizontal y vertical deseado, se procede a echar una lechada de cemento para evitar que se desmorone el terreno.



Figura N° 1.4.- Etapa de perfilado

### 1.3.5 Excavación localizada

Se procederá a excavar una zanja a lo largo del muro con una profundidad promedio igual a la longitud de empalmes de acero, luego se procederá a rellenar con material propio cuando se haya concluido de colocar la malla de acero.



Figura N° 1.5.- Excavación de zanja para la colocación de empalmes

### 1.3.6 Colocación de acero estructural

Es el proceso de armar en el sitio correspondiente, el esqueleto de acero del muro que se va a anclar. El cual está compuesto por un emparrillado y un refuerzo en la zona de anclaje. El refuerzo de la zona cercana al anclaje es de vital importancia,

además se considerará un espacio para que el concreto no maltrate la mecha de anclaje. Se recomienda usar cajones de madera para proteger las mechas y así minimizar el picado en el momento de ejecutar la losa. Todos estos procedimientos serán seguidos muy de cerca por el control del topógrafo.



Figura N°1.6.- Colocación de acero y malla de refuerzo para el anclaje

### 1.3.7 Colocación de Encofrado

El proceso se inicia con la colocación de las soleras para apoyar las primeras planchas de encofrado. Todas las planchas han sido previamente preparadas con desmoldante. Se lleva control topográfico al inicio y al final del proceso para mantener la verticalidad del mismo. En todos los procedimientos se utiliza encofrado modulado, el cual se arma en un espacio cercano al muro y luego son trasladados con un equipo grúa. El sistema de apuntalamiento, está debidamente diseñado para soportar la presión del concreto, su movilización se logra con ayuda de una grúa o manual, además, para poder armar las diferentes piezas del encofrado se necesitará de un andamio y el personal está obligado a usar arnés durante estas maniobras.



Figura N°1.7.- Procesos del encofrado del muro anclado

### 1.3.8 Construcción de contrafuertes

El contrafuerte es una alternativa para asegurar la fijación de los paneles, sirve como estructura de apoyo al empuje que genera el concreto sobre las planchas de encofrado, para ello se utiliza un cargador frontal y un juego de tablas en donde se apoyarán los puntales. Esos puntales tienen un diseño dado por la empresa que alquila el encofrado; sin embargo, por experiencias previas se colocan más puntales con la finalidad de asegurarse que las planchas no se pandearán.



Figura N°1.8.- Colocación de puntales en el contrafuerte

### 1.3.9 Vaciado de concreto

El vaciado de los muros anclados se realizó con concreto premezclado con resistencia temprana a cinco días y utilizando una bomba para concreto. Además, algunas veces se hace el vaciado con buguis o directamente sobre el muro haciendo una rampa de acceso. El vibrado nos asegura una buena densidad en el concreto evitando la formación de cangrejas (espacios de vacíos en el concreto), aunque también se usa concreto con aditivos para mejorar la fluidez.



Figura N°1.9.- Vaciado del Concreto con Bomba "TK"

### 1.3.10 Desencofrado

Procedimiento convencional realizado al día siguiente del vaciado, retirando las planchas del muro, limpiándolas y posteriormente aplicándole el desmoldante respectivo.

### 1.3.11 Curado

Se aplica un curado químico o en otros casos solo agua.



Figura N°1.10.- Procesos de curado con químicos

### 1.3.12 Tensado

Cuando el concreto ha alcanzado su resistencia, esto es a los tres, cinco o siete días, se tensan los cables aplicando una fuerza que varía entre las 25 a 35 toneladas, dependiendo de la especificación de cada muro. Este procedimiento suele ser rápido, tardando por cada muro un promedio de 20 minutos, por lo que es necesario y práctico planificar el tensado de la mayor cantidad de muros posibles al día. Cuando se ha tensado el muro recién se puede iniciar la excavación debajo del mismo para continuar con el siguiente anillo, es por ello que controlar y asegurar este proceso es vital para mantener el flujo de los trabajos.



Figura N°1.11.- Tensado de cables

### 1.3.13 Retiro de revoques

En las zonas de rebabas irán las losas y para tener una uniformidad en el muro, se hace el picado de revoques.



Figura N°1.12.- Picado de remanentes

De lo expuesto anteriormente, se basa en experiencia en campo y recopilación de registros en obras similares, con ello se ha podido definir 13 procesos importantes en la etapa constructiva de los muros anclados. Para los objetivos de esta investigación se ha estandarizado dichos procesos según la tabla que se muestra a continuación.

**Cuadro N°1.3.- Procesos en la etapa constructiva de los muros anclados en un edificación típica**

ITEM	SECUENCIA ESTAN DAR	OBRA 1.- EDIF.-EDIFICA	OBRA 2.- ALTO ELEVUAR	OBRA 3.- CLÍNICA DELGADO GYM	OBRA 4.- MOTIVA
1	EXCAVACIÓN MASIVA	EXCAVACIÓN MASIVA	EXCAVACIÓN MASIVA	EXCAVACIÓN MASIVA	EXCAVACIÓN MASIVA
2	PERFORACIÓN, INTRODUCCIÓN DE CABLES E INYECCIÓN	PERFORACIÓN E INTRODUCCIÓN DE CABLES DE INYECCIÓN	PERFORACIÓN Y COLOCACIÓN DE ANCLAJES	RETIRO DE BANQUETA CON RETIRO EXCAVADORA	PERFORACIÓN Y COLOCACIÓN DE ANCLAJES
3	EXCAVACIÓN DE BANQUETA	EXCAVACIÓN DE BANQUETA, PERFILADO Y LECHADA	EXCAVACIÓN DE BANQUETAS CON EXCAVADORA	PERFILADO MANUAL Y PAÑETEO	EXCAVACIÓN DE BANQUETAS CON EXCAVADORA
4	PERFILADO Y DESQUINCHE	COLOCACIÓN DEL ACERO	PERFILADO, RETIRO DE ROCAS Y PAÑETEO	ARMADO DE MALLAS DE ACERO, TRANSPORTE Y COLOCACIÓN	PERFILADO Y CORTE MANUAL
5	EXCAVACIÓN LOCALIZADA	ENCOFRADO DE MURO	EXCAVACIÓN INFERIOR PARA EMPALMES DEL ACERO	MODULAMIENTO DE ENCOFRADO, TRANSPORTE Y COLOCACIÓN	EXCAVACIÓN DE ZANJAS
6	COLOCACIÓN DE ACERO ESTRUCTURAL	VACIADO DE CONCRETO	COLOCACIÓN Y ARMADO DE LA MALLA DE ACERO Y REFUERZOS	COLOCACIÓN DE DADOS DE CONCRETO 0.5 TON	COLOCACIÓN DE ACERO
7	COLOCACIÓN DE ENCOFRADO	DESENCOFRADO DE MURO	RELLENO DE SOBRE EXCAVACIÓN PARA EMPALMES	RELLENO DE CONTRAFUERTES	COLOCACIÓN DE ESCANTILLADO
8	CONSTRUCCIÓN DE CONTRAFUERTES	CURADO	ENCOFRADO DE MUROS Y COLOCACIÓN DE COMPUERTAS	VACIADO DE MURO	RELLENO DE ZANJAS Y COLOCACIÓN DE BASES DE MADERA
9	VACIADO DE CONCRETO	TENSADO DE CABLES	COLOCACIÓN DE CONTRAFUERTES Y PUNTALES	DESENCOFRADO DE MURO	COLOCACIÓN DE ENCOFRADO METÁLICO
10	DESENCOFRADO	ESCARIFICACIÓN	RELLENO DE CONTRAFUERTES	PERFORACIÓN E INYECCIÓN	COLOCACIÓN DE MADERA DE PROTECCIÓN DE ENCOFRADO
11	CURADO		VACIADO DE CONCRETO	CURADO	RELLENO CON TIERRA
12	TENSADO		DESENCOFRADO	TENSADO DE CABLES	VACIADO DE CONCRETO
13	RETIRO DE REVOQUES		CURADO	PICADO DE REVOQUES	EXCAVACIÓN
			TENSADO DE CABLES		RETIRO DE PROTECCIÓN DE MADERA Y ENCOFRADO METÁLICOS
					CURADO
					TENSADO DE CABLES
					PICADO DE CHIUTE

Fuente: Elaboración propia

## **CAPITULO II: CONCEPTOS GENERALES**

### **2.1 CONCEPTO DE DESPERDICIOS EN EL USO DE MATERIALES DE LA CONSTRUCCIÓN**

El concepto de desperdicio en general es similar para diversos autores, Ghio (2001) lo define como "Toda aquella actividad que tiene un costo pero que no le agrega valor al producto final". Por su parte, Formoso (1996) amplía el concepto indicando que se refiere a "Toda ineficiencia que se refleja en el uso de equipos, mano de obra y materiales en cantidades mayores a aquellas necesarias para la construcción de una edificación". Paliari (1999), sin embargo, plantea una interrogante válida, la cual se debe discutir antes de establecer un concepto definitivo de desperdicio. Este autor sostiene que las pérdidas son un concepto relativo ya que se debe determinar en primer lugar una situación de referencia. Es decir definir, para cada realidad un rendimiento estimado o aceptable de los recursos, considerando así como desperdicio a todo lo que supere este límite. Para estimar el desperdicio de materiales se utilizan normalmente los consumos promedio del sector como situación de referencia, sin embargo, este criterio no es lo ideal ya que cada obra tiene características propias (tecnología, tipo de cuadrillas, procedimientos, metodologías, etc.) que requieren estimaciones más precisas para un control adecuado, también pueden utilizarse los consumos promedio de edificaciones similares o los consumos establecidos en normas técnicas (cuando existan).

Este planteamiento se opone a definiciones como la de Melinghender (1976) quien por el contrario sostiene que los desperdicios son "todo aquello que diferencia a la obra ejecutada de la obra perfecta" o la de Conwat Quality (1988), que plantea que es "La diferencia entre la forma como las cosas se hacen ahora y la forma como podrían ser hechas si todo fuera perfecto."

Considerando ambas posturas podría comenzar a plantearse una definición final para el desperdicio de los materiales y en particular del uso del concreto. Definitivamente es necesario considerar las características particulares de cada proyecto y de cada etapa del mismo al analizar los desperdicios (circunstancias, procedimientos constructivos, equipos, calidad de las cuadrillas, etc.), no es lo

mismo por ejemplo, el desperdicio de concreto que se puede tener vaciando una cimentación que el que se obtiene vaciando elementos verticales.

Por otro lado, es fundamental también realizar el contraste con la situación ideal, de esta manera se puede mantener el control de la brecha que existe entre lo real y lo ideal, lo que contribuye al análisis de las causas de estos desperdicios. Sin embargo, no en todas las partidas se puede definir fácilmente una situación ideal.

Tal es el caso del concreto para el muro anclado, para realizar esta actividad existen diversas maneras de ejecutarlas, cuando no se tiene un procedimiento óptimo o estandarizado se utiliza el criterio de los encargados de obra, quienes basados en sus propias experiencias personales establecen un procedimiento de ejecución. En las partidas de vaciado de concreto, por razones geométricas, la situación perfecta se dará cuando se consuma 1 m<sup>3</sup> de concreto por cada m<sup>3</sup> que haya que llenar con mezcla. La respuesta adecuada en estos casos debe estar en los documentos técnicos (planos, especificaciones, memorias descriptivas). Con el apoyo de esta información se debe determinar la cantidad necesaria de material que se debe utilizar para lograr la fabricación del producto final de acuerdo a los estándares de calidad requeridos por el cliente. En caso no se encuentre la información necesaria en los documentos técnicos quedará a criterio del equipo de obra, determinar los consumos ideales en base a su experiencia.

Tomando en cuenta lo expuesto anteriormente, este informe considerará como desperdicio del concreto a todo consumo de recurso (materiales y horas hombre) en cantidades mayores a las necesarias para la elaboración de un producto de construcción de acuerdo a las especificaciones reflejadas en los documentos técnicos, planificación y a los criterios establecidos por los encargados de obra y que estas afectarán a la productividad.

## **2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS DESPERDICIOS EN EL USO EFICIENTE DEL CONCRETO**

Los desperdicios tienen una serie de características significativas que pueden determinar la forma en que se les clasifica. El método de clasificación más difundido



es el utilizado por la empresa TOYOTA, dentro del marco de su sistema de producción, el cual se basa en la eliminación total de las pérdidas ocurridas durante el flujo del proceso productivo. A continuación se detallan los 7 tipos de desperdicio señalados por la filosofía Lean Construction según Koskela (1999):

- a) Sobre producción: Se refiere a los desperdicios de recursos generados por la fabricación de productos en mayor cantidad a la necesaria.
- b) Transporte: Se hace referencia a los gastos innecesarios en los que se incurre al transportar recursos de una ubicación a otra ya que esta actividad no agrega ningún valor al producto final, por lo que se recomienda disminuirla al máximo.
- c) Inventario: Son los costos en los que se incurre por ocupar el espacio de almacenamiento y el riesgo de pérdida o destrucción del material almacenado.
- d) Movimientos innecesarios: Se refiere a los movimientos innecesarios realizados por los trabajadores durante la ejecución de sus labores.
- e) Esperas: Está compuesto por aquellos periodos de tiempo en los cuales los recursos generan gasto pero no están siendo utilizados debido a diferentes motivos.
- f) Defectos o trabajos rehechos: Son los costos adicionales en los que se incurre cuando un producto no ha sido fabricado de acuerdo a las características de calidad solicitadas por el proyecto.
- g) Sobre procesamiento: Se refiere a actividades que no son necesarias para lograr el producto final solicitado según las especificaciones y que están incluidas dentro del proceso mismo.

Podemos considerar también un tipo de pérdida o generador de pérdidas, a la improvisación, lo cual se entiende por realizar actividades no planificadas.

Koskela plantea un proceso de construcción basado en flujo porque vio carencias que perjudican seriamente a la confiabilidad del proceso, por tal motivo propone que para la realización de una tarea deba tenerse en cuenta 7 pre-condiciones, estas pre-condiciones son: liberar la tarea previa, conocer el diseño de construcción, preparar a los trabajadores, tener disponibles los componentes o materiales, disponibilidad de equipos, tener cancha libre o el espacio necesario para realizar la labor sin obstáculos y tomar las previsiones sobre las condiciones externas.

De acuerdo a la experiencia del autor de este informe y consultas a expertos, los desperdicios también podemos agruparlos en previsibles y no previsibles.

Entiéndase por previsibles, a los desperdicios que han sido detectados en el análisis de restricciones y/o reuniones de planificación, pueden ser evitados o trabajados para minimizar sus efectos negativos en la productividad

Por otro lado, los no previsibles son aquellos que difícilmente pueden ser detectados o su ocurrencia es eventual, por ende, mitigar las pérdidas y desperdicios son prácticamente imposibles.

Ambas son muy dependientes de la variabilidad o incertidumbre de cada proyecto, también dependerán del costo que conlleve ejecutar el plan de acción para minimizar o evitar efectos negativos en la productividad y en la producción.

### **2.3 PRINCIPALES CAUSAS DE LOS DESPERDICIOS DEL CONCRETO**

Identificar las causas de los desperdicios y pérdidas que afecten la eficiencia en el uso del concreto es fundamental para plantear una estrategia de disminución de los mismos, se debe determinar el problema raíz, para analizarlo y plantear la mejor forma de eliminarlo. Existen diversas propuestas y análisis respecto a las posibles causas de los desperdicios, hay que tenerlas en cuenta ya que la recopilación de esta experiencia servirá de mucho cuando haya que analizar los problemas particulares que afecten nuestros proyectos.

En la investigación presentada en su libro "Productividad en obras de construcción Diagnostico, critica y propuesta", Ghio (2001) presenta una serie de circunstancias que pueden afectar la productividad de las obras:

- a) Cuadrillas sobredimensionadas: Utilizar mayor cantidad de personal que lo necesario produce que no todos los integrantes del equipo trabajen a su máxima capacidad, así mismo conlleva a desinterés en el cuidado de los materiales y equipos.
- b) Falta de supervisión: La falta de control sobre la mano de obra puede traducirse en bajos rendimientos del personal. Así mismo implicará un mal uso de recursos como materiales y equipos (especialmente cuando han sido subcontratados)
- c) Deficiencias en el flujo de materiales: Produce pérdida de tiempo y falta de control en la cantidad y calidad de materiales que serán trasladados a la zona de trabajo, así mismo se sub-utilizan equipos de forma inadecuada durante el traslado de recursos cuando esta operación no ha sido planeada eficientemente.

- d) Mala distribución de instalaciones en obra: Se refiere a los obstáculos que se interponen en el recorrido del personal para el acarreo de material o un layout ineficiente en cuanto a la ubicación de elementos claves como sanitarios, almacén, etc.
- e) Actitud del trabajador: La disposición de los trabajadores para realizar sus tareas es un elemento clave ya que finalmente son ellos los que utilizan los recursos dispuestos en la obra (tiempo, materiales, equipos).
- f) Falta de manejo en campo: Mala coordinación del trabajo de cuadrillas puede provocar un cruce de actividades de dos equipos distintos, una mala distribución de recursos, ejecución de trabajos no planificados, etc.
- g) Mala calidad: genera fallas que se traducen en re-trabajos o correcciones.
- h) Deterioro de trabajos ya realizados: Se consumen recursos para volver a fabricar un producto que ya se encontraba listo, y que fue deteriorado por negligencia.
- i) Cambios en los diseños: Si es que no se informan con un plazo significativo no permiten un buen planeamiento para su ejecución, lo que ocasiona pérdida por un mal manejo de los recursos. Puede ser además que la nueva información no esté completa.
- j) Falta de programación y control en el uso de los equipos: Esto produce un mal uso de los recursos priorizando en muchos casos ciertas actividades en lugar de beneficiar al flujo de todo el proceso.
- k) Trabajos lentos: Generados en su mayoría debido a una excesiva manipulación de equipos y materiales, así como demoras producidas por los propios trabajadores.
- l) Falta de un buen diseño de los procesos constructivos: Debido a las diferentes circunstancias que se dan entre las distintas obras que no son consideradas antes de iniciar los trabajos.

Las causas descritas anteriormente brindan lineamientos generales para comenzar a analizar la verdadera raíz del desperdicio de materiales. Otros autores han analizado en detalle, cuáles pueden ser los motivos que ocasionan pérdida de materiales o de los recursos más valiosos utilizados en obra.

Soibelman (1993) propone cuatro posibles causas de desperdicio para el concreto premeclado. En primer lugar se menciona a la diferencia entre la cantidad entregada y la solicitada, esta situación se da por fallas en los sistemas de calidad de los

proveedores, lo que podría ser imperceptible si es que no se mantiene un seguimiento adecuado de la cantidad de concreto que se ha entregado efectivamente en obra.

Otra causa significativa encontrada por el autor es el uso de equipos en mal estado (bombas, encofrados, tuberías) que facilitan la filtración de material, así mismo se señala a los pedidos excesivos como un motivo importante de pérdida de material, en su propia investigación sobre desperdicio de materiales Formoso detectó índices de desperdicio de hasta 25% en algunos casos debido a este motivo.

Finalmente ambos autores coinciden en que otra causa fundamental es el espesor excesivo de los elementos estructurales debido a la falta de control durante la colocación de puntos de referencia o a un mal trabajo en la colocación del encofrado.

En el estudio mencionado anteriormente, Formoso encontró en una de las obras analizadas espesores de losa hasta 15% mayores a las especificadas en los planos del proyecto.

Por lo anteriormente descrito, se tendrá la base necesaria para identificar las causas que afecten la eficiencia del uso del concreto en la construcción de los muros anclados y poder realizar un diagnóstico para proporcionar alternativas de mejora.

## **2.4 DO CONSTRUCTION APLICADO AL REGISTRO HISTÓRICO DE LA VARIABILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN**

La necesidad de innovar en la construcción civil ha propiciado la adopción de conceptos, técnicas y herramientas de la industria seriada, que no siempre han sido implementados mediante un proceso de adaptación adecuado. Empeorando aún más la situación, muchos de esos conceptos han impuesto algunas formas de hacer las cosas, los cuales no llevan en consideración varias de las características propias de la construcción civil.

En este contexto, y como resultado de varios años de investigaciones de campo, se fueron encontrando diversas tendencias que justificaban el uso y perfeccionamiento

de varias prácticas de la construcción civil, las cuales podrían complementarse perfectamente con las posturas adquiridas de la industria seriada.

El concepto de “Do Construction”, trata de rescatar las experiencias obtenidas en obras anteriores, mediante el adecuado registro, evaluación y análisis de las ocurrencias de la producción en obra, para determinar la toma de decisiones y así mejorar el desempeño de la gestión de la producción.

Randolph Thomas (2004), en un estudio sobre el desempeño de la mano de obra para la ejecución de encofrados para estructuras de concreto, encontró que se puede reducir la variación en la productividad de la mano de obra, mejorando su desempeño, mediante la utilización de informaciones de obras anteriores.

En el año 2002 se inició un debate en el ASCE Journal of Construction Engineering and Management, entre Gregory Howell, Glenn Ballard, Iris D. Tommelein y Lauri Koskela (por parte del Lean Construction) y de Randolph Thomas, Michael J. Horman, Ubiraci Espinelli Lemes de Souza y Ivica Zavrski (2004) en el que se discutió la necesidad de aclarar los conceptos relacionados a la aplicabilidad del Lean Construction a la construcción civil, la necesidad de contribuir a la mejoría del sector de la construcción civil, mediante la utilización de resultados tangibles, producto de la colección de datos de campo, la utilización de herramientas científicas de análisis, así como la divulgación de sus resultados.

Do Construction, es establecida por Souza (2005), esta postura surgió con la necesidad de aprovechar el conocimiento práctico adquirido para sustentar la toma de decisiones en la construcción civil, con lo cual se busca respaldar esta toma de decisiones no solamente en recomendaciones teóricas, sino con datos de experiencias de gestiones pasadas.

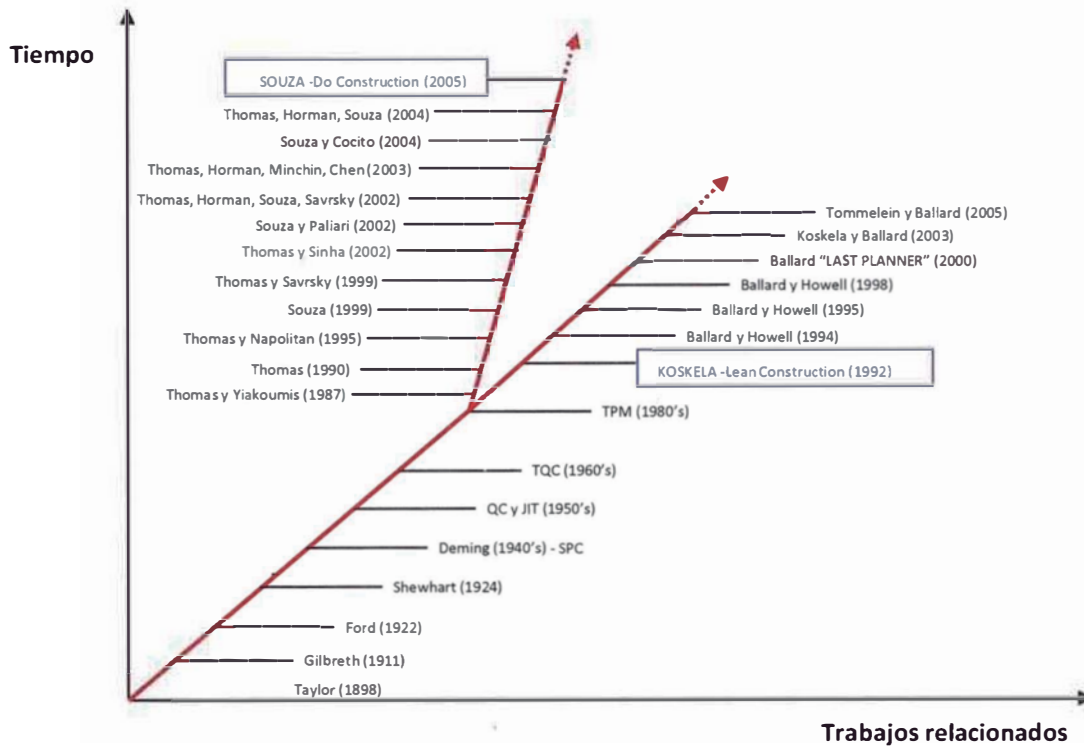


Figura N°2.1.- Evolución y desarrollo del Do Construction y Lean Construction.

El análisis de estadísticas adecuadamente obtenidas de esas experiencias pasadas debe servir para identificar tendencias y, en base a ellas, desarrollar teorías que expliquen las relaciones y sus impactos en la gestión de la producción, siempre buscando establecer un ciclo de mejora continua con énfasis en el control. Una herramienta aceptada por el Do Construction es la utilización del Modelo de Factores (1987), el cual establece la importancia de medir objetivamente los resultados [de la producción] y entender los factores que los determinan, para poder actuar sobre esos factores en caso de que se desee alterar los propios resultados.

Según Souza y Araújo (2005), las siguientes posturas están asociadas al Do Construction:

1. El Modelo de Factores sirve como base para las discusiones Do Construction;
2. La mejoría, en términos de productividad y desempeño, puede seguir un enfoque del ciclo de Deming en el control;

3. Los indicadores son valorizados como una forma objetiva para tratar con las informaciones;
4. En lo referido a la gestión del trabajo al nivel de operaciones de obra, enfatizándose la importancia de la gestión de los recursos físicos demandados, en especial, la cuadrilla, los materiales y equipos asociados a una determinada actividad (visión especialista);
5. Visión Analítica, figurándose un proceso global constituido por una serie de procesos menores (recibimiento, almacenamiento, procesamiento intermedio, procesamiento final y transportes entre éstos); cada uno de estos procesos puede tener diferentes composiciones de recursos físicos;
6. En el caso de las cuadrillas, ésta debe clasificarse no solamente por la función que desempeña sino también por su ubicación dentro del flujograma de procesos;
7. Debe considerarse que, además de que la reducción en la variabilidad de los procesos sea deseable, es preciso que se organicen los procesos objetivando la reducción de la variabilidad de la productividad de ellos.
8. Minimizar la concentración de sub-actividades de bajo valor en un mismo día de trabajo.
9. Hay que distinguir y dar la atención debida a la existencia de actividades secuenciales, alternadas y simbióticas, (estas últimas deben ser evitadas siempre que sea posible, y de existir, recibir más atención del gestor, demandando normalmente mayor cantidad de "buffers") Randolph Thomas (2004).
10. Existen anomalías que marcan la construcción, por lo tanto, hay que prever mecanismos que al mismo tiempo minimicen el riesgo de su ocurrencia y que prevean un conjunto de soluciones, en caso de que no puedan ser evitadas.
11. El aprendizaje existe principalmente por parte de la gestión, por lo tanto, hay que tomar las providencias necesarias para tomar decisiones sobre la organización del trabajo antes de que este se inicie.

12. Aunque el "Just in Time" sea teóricamente interesante, el "Just Enough" (tener el recurso en la cantidad necesaria, en el lugar en el que será utilizado, en el momento que sea necesario) se muestra más eficiente y de menor riesgo para la construcción.

13. El tamaño del equipo de trabajadores debe corresponder a un cálculo (determinación) y no a una opinión de la propia mano de obra.

14. El mismo raciocinio del ítem 13 puede aplicarse a los materiales y equipos.

15. Entender las expectativas de los trabajadores es fundamental. Para facilitar la gestión de los procesos debemos establecer condiciones que sean alcanzables para ellos.

## **2.5 LA NORMA ISO 9001:2008**

Las normas ISO 9000 son normas de "calidad" y "gestión continua de calidad", establecidas por la Organización Internacional para la Estandarización (ISO). Se pueden aplicar en cualquier tipo de organización o actividad sistemática orientada a la producción de bienes o servicios. Se componen de estándares y guías relacionados con sistemas de gestión y de herramientas específicas, como los métodos de auditoría.

Su implantación en estas organizaciones, aunque supone un duro trabajo, ofrece una gran cantidad de ventajas para las empresas, entre los que se cuentan:

- 1.- Monitorear los principales procesos asegurando que sean efectivos.
- 2.- Mantener registros apropiados de la gestión, de los procesos y de los procedimientos.
- 3.- Mejorar la satisfacción de los clientes o los usuarios.
- 4.- Mejorar continuamente los procesos, tanto operacionales como de calidad.
- 5.- Reducir los rechazos e incidencias en la producción o prestación del servicio mediante un monitoreo y la existencia de procedimientos para la corrección de los problemas.



6.- La principal norma de la familia es actualmente la: ISO 9001:2008 - Sistemas de Gestión de la Calidad - Requisitos. Otra norma vinculante a la anterior: ISO 9004:2000.

En base a lo descrito anteriormente, los conceptos de estandarización y mejora continua estarán sujetos a las recomendaciones del ISO 9001:2008. Esta norma nos brindará los lineamientos necesarios para trabajar bajo un enfoque a los procesos.

## CAPITULO III: CARACTERISTICAS DEL PROYECTO A ANALIZAR

### 3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Para el desarrollo de la investigación se ha tomado como muestra una obra en proceso de ejecución, ubicado en la Av. Arequipa 3765, en el distrito de San Isidro. Este proyecto es un edificio multifamiliar que cuenta con tres sótanos y cisterna, ha sido construido siguiendo las recomendaciones del Lean Construction. Las características generales del proyecto son las siguientes:

- Nombre del Proyecto: Alto Olivar
- Número de sótanos: 3 más cisterna
- Número de pisos: 10 más azotea
- Área del terreno: 1022 m<sup>2</sup>
- Profundidad de excavación: -13.50 m
- Número de anillos con muros de contención: 1
- Número de anillos con muros anclados: 2
- Imagen 3D de la obra y croquis general del terreno:



Figura N°3.1.- Proyecto de estudio

El proyecto cuenta con un solo acceso en la Av. Arequipa, además está limitada por viviendas multifamiliares de 3 y 4 pisos, que en su mayoría son de adobe y material noble.

También se hizo un comparativo tecnológico con un segundo proyecto de edificación multifamiliar. Las características generales del proyecto, que sirvió como referencia para las propuestas de mejora, son las siguientes:

- Nombre del Proyecto: Narciso de la Colina
- Ubicación: Calle Narciso de la Colina 421, esquina con Av. Paseo de la Republica, en el distrito de Miraflores.
- Número de sótanos: 6 más cisterna
- Número de pisos: 17
- Área del terreno: 530 m<sup>2</sup>
- Profundidad de excavación: -17.35 m hasta el sótano 6 y -20.00 m hasta la cisterna.
- Número de anillos con muros de contención: 1
- Número de anillos con muros anclados: 5
- Imagen 3D de la obra y croquis general del terreno:

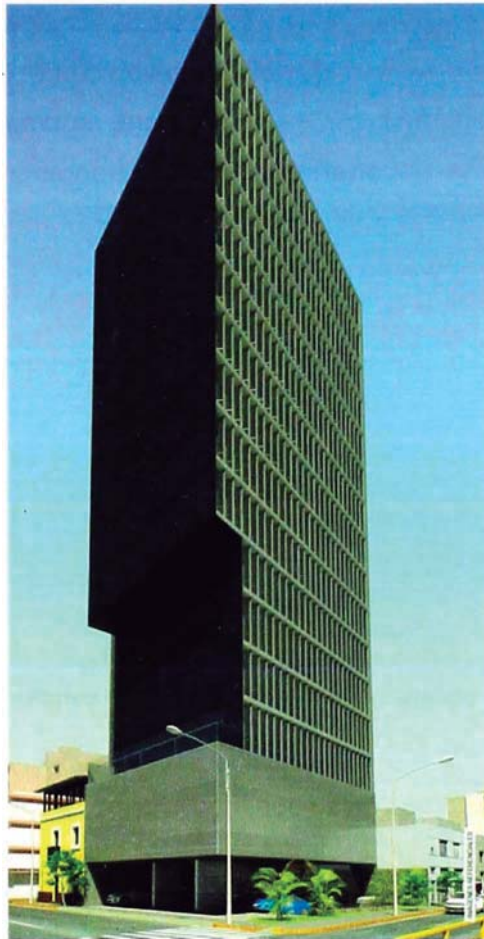


Figura N° 3.2.- Proyecto Narciso Colina

Con el propósito de tener una base de datos y buenas prácticas como antecedentes, se recopiló información importante sobre registro de desperdicios y control de concreto, planificación en la etapa constructiva y métodos de trabajo en la

construcción de muros anclados, los cuales son aplicables a proyectos de edificación de mediana profundidad, el autor del presente informe ha sido participe en los proyectos mencionados a continuación:

Las características generales del proyecto 1, que sirvió como primer antecedente son las siguientes:

- Nombre del Proyecto 1: Etapa 1 - Clínica Delgado
- Ubicación: Av. Angamos cuadra N°4, Miraflores
- Número de sótanos: 5 más cisterna
- Número de pisos: 4 y 10 en cada torre respectivamente.
- Área del terreno: 9452.69 m<sup>2</sup>
- Profundidad de excavación: - 20.10 m
- Número de anillos con muros de contención: 1
- Número de anillos con muros anclados: 5
- Imagen 3D de la obra y croquis general del terreno:

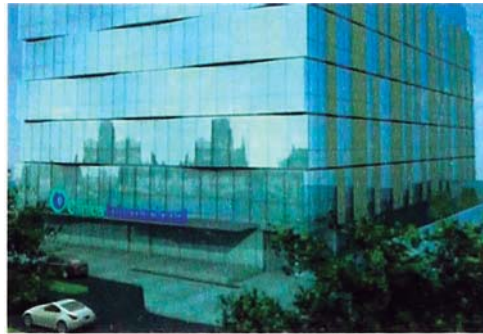


**Figura N°3.3.- Proyecto Clínica Delgado**

Las características generales del proyecto que sirvió como segundo antecedente son las siguientes:

- Nombre del Proyecto 2: Clínica Internacional
- Ubicación: Av. Guardia Civil N° 385, San Borja
- Número de sótanos: 5 más cisterna
- Número de pisos: 10
- Área del terreno: 2473 m<sup>2</sup>
- Profundidad de excavación: - 16.20 m

- Número de anillos con muros de contención: 1 en 3 frentes
- Número de anillos con muros anclados: 4 en 3 frentes y 6 en 1 frente
- Imagen 3D de la obra y croquis general del terreno:



**Figura N°3.4.- Proyecto Clínica Internacional**

Los procesos constructivos de los muros anclados en los proyectos de estudios antes mencionados son similares, obviamente existirán varios detalles que faciliten o dificulten algunos procesos y sub procesos, pero en general mantienen una secuencia constructiva similar y son afectadas por las variabilidades típicas de todo proyecto de edificación en general.

### **3.2 ACTIVIDADES DE MAYOR INCIDENCIA**

De acuerdo al presupuesto realizado para el proyecto, se presentará la influencia en costo de la etapa de construcción de los muros anclados en relación al proyecto total y qué actividades son afectadas directamente con el uso del concreto.

Se determinará cuáles son los materiales o las partidas que valdrá la pena controlar a lo largo del proyecto, este proceso puede realizarse tanto de manera cualitativa como cuantitativa. Las motivaciones para mantener control sobre un material pueden variar dependiendo de las características de las empresas y los proyectos.

Una obra debe mantener el control sobre un material debido al costo que le puede ocasionar desperdiciarlo o eliminarlo, también debe mejorar procesos buscando alternativas que minimicen los costos y obtener un producto de igual o mejor calidad, con ello se logra asegurar la calidad de algunos procesos en donde se esté utilizando mayor cantidad de materiales para corregir defectos, mejorar la productividad de las cuadrillas, reducir el impacto en el medio ambiente, etc.

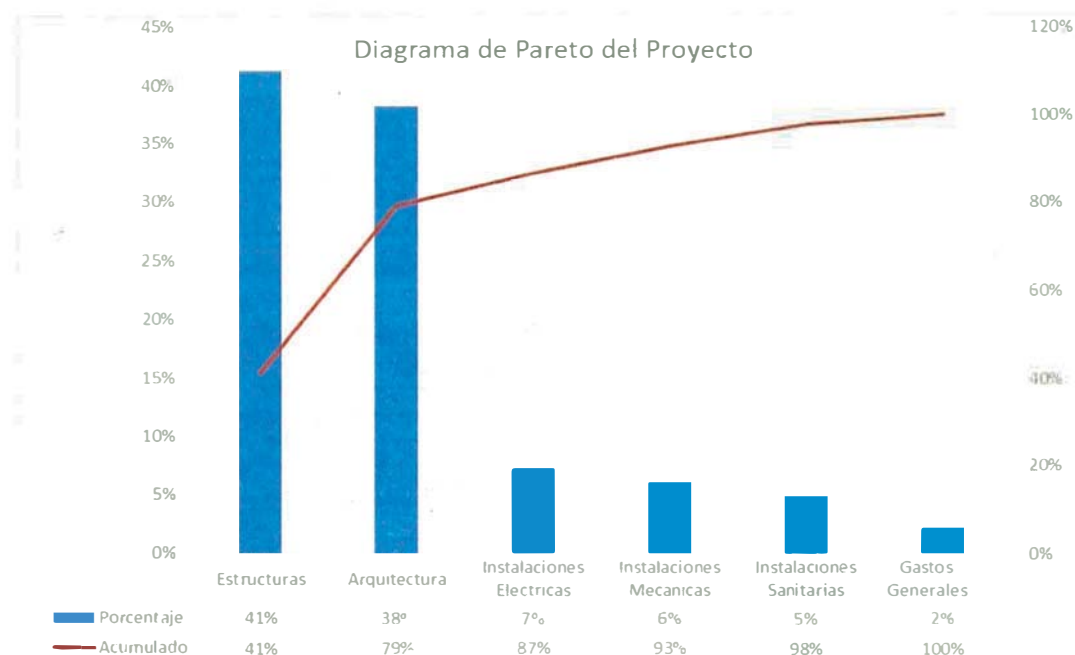
Se hará un análisis económico y se elaborará en función al presupuesto del proyecto, con la ayuda de esta información se determinará la incidencia de las actividades en el costo de la obra. Con los de gráficos de Pareto se determinará cuáles son las actividades dentro del procesos constructivo del muro anclado cuyo costo tiene mayor incidencia en el presupuesto de la dicha etapa constructiva y en qué partidas están involucradas, de esta manera cualquier propuesta de ahorro en el consumo de recursos se reflejaría en un ahorro significativo para el proyecto. En el siguiente cuadro se muestra el resumen del presupuesto del proyecto a analizar.

**Cuadro N°3.1.- Presupuesto Resumen expresado en nuevos soles**

Item	Especialidad	Valor	I.G.V.	Total
1	Estructuras	4,606,635.11	829,194.32	5,435,829.42
2	Arquitectura	4,277,803.12	770,004.56	5,047,807.68
3	Instalaciones Eléctricas	821,521.93	147,873.95	969,395.88
4	Instalaciones Sanitarias	553,699.62	99,665.93	653,365.56
5	Instalaciones Mecánicas	685,966.03	123,473.89	809,439.92
	Gastos Generales	247,200.00	44,496.00	291,696.00
6	Costo Directo	11,192,825.81	2,014,708.65	13,207,534.45
7	Total presupuesto ofertado (S/)	11,192,825.81	2,014,708.65	13,207,534.45

Fuente: Elaboración propia

Se realizará el Diagrama de Pareto para observar mejor la incidencia que tiene la etapa de estructuras con respecto al presupuesto del proyecto.



**Figura N°3.5.- Diagrama de Pareto del presupuesto del proyecto**

Del diagrama anterior se observa que la especialidad de estructuras abarca el 41% del presupuesto y la especialidad de arquitectura el 38%, ambos tienen un acumulado del 79% del total del presupuesto.

Ahora se analizará las partidas que se encuentra en la especialidad de estructuras, para el presente presupuesto se ha incluido las partidas de superestructura y muros anclados dentro de la especialidad de estructuras y dentro de la especialidad de muros anclados de ha considerado movimiento de tierras.

**Cuadro N°3.2.- Resumen del presupuesto de la superestructura**

Item	RESUMEN DE PARTIDAS	total SIN igv
<b>01.00.00</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</b>	<b>20,949.08</b>
<b>02.00.00</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>	
02.01	CIMIENTO ARMADO	6,691.614
02.02	ZAPATAS	157,583.517
02.03	MUROS DE CONCRETO	26,792.561
02.04	PLACAS	888,968.28
02.05	COLUMNAS	168,062.28
02.06	LOSA ALIGERADA FIRTH	1,074,007.37
02.07	LOSA MACIZA	142,562.39
02.08	VIGAS	639,902.81
02.09	ESCALERA	27,496.84
02.10	CISTERNA	89,788.59
<b>03.00.00</b>	<b>VARIOS</b>	
03.01	LOSA DE PISO	56,364.58
03.02	COLUMNAS DE AMARRE	53,607.77
03.03	VIGA DE AMARRE	2,071.69
03.04	RAMPA SOBRE TERRENO	3,840.45
03.05	DUCTO DE EXTRACCIÓN DE MONÓXIDO INCLUYE TAPA	34,755.75
03.06	BASE PARA SOPORTE DE MÁQUINAS (BOMBAS)	1,461.72
03.07	BASE PARA SOPORTE DE MÁQUINAS (EXTRACTORES)	1,602.03
	<b>COSTO DIRECTO SI.</b>	<b>3,396,509.33</b>

Fuente: Base de datos de la empresa

**Cuadro N°3.3.- Resumen del presupuesto de muro anclado y movimiento de tierra**

Item	RESUMEN DE PARTIDAS	total SIN igv
<b>1,00</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRA</b>	<b>323,915.53</b>
<b>2,00</b>	<b>MICELANEOS</b>	<b>104,754.32</b>
<b>03.00</b>	<b>OBRAS CIVILES</b>	<b>1,560,957.01</b>
03.01	OBRAS Y TRABAJOS PRELIMINARES	29,200.00
03.02	MURO ANCLADO	664,157.36
03.03	CIMIENTO ARMADO	74,073.38
03.04	COLUMNA C-10	6,649.75
03.05	VARIOS	5,420.58
03.06	ZAPATA	1,954.85
	<b>COSTO DIRECTO SI.</b>	<b>1,210,125.78</b>

Fuente: Base de datos de la empresa

De los dos cuadros mostrados anteriormente, se observa que las partidas que comprende el muro anclado y movimiento de tierra es el 26.27% de la especialidad de estructuras y la superestructura el 73.73%. Otro dato importante es que la partida de muros anclados y movimiento de tierras equivale al 10.81% del presupuesto total del proyecto. Las partidas de movimiento de tierras y muro anclado se realizan prácticamente en paralelo, es por ello su consideración en conjunto para este análisis debido a su dependencia simultánea. En el siguiente cuadro se mostrará las partidas desagregadas de movimiento de tierras y muro anclado, también se usará el diagrama de Pareto para observar la incidencia de cada actividad.

**Cuadro N° 3.4.- Partidas que comprenden movimiento de tierra y muro anclado**

Item	RESUMEN DE PARTIDAS	total SIN igv
<b>1,00</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRA</b>	
01.01	EXCAVACIÓN Y ELIMINACIÓN MASIVA EN BANCO CON EQUIPO ANILLO 1° Y 2°	149,301.18
01.02	EXCAVACIÓN Y ELIMINACIÓN MASIVA EN BANCO CON EQUIPO ANILLO 3° Y 4°	119,473.00
01.03	EXCAVACIÓN DE CISTERNA EN BANCO CON EQUIPO	4,096.13
01.04	EXCAVACION LOCALIZADA (CIMENTACIONES Y ZAPATAS) CON MAQUINA	8,379.33
01.05	ACARREO INTERNO, PROCEDENTE DE TODA EXCAVACION LOCAL	6,440.13
01.06	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DE EXCAVACION LOCALIZADA	36,225.75
<b>2,00</b>	<b>MICELANEOS</b>	
02.01	PERFILADO DE BANQUETAS PARA MURO PANTALLA	13,052.11
02.02	TRASLADO DE CONTRAPESOS PARA MURO PANTALLA.	49,000.00
02.03	PLATAFORMADO BASE PARA EQUIPO DE PERFORACIÓN.	3,105.22
02.04	TRASLADO DE RAMPA INC. NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN.	1,234.20
02.05	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	19,957.79
02.06	IZAJE DE EQUIPO DE EXCAVACION TERMINO DE LA PARTIDA	4,950.00
02.07	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	3,500.00
02.08	SEGUROS CONTRA RIESGO DE MUROS COLINDANTES A LOS VECINOS.	5,500.00
02.09	SEGURO COMPLEMENTARIO DE TRABAJO SCTR	4,455.00
<b>03.00</b>	<b>OBRAS CIVILES</b>	
<b>03.01</b>	<b>OBRAS Y TRABAJOS PRELIMINARES</b>	
3.01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	3,000.00
3.01.02	TRAZO Y REPLANTEO EN OBRA	16,200.00
3.01.03	EXAMEN MEDICO, EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL (INCLUYE COLOCACION DE LINEAS DE VIDA)	10,000.00
<b>03.02</b>	<b>MURO ANCLADO</b>	
3.02.01	CONCRETO PRE-MEZCLADO FC = 280 KG/CM <sup>2</sup>	186,454.16
3.02.02	ACERO CORRUGADO FY 4200 KG/CM <sup>2</sup>	140,241.31
3.02.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	79,497.65
3.02.04	CURADO DE MURO PANTALLA CON ADITIVO	1,528.80
3.02.05	ANCLAJES POSTENSADOS (INC. PERFORACIÓN, INYECCIÓN DE CONCRETO, Y TENSADO)	252,000.53
3.02.06	PICADO DE CUÑAS	4,434.90
<b>03.03</b>	<b>CIMIENTO ARMADO</b>	
3.03.01	CONCRETO PRE-MEZCLADO FC = 210 KG/CM <sup>2</sup>	46,642.90
3.03.02	ACERO CORRUGADO FY 4200 KG/CM <sup>2</sup>	18,030.02
3.03.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO ENTERRADO	6,759.90
3.03.04	SOLADO EN CIMIENTO ARMADO	2,640.56
<b>03.04</b>	<b>COLUMNA C-10</b>	
3.04.01	CONCRETO PRE-MEZCLADO FC = 280 KG/CM <sup>2</sup>	1,397.71
3.04.02	ACERO CORRUGADO FY 4200 KG/CM <sup>2</sup>	3,367.77
3.04.03	ENCOFRADO DE COLUMNA	1,848.72
3.04.04	CURADO DE COLUMNA	35.55
<b>03.05</b>	<b>VARIOS</b>	
03.05.01	MO SOLADO EN CIMENTO CORRIDO	2,600.76
03.05.02	ANDAMIO ESCALERA	2,400.00
03.05.03	DOWELLS EN PLACAS	419.82
<b>03.06</b>	<b>ZAPATA</b>	
	<b>COSTO DIRECTOS/.</b>	<b>1,210,125.78</b>

Fuente: Base de datos de la empresa



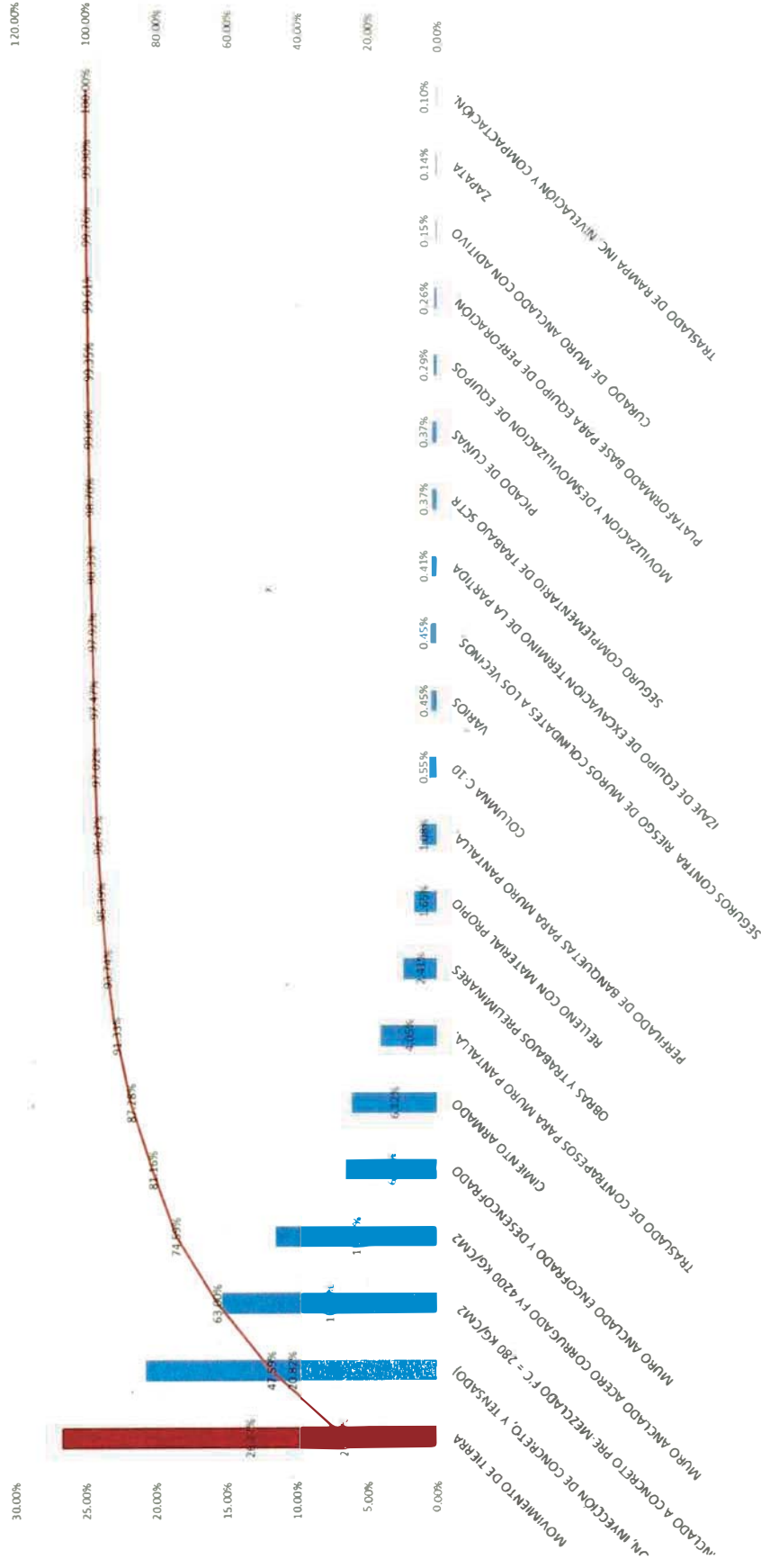


Figura N°3.6.- Diagrama de Pareto de movimiento de tierra y muro anclado

De la figura anterior se observa que, aparte de la partida de movimiento de tierras, la colocación de anclajes, colocación de acero, encofrado y vaciado de concreto de muro anclado son los más significativos en costo, sumando un total del 81.16% del presupuesto de dicha partida.

Pero este análisis no es suficiente para poder identificar, controlar y mejorar el rendimiento de las actividades que aporten de manera positiva a la eficiencia del uso del concreto en la etapa de muros anclados. El perfilado de la banqueta del muro anclado y el traslado de la rampa, que comprende el 1.08 y 0.10% de la partida en estudio respectivamente, desempeñan un papel importante en el avance físico y consumo de recursos en esta etapa contractiva.

Se utilizará el diagrama de Ishikawa, consulta de expertos, reuniones para lluvias de ideas, visitas tecnológicas a obras similares y seguimiento de los indicadores de control de avance para poder encontrar factores exógenos y endógenos (asociados con la variabilidad) que afecten el avance y consumo de recursos y por ende elaborar propuestas de mejora.

### **3.3 FACTORES ENDÓGENOS Y EXÓGENOS QUE AFECTAN EL BUEN DESEMPEÑO DEL PROYECTO**

Es necesaria hacer la distinción entre qué factores son endógenos y cuales son exógenos. Según la Real Academia Española (RAE), todos aquellos factores que son de origen interno está considerado como endógenos, mientras que los que tienen origen en el exterior se considerarán como exógenos.

Es decir todos aquellos recursos o aspectos que pueden ser analizados y en ocasiones controlados por los mecanismos de control internos del proyecto serán los factores endógenos, mientras que aquellos que afectan al proyecto pero que dependen del exterior serán los considerados exógenos.

Una manera práctica para poder identificar los factores endógenos y exógenos es la Matriz FODA, que se elaborará al inicio del proyecto. Cabe mencionar que el análisis FODA abarca también el análisis del Contrato, el cual se asumirá como un factor endógeno en general.

Para el presente informe, se realizará una identificación de dichos factores que afectan al proyecto de manera positiva y negativa mediante reuniones grupales donde intervienen personal de oficina y campo en general.

Cuadro N° 3.5 FODA del proyecto (exógeno)

<b>EXTERNO</b>	<b>OPORTUNIDADES</b>
	<b>En estos espacios se colocan las Oportunidades del Contrato</b>
	Presupuesto a Suma Alzada bien elaborado
	El Cliente y la contratista son del mismo grupo
	No se tiene supervisión externa
	No tener contacto directo con el Cliente
	Lugar céntrico y cercano a oficina principal
	Afianzamiento de Pactos Comerciales con nuevos y antiguos proveedores
	Aprovechamiento de Plazo extenso, ahorro en gastos generales
	Supervisión interno con experiencia similar al equipo de la Obra.
	Relaciones cordiales y de confianza con los proyectistas
	Pocas empresas constructoras con capacidad de ejecutar las siguientes etapas del proyecto.
	punto geográfico accesible para proveedores.
	Ninguna actividad sindical que perjudique el proyecto
	<b>A MENAZAS</b>
	<b>En estos espacios se colocan las Amenazas del Contrato</b>
	Ingeniería del Proyecto con observaciones de diseño (Cambios de planos)
	Incremento en el costo de movimiento de tierras por bajo rendimiento del sub contratista
	Ubicación de la obra en la Av. Arequipa limita uso de vías
	Límite horario hasta las 5 pm sin posibilidad a ampliación de horario
	Construcciones aledañas de adobe
	La obra genera molestia en los vecinos.
	Re planeamiento por paralización de la obra en enero
Demora de los mixer por el tráfico de la zona y por prioridad a obras de mayor magnitud	
Filtración de agua de cisterna de vivienda aledaña	
Penalidad al equipo de proyecto incumplimiento en el plazo contractual.	
Constantes visitas de la Gerencia General y Gerencia de Operaciones	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N°3.6.- FODA del proyecto (endógeno))

FORTALEZAS	
<b>En estos espacios se colocan las Fortalezas de la empresa</b>	
Basta experiencia en Construcción de edificios multifamiliares (15 años)	<b>INTERNO</b>
Confraternidad dentro del equipo de la Obra.	
Cada especialista del proyecto tiene bien manejado su tema.	
Actitud positiva del equipo en lo que se refiere a trabajar con calidad y eficiencia.	
Residente de Obra con amplia experiencia en Edificaciones y con aptitud de enseñar a su equipo.	
Uso de herramientas de gestión de la producción del Lean Construction	
Se trabaja bajo estándares internacionales	
Respaldo económico de la empresa para concluir el proyecto sin problemas	
DEBILIDADES	
<b>En estos espacios se colocan las Debilidades de la empresa</b>	
Sistema de Gestión de Seguridad en fase de pruebas, el cual perjudica el avance de la obra	
No se tiene un área de Calidad y staff de obra incompleto	
No se ha realizado un presupuesto meta	
Soporte deficiente de Oficina principal en logística	
No se tiene un personal capacitado para almacen de obra	
Manejo de Procedimientos e Instructivos.	
Falta de coordinación de visitas y comunicación de cambios entre oficina principal y obra.	
Sistema de Computo limitado	
Contratos con sub contratistas pendientes por cerrar.	
Continuo cambio de personal por falta de gestión del talento	

Fuente: Elaboración propia

Mediante este análisis FODA del proyecto de estudio se definirá objetivos estratégicos y responsables, que en un tiempo determinado se tendrán que levantar dichas restricciones, mejorar las fortalezas y aprovechar las oportunidades.

## CAPITULO IV: RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN EN CAMPO

### 4.1 METRADO DE AVANCE Y RECURSOS CONSUMIDOS EN EL VACIADO DE CONCRETO PARA MUROS ANCLADOS

Durante la etapa de ejecución de las entibaciones se realizará un registro del volumen de concreto utilizado en los muros anclados y este será comparado con el metrado teórico planeado en gabinete. Esta información también nos servirá para realizar las curvas de avance y las valorizaciones que serán aprobadas por el ingeniero residente, debido a que trabajaremos con una sub contratista encargada del proceso de vaciado.

En base a la planificación realizada **anexo 4.1** mediante la metodología de fases de avances para la ejecución de muros anclado, realizaremos las curvas de control. En el **anexo 4.2** se muestra el registro de la cantidad de paños programados para su ejecución versus el avance real ejecutado. A Continuación mostraremos el control gráfico que realiza la empresa en relación a dicho avance del primer anillo.



Figura N°4.1.- Curva de avance del primer anillo de muros anclados

Del gráfico observamos que el inicio de actividades fue el 24 de febrero del 2014, el 07 de marzo se inicia la nivelación del avance y posteriormente la curva de ejecución estará por encima de la programada.

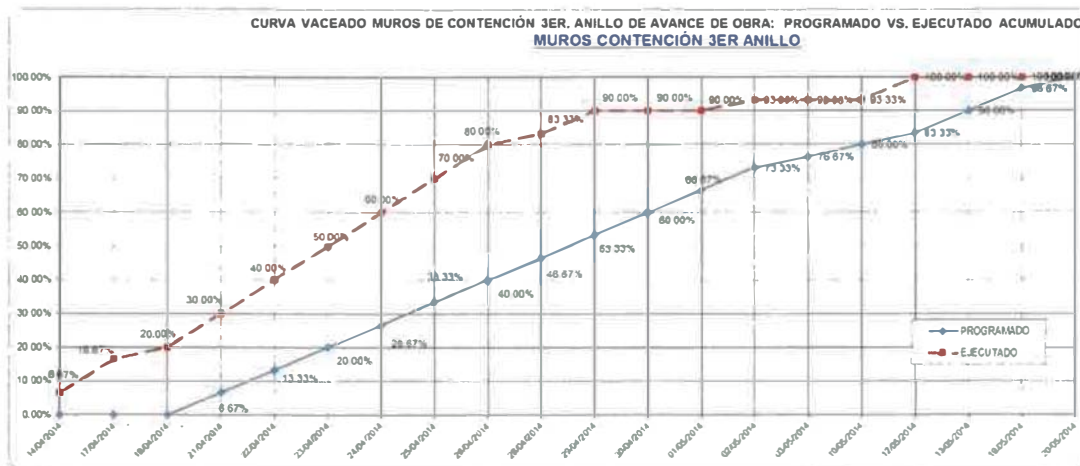


Figura N°4.2.- Curva de avance del primer anillo de muros anclados

A simple vista se deduce que el avance del proyecto es positivo, esto se debe a la buena planificación realizada y al cronograma conservador realizado. Pero ser eficaz no significa ser eficiente. Es por ello que dicho reporte gráfico deberá complementarse con un indicador y reporte de eficiencia, para ello se realizará el metrado diario de la cantidad utilizada de concreto y este será comparado con el teórico, también se analizará la eficiencia del recurso humano, donde se utilizará el ratio y la curva de productividad. Se realizará el metrado teórico de la cantidad de concreto que necesita un paño de muro.



Figura N° 4.3.- Dimensiones de un paño de muro anclado

De acuerdo a la figura 4.3, las dimensiones de un paño son 5.00 m. de largo y 3.50 m. de altura y de acuerdo a las especificaciones técnicas, el espesor a considerar es

de 0.20 m. Con las dimensiones anteriormente indicadas, el volumen de concreto en un paño es de 3.50 m<sup>3</sup>.

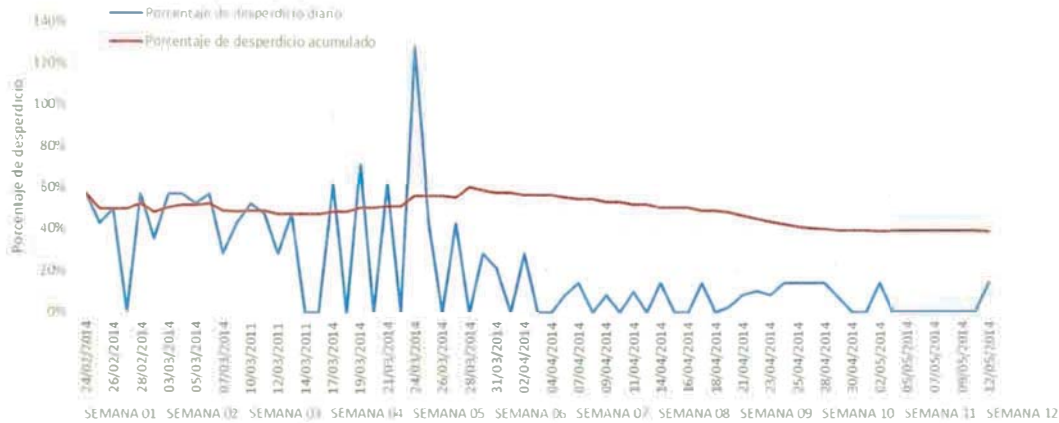


Figura N°4.4.- Evolución del porcentaje de desperdicio de concreto

En la figura 4.4 observamos el porcentaje de desperdicio diario y como es la tendencia a lo largo del tiempo. Se realizará propuestas de mejora para el uso eficiente, pero también se deberá considerar los factores negativos que perjudicarán el buen desempeño de los trabajos.

Cuadro N°4.1.- Porcentaje acumulado de desperdicio del concreto en la última semana de ejecución de muros anclados

Descripción	SEMANA 12					
	12/05/2014	13/05/2014	14/05/2014	15/05/2014	16/05/2014	17/05/2014
HH diario	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Avance diario	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Productividad diaria	1.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HH Acumulado	963.50	963.50	963.50	963.50	963.50	963.50
Avance acumulado	436.60	436.60	436.60	436.60	436.60	436.60
Productividad acumulada (hh/m <sup>3</sup> )	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21
Productividad Presupuesto Meta	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30
HH ganadas/perdidas (diarios)	40.68	40.68	40.68	40.68	40.68	40.68
HH ganadas/perdidas a fin de obra	29.35	29.35	29.35	29.35	29.35	29.35
Vol. Concreto teórico (M <sup>3</sup> )	7.00	-	-	-	-	-
Porcentaje de desperdicio diario	14%	0%	0%	0%	0%	0%
Vol. Concreto teórico acumulado	315.00	315.00	315.00	315.00	315.00	315.00
Porcentaje de desperdicio acumulado	39%	39%	39%	39%	39%	39%

Fuente: Elaboración Propia

Del Cuadro 4.1 observamos que el porcentaje acumulado de desperdicio al final de la ejecución es del 39%, a pesar de haber reducido dicho porcentaje parcial al 14% y de lograr mejoras en las fechas finales con porcentajes de 7 a 9%, los factores negativos en etapas tempranas del proyecto ha perjudicado la eficiencia de su uso del concreto.

## 4.2 INDICADOR UTILIZADO PARA EL CONTROL DE RECURSOS HORAS HOMBRE EN EL PROCESO DE VACIADO DEL CONCRETO

Un indicador importante que se usará en el control de avance físico y que será el indicador el cual se basará la aplicación de la metodología Do Construction es el índice de productividad o ratio de productividad que es la eficiencia en el uso de los recursos, es decir, la relación entre los recursos empleados y lo producido. Se representa como la relación entre los recursos utilizados (cantidad de horas hombre) y la cantidad producida (metrado de avance real).

$$IP = \frac{CANTIDAD DE HORAS HOMBRE TOTAL EN DICHA ACTIVIDAD}{VOLUMEN DE CONCRETO UTILIZADO} \text{ (HH/M3)}$$

IP: Índice de Productividad.

HH: Horas Hombre.

M3: Metros Cúbicos.

Se recopilará información de las IP de obras con características similares para tener una idea acerca del rendimiento de nuestro sistema con respecto a otras empresas. A continuación se muestra IP's de proyectos de edificación con respecto a vaciado de muros anclados:

**Cuadro N°4.2.- Ratios de muros anclados en hh/m<sup>3</sup>**

Proyecto	Ratios
Clínica Internacional	0.930
Edificio de Oficinas Qubo	1.410
Hotel Novotel	1.180
Hotel Libertador	1.368
Golf los Inkas - Camacho	1.471
Golf Millenium	0.968
TORRE BEGONIAS	2.125
LOS MIRTO	1.934
ALTO CARAL	2.012

Fuente: Elaboración propia

En el **anexo 4.3** se muestra el registro histórico de dicho índice de productividad en relación al vaciado de concreto en muros anclados, este dato se obtiene a diario mediante un tareo a las cuadrillas y el metrado real ejecutado, pero para un análisis



práctico se tomarán los datos acumulados por semana, el ratio definitivo del proyecto será el acumulado final.

**Cuadro N°4.3.- Índice de productividad acumulado en la última semana programada de la etapa de ejecución de muros anclados**

Descripción	SEMANA 13					
	19/05/2014	20/05/2014	21/05/2014	22/05/2014	23/05/2014	24/05/2014
HH diario	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Avance diario	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Productividad diaria	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HH Acumulado	963.50	963.50	963.50	963.50	963.50	963.50
Avance acumulado	436.60	436.60	436.60	436.60	436.60	436.60
Productividad acumulada (hh/m <sup>3</sup> )	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21
Productividad Presupuesto Meta	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30
HH ganadas/perdidas (diarios)	40.68	40.68	40.68	40.68	40.68	40.68
HH ganadas/perdidas a fin de obra	29.35	29.35	29.35	29.35	29.35	29.35

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro mostrado, el ratio acumulado o índice productividad del concreto para muros de contención en la última semana de la etapa de ejecución de entibaciones es de 2.21 hh/m<sup>3</sup>. Este resultado está por debajo de la productividad del presupuesto meta (2.30 hh/m<sup>3</sup>).

El indicador acumulado comenzó a disminuir continuamente a partir de la semana 7, debido a los resultados de la aplicación de mejoras en eficacia y eficiencia realizados por el equipo de proyecto. No obstante, en relación a los indicadores de otras obras, este resultado aún no es el mejor, debido a factores que se explicarán en el siguiente capítulo del presente informe.

Del cuadro 4.3 observamos también que no se tiene registro de avance y horas hombre en la semana 13, debido a que esta etapa terminó una semana antes del tiempo planificado (12-05-14).

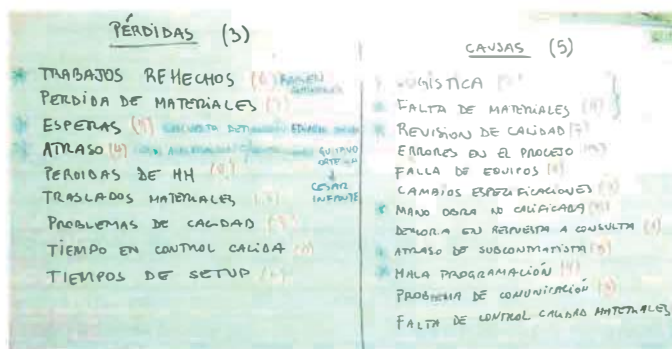
**Cuadro N°4.4.- Índice de productividad acumulado en la última semana de ejecución de muros anclados.**

Descripción	SEMANA 12					
	12/05/2014	13/05/2014	14/05/2014	15/05/2014	16/05/2014	17/05/2014
HH diario	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Avance diario	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Productividad diaria	1.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HH Acumulado	963.50	963.50	963.50	963.50	963.50	963.50
Avance acumulado	436.60	436.60	436.60	436.60	436.60	436.60
Productividad acumulada (hh/m3)	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21
Productividad Presupuesto Meta	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30
HH ganadas/perdidas (diarios)	40.68	40.68	40.68	40.68	40.68	40.68
HH ganadas/perdidas a fin de obra	29.35	29.35	29.35	29.35	29.35	29.35

Fuente: Elaboración propia

### 4.3 REGISTRO DE FACTORES QUE AFECTAN EL USO EFICIENTE DEL CONCRETO

Para poder realizar diagnósticos y propuestas de mejora a partir de los indicadores y gráficas de control registrados y analizados durante el proceso de ejecución de la actividad en estudio, se elaborará un registro de los factores positivos y negativos que afectaron la eficiencia y eficacia en la construcción de muros anclados desde el perfil de uso eficiente del concreto. Dichos factores estarán relacionados directamente con el índice de productividad máxima y mínima en cada semana según las recomendaciones de la metodología del Modelo de Factores del Do Construction. Dicha identificación de factores negativos y positivos se realizarán en las reuniones semanales de producción, donde intervendrán todos los interesados directos del proyecto, ya sea ingenieros de producción, seguridad, calidad, residencia, sub contratistas, capataces y de ser posible proveedores. A continuación se muestra los resultados de una reunión de identificación de factores:



**Figura N°4.5.- Pizarra de Pérdidas y Causas**

Se elaborará una tabla donde se registrarán los IP's máximos y mínimos en cada semana desde el inicio de las labores de ejecución de muros anclado. Los índices máximos representan una baja productividad y los índices mínimos representa una productividad buena, dicho resultado dependerá los factores que ocurriendo en dicho día.

**Cuadro N°4.5.- IP y sus respectivos factores**

SEMANAS	IP	IP MIN	IP MAX
SEMANA 01	3.86	2.65	5.20
		Avance rápido de movimiento de tierras	Poca cantidad de cuadrillas
			Problemas con vecinos
			Trabajo extra de sostenimiento de terreno
SEMANA 02	2.56	1.69	4.8
		Sector de fácil acceso	Cuadrillas incompletas
			falto el topógrafo
			plano actualizado con instalaciones
SEMANA 03	2.63	1.69	2.89
		Cuadrillas completas	problemas con vecino por rajaduras en su pared
		llega una excavadora más	
SEMANA 04	2.71	1.5	1.59
		cuadrillas completas	tardó en llegar los mixers
		avance rápido de movimiento de tierra	
SEMANA 05	2.57	1.22	4.8
		Disponibilidad temprana de mixer y trabajos concluidos antes de tiempos	incidente de seguridad en obra
			se rompió el brazo de la excavadora
			observaciones de calidad
SEMANA 06	2.58	1.41	1.84
		acuerdo de avance por productividad	Demora del mixer
SEMANA 07	2.53	1.71	1.88
		inicio de la planificación last planner	demora del mixer
			observaciones de calidad
SEMANA 08	2.45	1.25	1.5
		mixer puntual	demora de movimiento de tierras
SEMANA 09	2.26	1.17	1.58
		la ruta de las tuberías para el concreto	demora del mixer
SEMANA 10	2.22	1.2	1.38
		la planificación de vaciado mejor +o	demora del mixer
SEMANA 11	2.22	0	0
		No se trabajó por movimiento de tierras	de la cisterna y rampa
SEMANA 12	2.21	1.25	0
		observaciones de calidad	no se trabajó por eliminación de rampa

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro 4.5 se observa que en la primera semana se ha tenido IP's más elevados, esto significa que la productividad era muy baja, debido a la poca cantidad de cuadrillas y otros factores registrados.

Así mismo este índice IP disminuye conforme se va mejorando la planificación y nivelación de recursos.

## CAPITULO V: APLICACIÓN DEL DO CONSTRUCTION Y PHVA PARA EL USO EFICIENTE DEL CONCRETO

### 5.1 DIAGNÓSTICO

El cuadro 4.5 resume los principales factores que afectaron al uso eficiente del concreto en la ejecución de muros anclados pero dichos factores han tenido causas raíces y tendrán efectos significativos en el proyecto en caso no sean tratados y evaluados oportunamente.

En base al análisis desarrollado, se realizará una reunión de lluvia de ideas con el equipo de proyecto con el fin de encontrar las causas raíces significativas que afectaron a la etapa de ejecución de muros anclados. Dicho diagnóstico nos servirá para plantear las propuestas de mejora. La herramienta que se usará será el Diagrama de Ishikawa. El equipo de trabajo para la lluvia de ideas estará conformado por: Ingeniero residente, ingeniero de producción, prevencionista, supervisor interno, capataz de encofrado, capataz de acero y capataz de vaciado y albañilería

En el **Anexo 5.1** se muestra el Diagrama de Ishikawa realizado en la reunión de lluvia de ideas.

De acuerdo al estándar propuesto en el capítulo 2, clasificaremos dichos resultados en 8 grandes grupos donde se les dará pesos de acuerdo a las votaciones que se realice con el equipo de trabajo del proyecto:

**Cuadro N°5.1.- Causas que afectan el uso eficiente del concreto en el proceso de ejecución de muros anclados**

Descripción	Peso
<b>Proceso Inapropiado</b>	
Mal apuntalamiento del encofrado	6
Observaciones de calidad	5
Personal no calificado	3
Mal aplomado	6
EPPS incompletos	1
Mala opción de métodos	5
<b>Transporte de Material</b>	
Mala coordinación para prioridades de vaciado	5
Lejanía con almacén	2
<b>Defectos</b>	
Desplome	5
No cumple con la resistencia f'c	1

No se ha considerado instalaciones	3
Pandeo	3
Cangrejeras	4
<b>Improvisación</b>	
Indefinición de responsabilidades	6
Elementos no planificados	6
Rutas no planificadas	1
Falta de espacio	6
<b>Esperas</b>	
Accesos a obra	5
Proveedor impuntual	6
Exceso de documentación	5
Retraso encofrado	5
Falta de coordinación	6
Tráfico vial	4
Demora de Información	5
<b>Movimientos Innecesarios</b>	
Falta de orden y limpieza	1
Acciones acrobáticas innecesarias	2
Mala utilización de equipos	2
Caídas de carretillas	1
Faltan equipos de transporte	5
<b>Inventario</b>	
Exceso en el pedido	6
Compras urgentes	5
Pérdida de encofrados	4
Encofrado Incompleto	3
<b>Sobre Producción</b>	
Cambio de planos	5
Planificación irreal y/o excesiva	6
Cuadrillas sobredimensionadas	2

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro anterior podemos observar las causas principales de la deficiencia del uso del concreto en muros anclados según el registro histórico de factores del Do Construction.

Las causas principales que serán analizadas para su mejora en la obra son los procesos inapropiados, esperas e improvisación, que según el registro histórico de factores, estas causas serán las más repetitivas y críticas.

El siguiente paso será levantar las restricciones críticas que perjudican el buen desempeño en la construcción de los muros anclados. Los resultados de mejora se podrán observar en la evolución de la curva de productividad y en el porcentaje de desperdicios de concreto.

## 5.2 PROPUESTAS DE MEJORA

Realizaremos propuestas de mejoras a cada una de las tres causas seleccionadas.

### 5.2.1 Procesos inapropiados

Entre las causas específicas tenemos el mal apuntalamiento del encofrado y el aplomado, la primera causas específica ocasionó en obra la abertura de los paneles por presión del concreto, esto se debió a que el vaciado se realizó de manera rápida, sin dejar tiempos entre ciclos de vaciados, también se pudo averiguar que los puntales ya se habían usado en otras obras.

Ante dicha observación se realizarán las siguientes mejoras:

Vaciados más lentos y con la manguera de bombeo inclinada paralelo a la longitud del encofrado.

Para reducir material de apuntalamiento y evitar que la placa reviente se aplicó la técnica de la pachamanca, que consiste en colocar tablonces de protección al encofrado metálico y luego cubrir el paño con tierra en su totalidad.

Con respecto al aplomado, se trabajará con el teodolito electrónico de la obra durante el vaciado, ya que solo se utilizaba la plomada antes y después del vaciado.

El teodolito se utilizaba en el momento de todo el vaciado para medir las posibles variaciones de verticalidad, se tomaba puntos en todos los ejes posibles y se notificaba al carpintero para que ajuste los puntales.

### 5.2.2 Improvisación

La improvisación es considerada la madre de todas las causas de pérdidas en las actividades de la construcción. Podemos destacar en este punto la indefinición de responsabilidades y/o los canales de comunicación, que suele suceder cuando el proyecto carece de un plan de trabajo integral o constantes cambios del organigrama, para poder levantar esta restricción se implementará la siguiente propuesta:

Elaboración del canal de comunicación, organigrama definitivo y matriz de responsabilidades.

### 5.2.3 Esperas

Uno de los principales y más importante factores fue el movimiento de tierras o excavaciones, la secuencia depende principalmente de este factor debido a que la excavadora y retroexcavadora limitan la secuencia en relación al volumen y cantidad de paños a ejecutar.

La retroexcavadora 420 F CAT, se usará principalmente en la apertura de paños o eliminación de banquetas al tener una cuchara de 0.96 m<sup>3</sup> de capacidad. Al inicio del proyecto se usaba-la excavadora 345DL CAT de 3.8 m<sup>3</sup> de capacidad, pero había demasiada sobre excavación y el desperdicio de concreto alcanzó el 58%.

La excavadora 345 DL CAT, se usará en la excavación masiva, al tener una capacidad de 3.8 m<sup>3</sup> pasará exclusivamente a excavaciones masivas.

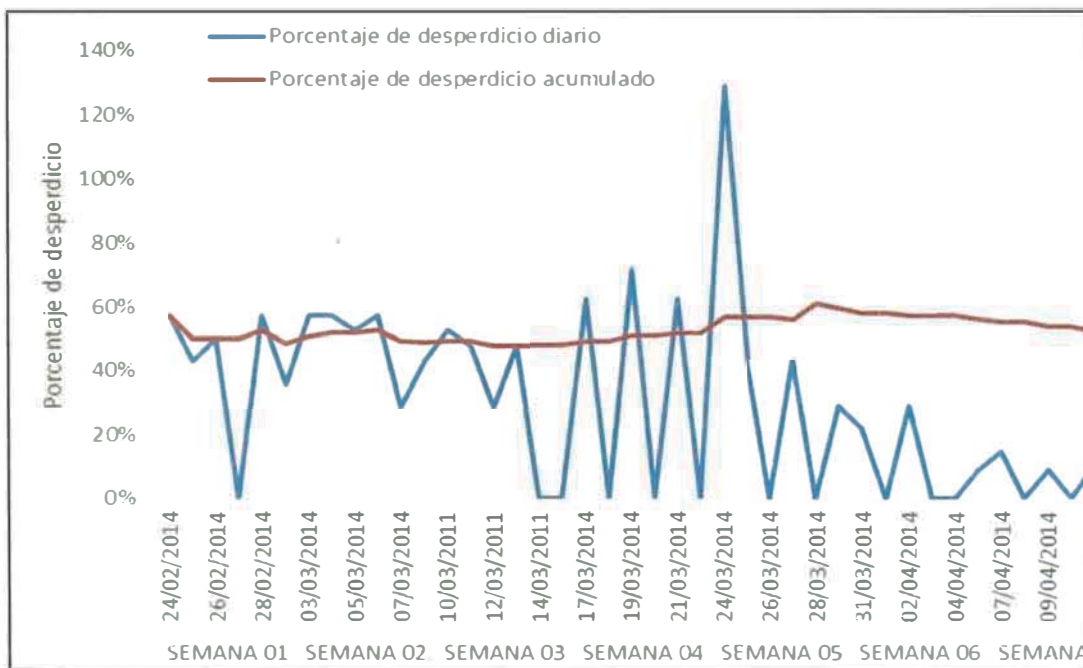


Figura N° 5.1.- Curva de porcentaje de desperdicio del concreto

En la figura 5.1 se muestra el porcentaje de desperdicio entre la semana 01 y 05, esto debido a que las primeras excavaciones a los paños se realizaba con la



excavadora 345 DL CAT, por tal motivo el desperdicio superaba el 60% en algunas fechas.

El día 24 de marzo se tiene el pico más alto de desperdicio, esto debido a que el encofrado del muro anclado falló, ocasionando el desperdicio de 5 m<sup>3</sup> y consumiendo 72 horas hombre en picado y encofrado.

También se ha tenido un bajo rendimiento de excavaciones, llegando a incrementar el volumen de la rampa de acceso y perjudicando los paños que se encontraban en el eje frontal de la construcción.

A continuación se muestra un panel donde se calculará el rendimiento mínimo necesario por día con fecha corte el 08 de mayo.

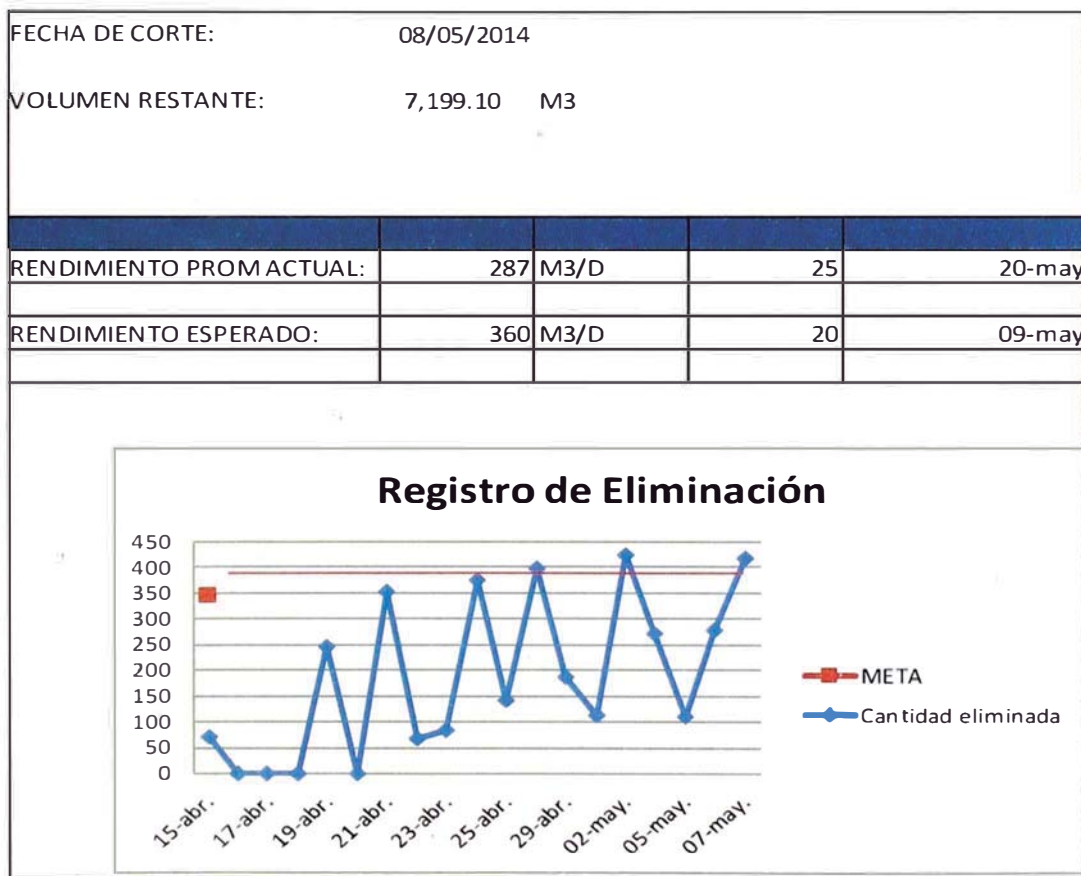


Figura N°5.2.- Panel de rendimiento por día de movimiento de tierras (eliminación)

En la figura 5.2 se observa que queda un volumen de eliminación de 7199.10 m<sup>3</sup>, el volumen mínimo necesario que debe quedar en obra para rellenar zapatas es de

1611 m<sup>3</sup>, el rendimiento actual es de 287 m<sup>3</sup>/día y el necesario debería ser de 360 m<sup>3</sup>/día, este valor necesario se incrementará conforme avance los días, si este no logra superar el mínimo volumen necesario de eliminación por día.

Con respecto a las esperas ocasionadas por la impuntualidad del proveedor de concreto es la más común, en definitiva las esperas en el inicio del vaciado se debió a la impuntualidad del proveedor de concreto premezclado, en promedio el tiempo de esperas llegó a los 40 minutos y esto se debe a los siguientes factores:

Ubicación de la obra: Al ser una zona céntrica y sensible al tráfico vial, las unidades mixer tenían retrasos en la ruta (Santa Anita – San Isidro).

Limitación de unidades en la planta de concreto: Debido a la demanda de concreto por los proyectos de construcción en la zona, en un seguimiento realizado se ha detectado 12 edificaciones en la zona que habían contratado los servicios del mismo proveedor de concreto.

Para poder contrarrestar dicha restricción se implementará la siguiente propuesta:

Estimación semanal del concreto premezclado a usar utilizando la programación semanal y la técnica Look Ahead Planning (planificar a mediano plazo).

Realizar un seguimiento de las obras que puedan afectar nuestra programación de vaciado habitual, por ejemplo, vaciado de gran cantidad de concreto para un mega proyecto de edificación en Lima

Evitar la programación de vaciados en horas punta de tráfico vial.

#### **5.2.4 Sobreproducción**

Una de las características más importantes de la gestión de la producción tradicionalista es la sobreproducción, más que un error de planificación ha pasado a ser la idiosincrasia del sistema. La idea de avanzar más de lo planificado conlleva al error de creer que se ha sido más productivo, lamentablemente son pocas las empresas que utilizan indicadores donde pueden observar la perjudicial que puede ser la sobre producción.

- Se realizará el control de los índices de productividad y curva de productividad diariamente para controlar el avance físico de la obra, con ello evitaremos quedarnos sin frentes de trabajos a consecuencia de consumir producción innecesaria anteriormente.

### 5.3 EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS A PARTIR DE LA APLICACIÓN DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA

Durante la etapa de construcción de los muros anclados se evaluará la evolución de los indicadores propuestos (índice de productividad y porcentaje de desperdicios) para conocer si las propuestas de mejora significativas han dado resultados positivos o negativos. Para ello se analizará la curva de productividad y su comportamiento histórico luego de cada implementación. A continuación se presentará la ubicación histórica de cada implementación y su efecto positivo en la productividad de cuadrillas y eficiencia del uso del concreto.

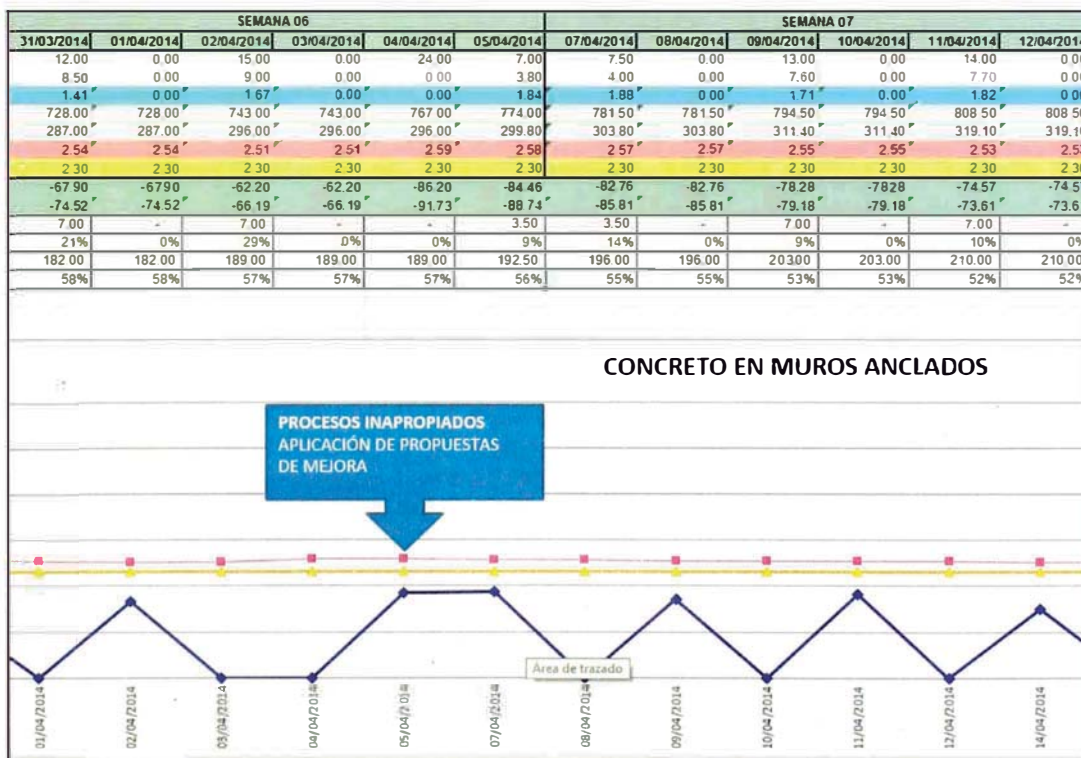


Figura N°5.3.- Ubicación en el tiempo de la primera propuesta de mejora

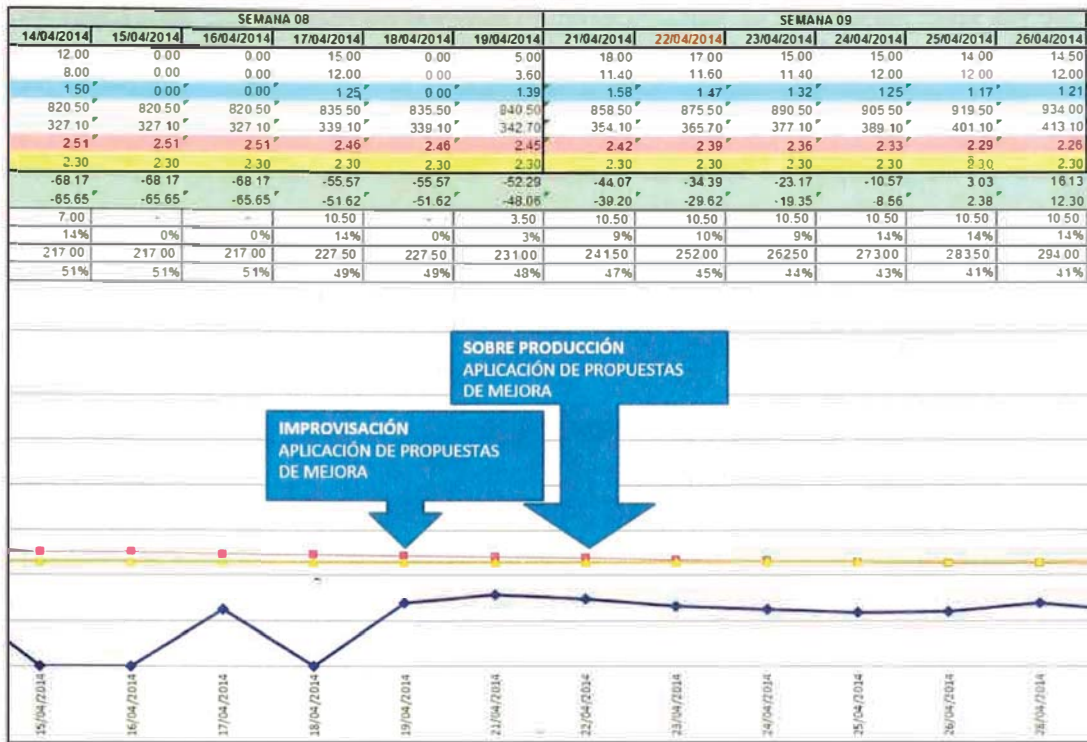


Figura N°5.4.- Ubicación en el tiempo de la segunda y tercera propuesta de mejora

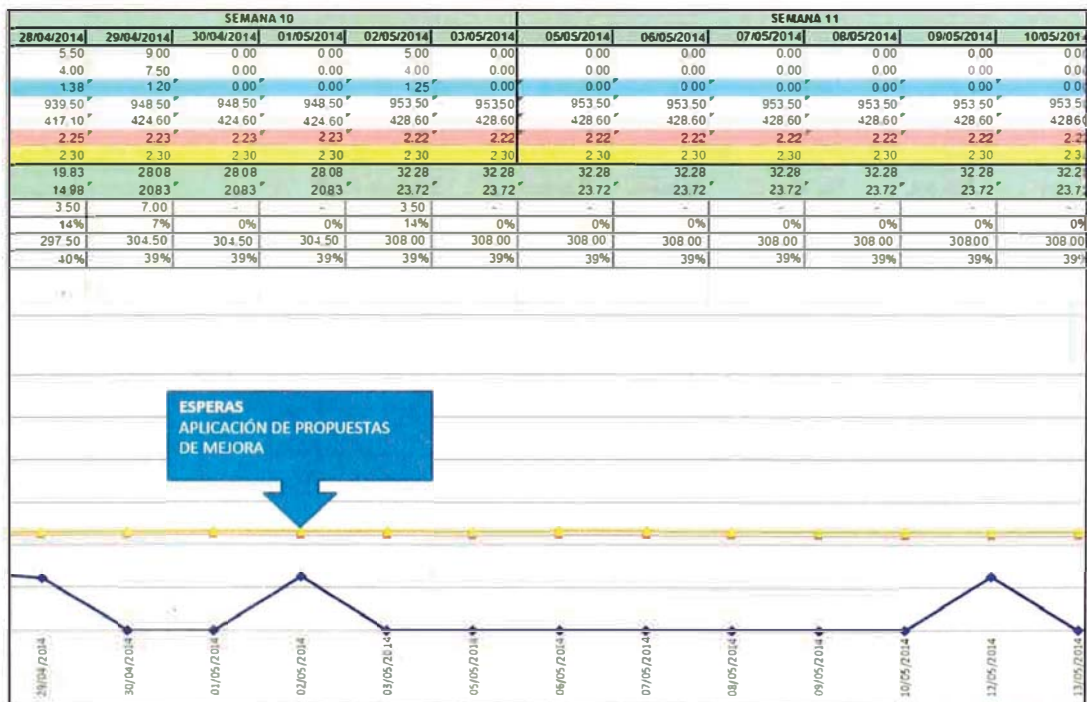


Figura N°5.5.- Ubicación en el tiempo de la cuarta propuesta de mejora

Los resultados observados en la curva de productividad se evaluaban cada semana y se realizaba compromisos para mejorar dichos indicadores, al finalizar y lograr un resultado positivo con la primera propuestas, se analizaba las restricciones para identificar, diagnosticar y analizar la siguiente propuesta de mejora y su constante proceso de control logrando así un PHVA (Planificar - Hacer - Verificar – Actuar).

**Cuadro N°5.2.- Indicadores al inicio de la ejecución de muros anclados**

Descripción	SEMANA 01					
	24/02/2014	25/02/2014	26/02/2014	27/02/2014	28/02/2014	01/03/2014
HH diario	26.00	26.00	28.00	24.00	28.00	28.00
Avance diario	5.50	5.00	10.50	0.00	11.00	9.50
Productividad diaria	4.73	5.20	2.67	0.00	2.55	2.95
HH Acumulado	26.00	52.00	80.00	104.00	132.00	160.00
Avance acumulado	5.50	10.50	21.00	21.00	32.00	41.50
Productividad acumulada (hh/m3)	4.73	4.95	3.81	4.95	4.13	3.86
Productividad Presupuesto Meta	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30
HH ganadas/perdidas (diarios)	-13.35	-27.85	-31.70	-55.70	-58.40	-64.55
HH ganadas/perdidas a fin de obra	-764.59	-835.50	-475.50	-835.50	-574.88	-489.96
Vol. Concreto teórico (M3)	3.50	3.50	7.00	-	7.00	7.00
Porcentaje de desperdicio diario	57%	43%	50%	0%	57%	36%
Vol. Concreto teórico acumulado(M3)	3.50	7.00	14.00	14.00	21.00	28.00
Porcentaje de desperdicio acumulado	57%	50%	50%	50%	52%	48%
Metrado Presupuesto	315.00					

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro N°5.3.- Indicadores al final de la ejecución de muros anclados**

Descripción	SEMANA 12					
	12/05/2014	13/05/2014	14/05/2014	15/05/2014	16/05/2014	17/05/2014
HH diario	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Avance diario	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Productividad diaria	1.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HH Acumulado	963.50	963.50	963.50	963.50	963.50	963.50
Avance acumulado	436.60	436.60	436.60	436.60	436.60	436.60
Productividad acumulada (hh/m3)	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21
Productividad Presupuesto Meta	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30
HH ganadas/perdidas (diarios)	40.68	40.68	40.68	40.68	40.68	40.68
HH ganadas/perdidas a fin de obra	29.35	29.35	29.35	29.35	29.35	29.35
Vol. Concreto teórico (M3)	7.00	-	-	-	-	-
Porcentaje de desperdicio diario	14%	0%	0%	0%	0%	0%
Vol. Concreto teórico acumulado(M3)	315.00	315.00	315.00	315.00	315.00	315.00
Porcentaje de desperdicio acumulado	39%	39%	39%	39%	39%	39%
Metrado Presupuesto	315.00					

Fuente: Elaboración propia

Al iniciar la ejecución se tenía 764.59 hh en pérdidas, al final se logró un indicador positivo de 29.35 hh.

Asumiendo un costo promedio de 14.34 nuevos soles/hh. Al inicio se tenía una pérdida aproximada de 10,964.00 nuevos soles.

Al concluir la etapa constructiva de muros se logró una ganancia aproximada de 420.00 nuevos soles.

El porcentaje de desperdicio del concreto al inicio de la construcción tenía un valor del 57%, al finalizar logramos un acumulado del 39% con una reducción de desperdicios diario del 9% como se observa en el **Anexo 4.3**.

El costo de concreto premezclado es de 200 nuevos soles/ m<sup>3</sup> y el servicio de bomba es de 30 nuevos soles/ m<sup>3</sup>.

De acuerdo a presupuesto de concreto para muros anclados, el valor aproximado es de 101,430.00 nuevos soles con un factor de desperdicio del 40%

Antes de la gestión de propuestas de mejora, se proyectaba tener un costo de concreto para muros anclados de 113,746.00 nuevos soles.

Luego de las mejoras se logró un costo de 100,750.00 nuevos soles.

Con respecto al IP alcanzado, la metodología propuesta sugiere tomar el valor de IP promedio acumulado registrado durante la ejecución de los muros anclados, ese valor servirá como indicador para un siguiente presupuesto meta y con ello asumir el reto de mejorar dicho indicador.

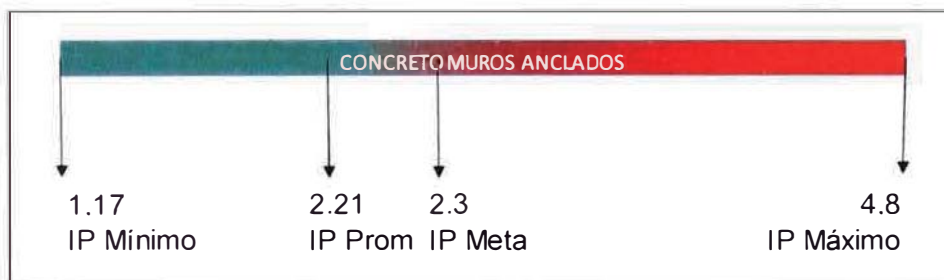


Figura 5.6 Índice de productividad promedio

## CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 CONCLUSIONES

Los desperdicios de concreto, trabajos rehechos, técnicas poco eficientes, procedimientos erróneos, desconocimiento de las propiedades de dicho material y otros factores que están relacionados directamente al uso eficiente del concreto afectan a la productividad y por ende a los resultados operativos y económicos en la construcción de muros anclados. Para identificar y cuantificar dichos factores se estudió cuatro proyectos de condiciones similares.

El edificio "Alto del Olivar", ubicado en la cuadra 37 de la Av. Arequipa, tiene tres anillos de muros de contención, en donde dos de ellos son anclados y el tercero sin anclar. Para dicho edificio se aplicó las mediciones de rendimientos de horas hombre, control de desperdicios de concreto, análisis de procesos para el vaciado de concreto, control de excavaciones masivas, análisis de factores endógenos y exógenos que afectan a la programación y metodologías del Lean Construction y Do Construcción, donde este último se basa en el registro histórico del rendimiento relacionado con los factores semanales que afectan a dicho indicador.

Los otros tres proyectos sirvieron como referencias para las propuestas de mejora, ya que tienen características similares que sirvieron para comparar procesos constructivos, indicadores de productividad y buenas prácticas.

"La Clínica Delgado" y "La Clínica Internacional" se ejecutaron en el 2010 y 2011 respectivamente, "Narciso de la Colina", se ejecutó en paralelo al edificio "Alto del Olivar",

El Proyecto "Alto del Olivar", se encontraba en una situación crítica debido a una paralización temporal de obra y además no se tenía un control de recursos. Por tal motivo, era necesario realizar un cambio en la gestión de la construcción. De acuerdo al presente informe, la implantación y propuestas de mejora se ejecutaron después de las seis semanas de iniciado la construcción de los muros anclados, hasta ese momento se tenía la siguiente información del proyecto:

- 1.- El desperdicio del concreto hasta la semana seis fue del 56%.

2.- Las horas hombre (hh), tenían 764.59 hh desperdiciadas, por consiguiente un balance negativo de 10, 964.00 nuevos soles. Cabe señalar que la proyección del costo, que se tenía para el uso del concreto en muros anclados, era de 113, 746.00 nuevos soles.

3.- Refiriéndose a la productividad de las cuadrillas, se tenía un indicador acumulado, hasta la semana seis, de 2.58 hh/m<sup>3</sup>, quiere decir que por cada 2.58 horas hombre se había realizado un metro cúbico de vaciado, dicho indicador estaba por encima del presupuesto, el cual manda un índice de 2.3 hh/m<sup>3</sup>.

A pesar de haber iniciado la implantación en una etapa intermedia, los resultados fueron satisfactorios, logrando tener indicadores positivos:

1.- Reducción al 39% acumulado de desperdicios de concreto.

2.- Ahorro de horas hombre al final dicha etapa (29.35 hh), por consiguiente se logró eliminar las pérdidas en costo, logrando un saldo a favor de la empresa de 420.00 nuevos soles.

3.- Con respecto a la productividad de las cuadrillas, se superó el presupuestado, logrando un índice de 2.21 hh/m<sup>3</sup> frente a un 2.3hh/m<sup>3</sup> según el presupuesto esto significa que se requería menos horas hombre por cada metro cúbico de vaciado.

4.- Si analizamos el costo del concreto, se logró un ahorro de 12,996.00 nuevos soles, no obstante, se tendría mejores resultados si la propuesta se hubiera ejecutado al inicio del proyecto, por tal motivo se concluye que al centrarse en la planificación y conocer la productividad de las cuadrillas y el uso eficiente del concreto, este deberá medirse en todos los proyectos que ejecutará la empresa, con el fin de reutilizar estas lecciones aprendidas para siguientes proyectos y ser aplicadas de manera estricta.

De los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

1.- Las metodologías del Lean Construction, para la planificación, control y las propuestas de mejora para la obra, se deben complementar con un análisis de datos históricos que son registrados bajo un enfoque científico que cuantifique los factores negativos y positivos ocasionados por eventos previsibles y no previsibles que



afectan al proyecto. Dichos enfoques son elementos bases para las propuestas de mejora del uso eficiente del concreto en la construcción de muros anclados.

2.- De acuerdo a este estudio, se concluye que mientras más productivas sean las cuadrillas, el porcentaje de desperdicio tiende a disminuir, pero si la productividad no es la esperada, ya sea por factores externos o internos que han perjudicado el correcto avance de los trabajos, estas mostrarán una mayor cantidad de desperdicios.

3.- Dentro de la metodología se identificó factores que están relacionados con el índice de productividad, por tal motivo el ritmo de trabajo para la ejecución de los muros anclados dependió principalmente del movimiento de tierras, las estrategias y planificación que se realice para poder mantener el tren de trabajos.

4.- Si bien las 4 propuestas de mejora que se implementaron (mejorar procesos inapropiados, evitar la improvisación, controlar la sobre producción y minimizar los tiempos de espera) han mejorado los resultados operativos del proyecto en estudio, estos pueden variar dependiendo del proyecto, de las circunstancias, del medio geográfico y muchos otros factores endógenos y exógenos que se identificarán en la etapa de planeamiento.

5.- Del estudio realizado, se elaboró la secuencia metodológica, el cual es aplicable de manera integral a todo el proyecto.



**Gráfica N°6.1.- Resumen de la secuencia metodológica**

## 6.2 RECOMENDACIONES

Para poder realizar dichos cambios y propuestas de mejora se deberá conocer el sistema y la cultura del equipo de proyecto y de la empresa donde vamos a trabajar, dichos procesos de mejora deberán ser graduales y no repentinos ya que los cambios tienden a producir desorden y resistencia por parte de los colaboradores.

Existe una gran cantidad de metodologías para mejorar la eficiencia y eficacia de proyecto pero no todas ofrecen los mismos resultados, antes de iniciar una propuesta de mejora se deberá obtener indicadores, con dichos indicadores se podrá administrar los recursos y por ende ejecutar las propuestas de mejora. Se deberá centrar en factores significativos, para ello es recomendable hacer un Pareto de los factores positivos y negativos detectados y que estos tengan una carga económica importante.

Para que esta metodología tenga resultados positivos y duraderos se deberá tener apoyo de la gerencia. Se recomienda realizar un plan de trabajo que será presentado a la gerencia para obtener una autorización firmada y con orden de ejecución, también es necesario involucrar a la gerencia en cada proceso para que motive a todos los colaboradores, en caso contrario, al no tener respaldo, la metodología fracasará.

Con respecto al registro de la información de campo, se necesitará una etapa previa que es la capacitación del uso de formatos. El formato Tareo, sirve para obtener la cantidad de horas hombre que se distribuyen en las actividades productivas en una jornada de trabajo. El formato medido, es el registro del avance real por jornada de trabajo en unidades de metros cúbico (Concreto). En nuestro medio existe muchos formatos utilizados por empresas, pero estas se deben adecuar a nuestro sistema de trabajo, por tal motivo, los formatos se deberán crear desde cero, manteniendo el criterio básico de su elaboración en relación a los resultados que se necesitará.

Se recomienda presentar dichos indicadores y obtener ideas de mejora en las reuniones del "Último Planificador", y comprometer a los involucrados a realizar las mejoras.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1 ALARCÓN, Luis Fernando. "Lean construction". Editorial Balquema. Rotterdam, 1997.
- 2 ENSHASSI, Adnan, et. al. "Tendencias para optimizar la productividad en los proyectos de construcción en Palestina", Revista Ingeniería de Construcción 28 (agosto 2013): 173-206.
- 3 GONZALES, Jorge, et. al. "Capacitación en obra para obtener la polivalencia de los operarios y verificación de sus efectos en la construcción civil", Revista Ingeniería de Construcción 24 (agosto 2009).
- 4 GONZALES, Vicente y ALARCON, Luis Fernando. "Buffers de programación: Una estrategia complementaria para reducir la variabilidad en los procesos de construcción", Revista Ingeniería de Construcción 18 (agosto 2003): 97-111.
- 5 ISO 9004:2009. "Gestión para el Éxito Sostenido de una Organización - Enfoque de gestión de la calidad". Ginebra, 2009.
- 6 PALIARI, Jose. "Metodologia para a coleta e analise de informacoes sobre consumos e perdas de materiais e componentes nos canteiros de obras de edificios". Tesis para optar el Titulo de Magister en Ingeniería. Sao Paulo, 1999.
- 7 SANTA MARÍA, Dávila et ál. "Estabilización de Excavaciones para Sótanos". Reporte de Investigación para Graña y Monteros S.A.A. Lima, 2008.
- 8 SARHAN, Saad y Andrew FOX. "Barriers to Implementing Lean Construction in the UK Construction Industry", Journal The Built & Human Environment Review 6 (junio 2013).
- 9 SOUZA, Ubiraci. Como aumentar a eficiência da Mão de obra: Manual de gestão da produtividade na construção civil. Sao Paulo: Editora Pini, 2006.
- 10 SOUZA, Ubiraci, et. al. "O conceito de produtividade variável aplicado aos manuais de orçamentação", III Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção (setiembre 2003).
- 11 SOUZA, Ubiraci y ARÁUJO L. "Do Construction – Uma Abordagem de Gestão Fundamentada no Uso de Indicadores". I Encontro Latino-americano de Gestão e Economia da Construção. Porto Alegre, 2005.

- 12 THOMAS, Randolph y YIAKOUMIS, Lacovos. "Factor Model of Construction Productivity", Journal of Construction Engineering and Management 113 (diciembre 1987): 623-639.