

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD Y LA CALIDAD
UTILIZANDO LA INTEGRACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS
LEAN CONSTRUCTION Y SIX SIGMA EN EL PROYECTO
REMODELACIÓN DEL PABELLÓN 7 DEL CENTRO
COMERCIAL MINKA, CALLAO – 2022”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título

profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Nicolas Martin Peralta Ortiz

Asesor:

Ing. Julio Christian Quesada Llanto

<https://orcid.org/0000-0003-4366-4926>

Lima - Perú

2023

INFORME DE SIMILITUD

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
2	tesis.ipn.mx Fuente de Internet	2%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Guerra Silva María Abigail. "Mejora de procesos mediante metodología Lean Six Sigma (Yellow Belt) aplicada a una línea de manufactura de amortiguadores electromagnéticos", TESIUNAM, 2019 Publicación	1%
6	Submitted to Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC Trabajo del estudiante	1%
7	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1%

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos que, con su apoyo, esfuerzo y confianza pude lograr mis objetivos

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi agradecimiento a Dios y mi familia, especialmente a mis padres y hermanos, quienes siempre han estado presentes en mi vida y me han brindado su apoyo incondicional, esfuerzo y confianza. Gracias a ellos, he podido alcanzar mis metas y objetivos, y estoy profundamente agradecido por su amor y apoyo.

Agradezco a mi asesor Ing. Julio Quesada por su guía en la realización de mi trabajo de suficiencia profesional.

Tabla de contenidos

INFORME DE SIMILITUD	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO.....	4
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN EJECUTIVO	13
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	14
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	24
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA.....	44
CAPÍTULO IV. RESULTADOS	95
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	126
REFERENCIAS	128
ANEXOS	130

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Análisis FODA de la empresa IG PROJET S.A.C.	17
Tabla 2 Detalle de incidencia de problemas en operaciones 2022.....	44
Tabla 3 Datos de error Pérdida de Concreto.....	47
Tabla 4 Datos de error Pérdida de Concreto.....	48
Tabla 5 Clasificación de naturaleza de errores.	51
Tabla 6 Datos de error columnas y zapatas.	53
Tabla 7 Cálculo de nivel Sigma para defectos de columnas y zapatas.	54
Tabla 8 Datos de error losas y vigas.....	55
Tabla 9 Cálculo de nivel Sigma para defectos de losas y vigas.	56
Tabla 10 Clasificación de naturaleza de errores.	59
Tabla 11 Resultado de nivel sigma de medidas de errores en Planificación y Gestión.....	62
Tabla 12 Clasificación de naturaleza de errores en Planificación y Gestión.....	65
Tabla 13 Cuadrilla de obreros	67
Tabla 14 Distribución del trabajo general	69
Tabla 15 Cuadrilla de obreros	73
Tabla 16 Distribución del trabajo general	75
Tabla 17 Cuadrilla de obreros	79
Tabla 18 Distribución del trabajo general	81
Tabla 19 Cuadrilla de obreros	85
Tabla 20 Distribución del trabajo general	87
Tabla 21 Responsables de levantar las restricciones	92
Tabla 22 Datos de análisis de Pareto en perdida de concreto	95
Tabla 23 Datos de cálculo de nivel sigma en mejora de pérdida de concreto.	99
Tabla 24 Datos para pareto en losas y vigas que no quedan en dimensiones especificadas.....	100

Tabla 24 Datos para pareto en losas y vigas que no quedan en dimensiones especificadas.....	102
Tabla 26 Datos de cálculo de nivel sigma en mejora en zapatas y columnas.	106
Tabla 27 Datos de cálculo de nivel sigma en mejora en vigas y losas.	107
Tabla 28 Datos para análisis de pareto en planificación y gestión de materiales.....	108
Tabla 29 Cálculo de nivel Sigma en caso de mejora de proyecto de planificación y gestión.	112
Tabla 30 Resultados de concreto en zapatas.....	113
Tabla 31 Resultados de concreto en columnas	114
Tabla 32 Resultados de concreto en vigas.....	115
Tabla 33 Resultados de concreto en losas	116
Tabla 33 Monto en soles y porcentaje de avance mensual	124

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Organigrama de la empresa IG PROJET S.A.C.	18
Figura 2 Área de trabajo en desorden	20
Figura 3 Falta de material en obra	20
Figura 4 Personal en su mayoría en pérdida de tiempo	21
Figura 5 Área de trabajo en desorden	22
Figura 6 Demasiado personal asignado	23
Figura 7 Lean Sigma ciclo DMAIC	25
Figura 8 Diagrama de flujo de un proyecto	27
Figura 9 Histograma de un proyecto	27
Figura 10 Diagrama de tendencia mano de obra	28
Figura 11 Diagrama de Pareto de un proyecto	29
Figura 12 Diagrama de Causa-Efecto de un proyecto	29
Figura 13 Diagrama de Dispersión conformidad de producto	30
Figura 14 Sectorización del Pabellón 7	36
Figura 15 Programación maestra.....	36
Figura 16 Tareo Diario con rendimientos.....	38
Figura 17 Look Ahead Planning - Día.....	39
Figura 18 Formato de Análisis de restricciones.....	39
Figura 19 Carta balance	41
Figura 20 Resultado de muestras de Carta Balance de la partida de vaceado de concreto.....	42
Figura 21 Resultado de muestras de Carta Balance de la partida de vaceado de concreto.....	42
Figura 22 Porcentaje de incidencia de problemas en operaciones 2022	44
Figura 23 Diagrama SIPOC de pérdida de concreto.....	46
Figura 24 Histograma de Pérdida de Concreto	47
Figura 25 Diagrama de flujo del vaceado de concreto.....	49
Figura 26 Diagrama de Ishikawa del proceso de pérdida de concreto	50

Figura 27 Diagrama SIPOC de vaceado de columnas, zapatas, vigas y losas aligeradas.....	52
Figura 28 Histograma de elemento no queda en medidas específicas en columnas y zapatas	53
Figura 29 Histograma de elemento no queda en medidas específicas en losas y vigas.....	55
Figura 30 Diagrama de flujo del vaceado de columnas, muros, vigas y losas	57
Figura 31 Diagrama de Ishikawa del proceso de Elemento no queda en medidas específicas.....	58
Figura 32 Orden de especialidades en la Planificación de proyecto edificación.....	60
Figura 33 Histograma de Planificación y Gestión de materiales en Obra.....	61
Figura 34 Diagrama de flujo Planificación y Gestión de materiales en Obra	63
Figura 35 Diagrama de Ishikawa para la Planificación y Gestión	64
Figura 36 Reconocimiento de los trabajos.....	66
Figura 37 Lectura de la carta balance en concreto de zapatas	68
Figura 38 Distribución del trabajo general	69
Figura 39 Cuantificación y porcentaje de los trabajos analizados	70
Figura 40 Porcentaje de trabajos	70
Figura 41 Porcentaje de distribución de trabajos por trabajador.....	71
Figura 42 Reconocimiento de los trabajos.....	73
Figura 43 Lectura de la carta balance en concreto de columnas	74
Figura 44 Distribución del trabajo general	75
Figura 45 Cuantificación y porcentaje de los trabajos analizados	76
Figura 46 Porcentaje de trabajos	76
Figura 47 Porcentaje de distribución de trabajos por trabajador.....	77
Figura 48 Reconocimiento de los trabajos.....	79
Figura 49 Lectura de la carta balance en concreto de vigas.....	80
Figura 50 Distribución del trabajo general	81
Figura 51 Cuantificación y porcentaje de los trabajos analizados	82
Figura 52 Porcentaje de trabajos	82
Figura 53 Porcentaje de distribución de trabajos por trabajador.....	83

Figura 54 Reconocimiento de los trabajos.....	85
Figura 55 Lectura de la carta balance en concreto de losa aligerada	86
Figura 56 Distribución del trabajo general	87
Figura 57 Cuantificación y porcentaje de los trabajos analizados	88
Figura 58 Porcentaje de trabajos	88
Figura 59 Porcentaje de distribución de trabajos por trabajador.....	89
Figura 60 Diagrama de análisis de restricciones.....	91
Figura 61 Diagrama de flujo para concreto	93
Figura 62 Diagrama de pareto de frecuencia en pérdida de concreto.	96
Figura 63 Diagrama de pareto de costos en pérdidas de concreto	96
Figura 64 Diagrama del árbol de soluciones para las ideas de mejoras en concreto.	98
Figura 65 Histograma de mejora en perdida de concreto.	99
Figura 66 Análisis de pareto a errores de losas y vigas cuando no quedan en las dimensiones especificadas por plano	101
Figura 67 Análisis pareto a porcentajes de costos asociados a cada tipo de error en losas y vigas de concreto.....	101
Figura 68 Análisis de Pareto de zapatas y columnas cuando no cumplen con las medidas especificadas.	102
Figura 69 Análisis pareto a porcentajes de costos asociados a cada tipo de error en losas y vigas de concreto.....	103
Figura 70 Diagrama del árbol de soluciones para zapatas, columnas, vigas y losas	104
Figura 71 Histograma de mejoras en zapatas y columnas	105
Figura 72 Histograma de mejoras en vigas y losas.....	107
Figura 73 Gráfico de análisis de pareto para la planificación y gestión de materiales.	108
Figura 74 Distribución de costos en los errores de planificación y gestión de materiales.	109
Figura 75 Diagrama del árbol de soluciones para la planificación y gestión de materiales	110
Figura 76 Histograma de datos en caso de mejora de proyecto en planificación y gestión.....	112

Figura 77 Planificación general.....	113
Figura 78 Distribución del trabajo general	114
Figura 79 Distribución del trabajo general	115
Figura 80 Distribución del trabajo general	115
Figura 81 Stock de materiales en obra.....	117
Figura 82 Llegada de cemento a obra.....	117
Figura 83 Elementos estructurales sin segregación y cangrejas	118
Figura 84 Acero distribuido de forma correcta y respetando el recubrimiento	119
Figura 85 Incompatibilidad de planos	120
Figura 86 Capacitación al plantel profesional	120
Figura 87 Capacitación al plantel profesional	121
Figura 88 Capacitación al plantel profesional	121
Figura 89 Área de trabajo limpio y ordenado	122
Figura 90 Porcentaje de plan cumplido (PPC).....	123
Figura 91 Curva “S” mensual.....	124
Figura 92 Falta de orden y limpieza en obra	139
Figura 93 Desorden en obra	139
Figura 94 Desorden y riesgo en obra materiales expuestos	140
Figura 95 Charla para mejorar el orden y limpieza	140
Figura 96 Capacitación del personal en las partidas de concreto.....	141
Figura 97 Mejorando el orden y limpieza en obra.....	141
Figura 98 Recolección de desperdicios y embolsado de los mismos.....	142
Figura 99 Area ordenada y delimitada para la ejecución de las partidas	142
Figura 100 Cavado de zapata	143
Figura 101 Solado de zapata corroborando medidas	143
Figura 102 Solado de zapata	144
Figura 103 Encofrado correcto de zapata esquinera	144

Figura 104 Encofrado correcto de zapata céntrica.....	145
Figura 105 Prueba de Slump para verificar el asentamiento del concreto	145
Figura 106 Llenado de probetas para verificar el $f'c$	146
Figura 107 Vaceado de zapata.....	146
Figura 108 Vaceado de zapata de manera correcta sin fallas.....	147

RESUMEN EJECUTIVO

En el presente trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de Ingeniero Civil, el cual es desarrollado por mi persona, el bachiller Nicolás Martín Peralta Ortiz, está basado en el Mejoramiento de la productividad y la calidad utilizando la Integración de las metodologías Lean Construction y Six sigma en el proyecto remodelación del Pabellón 7 del centro comercial Minka, Callao – 2022 dicho proyecto fue desarrollado por la empresa IG PROJET S.A.C., mi función en la empresa es la de ejecución y supervisión de proyectos en el área civil. La falta de metodologías en la empresa para mejorar la productividad y calidad fue la motivación para implementar la integración de las metodologías Lean Construction y Six Sigma. En la remodelación del Pabellón 7, se registraron datos de procesos para identificar errores y defectos mediante el diagrama de causa y efecto de Ishikawa. Luego se desarrolló una propuesta de mejora basada en la metodología DMAIC. Para mejorar la productividad, se utilizó la metodología Lean Construction, usando la herramienta Carta Balance para identificar actividades improproductivas y el Diagrama de Ishikawa para detectar las causas de la baja productividad. Se hizo un seguimiento semanal de las actividades ejecutadas con respecto a las programadas mediante el Porcentaje de Plan Cumplido. Finalmente, se utilizó la curva "S" para observar el avance de la productividad con respecto al avance programado de forma mensual.

Palabras clave: Productividad, calidad, metodologías Lean Construction y Six sigma

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, en todas las partes del mundo, la calidad es considerada un elemento clave en la competitividad empresarial, especialmente en el sector de la construcción. Dado que la demanda y el valor de este sector siguen aumentando, es esencial mantener altos niveles de rentabilidad. Por lo tanto, es necesario implementar programas que permitan controlar la calidad y el desempeño adecuado en las obras. (Sánchez & Valenzuela, 2018).

El continuo aumento del sector inmobiliario ha llevado a que las compañías especializadas en este ámbito consideren la implementación de herramientas de administración para abordar desafíos relacionados con cómo acelerar la construcción sin comprometer la calidad del producto final, cómo supervisar la calidad y erradicar deficiencias para cumplir con las exigencias de los clientes y cómo mantener estándares competitivos de calidad para garantizar la sostenibilidad de la empresa en el sector (Jara, 2020)

Es vital implementar un Sistema de Gestión de Calidad en cualquier empresa, grande o pequeña. Esto implica identificar los aspectos positivos y negativos de la empresa y determinar la viabilidad del sistema, estableciendo políticas, objetivos, misión y visión. La metodología Six Sigma es una buena opción para mejorar los procesos, con herramientas y métodos estadísticos, reduciendo errores y mejorando el enfoque en el cliente y el tiempo de realización de procesos constructivos, fomentando el trabajo en equipo con roles y objetivos claros. (Gallardo, 2021).

Entonces se debe destacar la metodología la metodología Lean Construcción se enfoca en maximizar el valor de cada actividad del proceso productivo mediante la eliminación o transformación de tareas que generen retrasos o pérdidas en los proyectos. Su objetivo es implementar un sistema dinámico y factible de planificación de obras para incrementar la efectividad en los métodos de edificación. Es una filosofía de gerencia que busca optimizar la eficiencia del proceso de construcción. (Quispe, 2017).

De acuerdo al desarrollo del Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de Ingeniero Civil, el cual es desarrollado por mi persona, el bachiller Nicolás Martín Peralta Ortiz, a continuación, se detallan mis funciones dentro de la empresa IG PROJET S.A.C.

Una de mis principales funciones desarrolladas por mi persona en la empresa mencionada es la de **analista de presupuestos** a continuación menciono mis principales responsabilidades:

Revisión de diseños y especificaciones técnicas de los proyectos, de acuerdo a las mejores prácticas de la ingeniería civil, definir las características de la obra, calcular los costos generados por la mano de obra en las diferentes partidas, realizar el metrados y el cálculo de la cantidad de los materiales de cada partida, evaluación y revisión de todas las partidas del presupuesto de obra, elaboración y presentación de los presupuestos del proyecto y verificar que los presupuestos de los proyectos sean conforme a los reglamentos legales.

Otra de las funciones desarrolladas por mi persona es la de **ejecución y supervisión** de los proyectos en el área civil, dicho esto a continuación menciono mis principales responsabilidades:

Planificar y organizar el proceso y la mecánica de los trabajos de obra, organizar los espacios de trabajo, de maniobra, de almacenamiento, de carga y descarga y de los accesos a la obra, controlar y supervisar la ejecución de la obra, controlar el cumplimiento de la planificación, interpretar los planos y replantear las unidades de obra si es necesario, organizar y controlar los grupos de trabajo; asigna tareas a los operarios, proponer procedimientos, materiales y técnicas de ejecución, facilitar el asesoramiento técnico a los operarios o subcontratistas, realizar cálculos de materiales y mediciones por modificaciones en la obra, controlar el cumplimiento del plan de seguridad y salud basados

en las normas de prevención de riesgos laborales, controlar los materiales, los medios y la maquinaria de la obra, controlar la calidad de las partidas de obra ejecutadas

Luego de mencionar mis funciones procedo a detallar la empresa donde realice el presente Trabajo de suficiencia profesional.

IG PROJET S.A.C., es una empresa que ofrece servicios al sector de la construcción en las áreas de proyectos de ingeniería, obras civiles o edificaciones y fabricación de productos metálicos para uso estructural. Está ubicado en la manzana “D” lote 9 Asentamiento Humano Santa Rosa de Piérola (Entre Av. Pacasmayo y Santa Rosa) departamento, provincia y distrito del Callao.

En agosto de 2004, dos socios, un ingeniero y un arquitecto, iniciaron una empresa motivados por el crecimiento de la industria de la construcción en los últimos años y la experiencia del arquitecto. Actualmente, la empresa tiene 18 empleados permanentes y contrata ocasionalmente entre 20 y 30 trabajadores para proyectos específicos. Para esta investigación, se propone analizar la misión y visión de la empresa como punto de partida.

IG PROJET S.A.C., tiene como misión garantizar la rentabilidad económica de la empresa a través de la ejecución de proyectos y servicios de alta calidad que satisfagan las necesidades de nuestros clientes, sin descuidar nuestra responsabilidad con los recursos humanos, el patrimonio, el medio ambiente y la comunidad en general

IG PROJET S.A.C., tiene como visión convertirse en la opción líder y preferida por los clientes para establecer relaciones a largo plazo en el suministro de servicios y soluciones en el área de la ingeniería, proyectos y construcciones. Para lograrlo, nos enfocamos en ofrecer soluciones innovadoras, rentables y sostenibles que agreguen valor a nuestros clientes y los ayuden a competir en el mercado.

La empresa IG PROJET S.A.C., trabaja con valores establecidos, que considera base primordial para la realización de los trabajos diarios, resaltando los valores:

Cumplimiento, responsabilidad, eficiencia, compromiso, lealtad y confianza, trabajo en equipo, respeto al individuo y a la sociedad. En tabla siguiente se detalla el análisis FODA de la empresa IG PROJET S.A.C.

Tabla 1

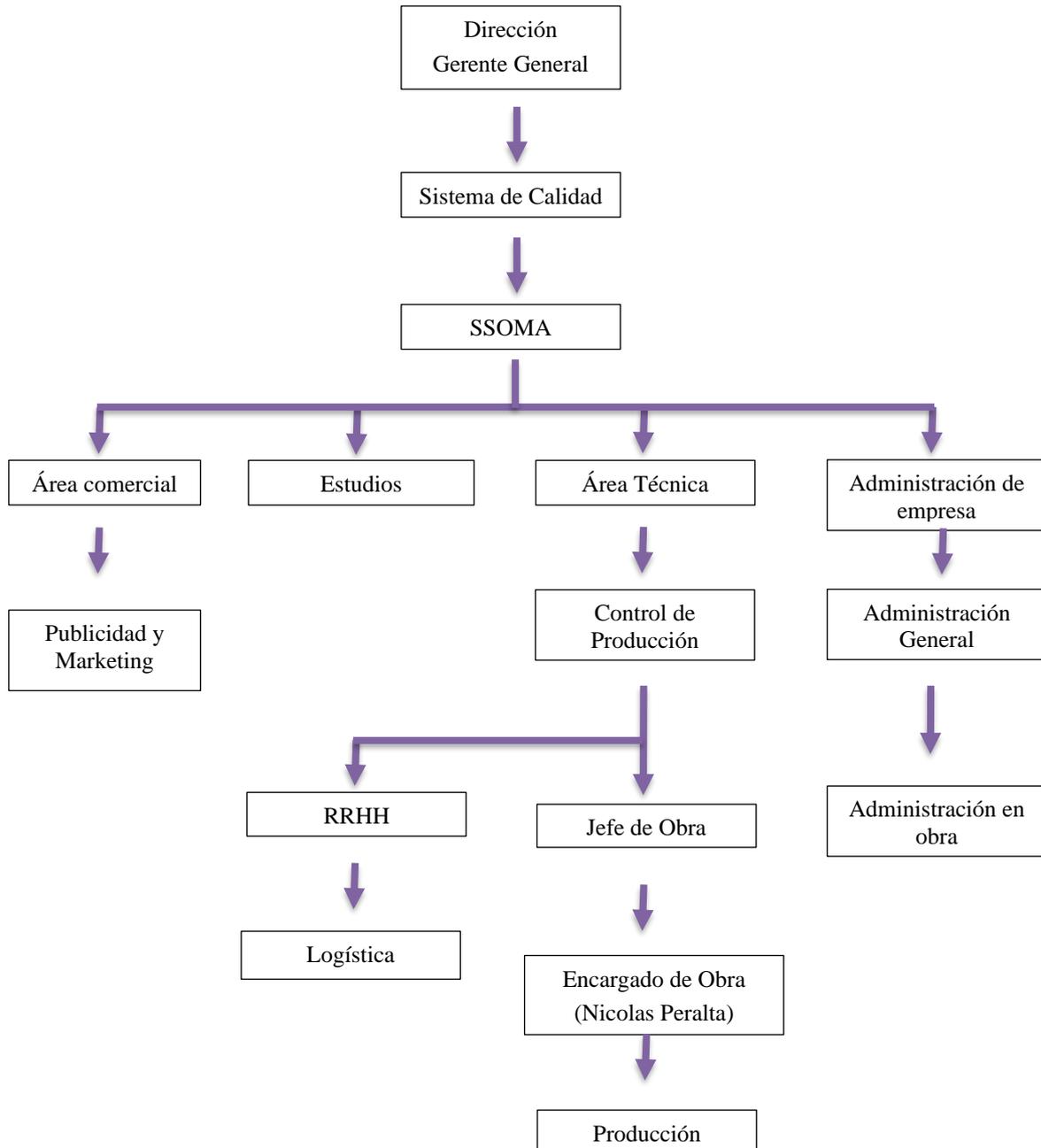
Análisis FODA de la empresa IG PROJET S.A.C.

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cuenta con más de 15 años de experiencia en el rubro de la construcción. ✓ Cuenta con personal técnico especializado. ✓ Capacita al personal de forma adecuada de acuerdo a cada requerimiento. ✓ Equipamiento adecuado y moderno. ✓ Los proyectos de infraestructura e ingeniería son cumplidos en los plazos fijados. ✓ Cumple con todas sus obligaciones y pagos. ✓ Posibilidad de ajustar los presupuestos por costo oportunidad. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ No cuenta con un plan de marketing para captar más clientes. ✓ Falta de implementación de una metodología la cual permita mejorar la coordinación y organización de los equipos de trabajo en los proyectos. ✓ Falta de implementación de una metodología la cual permita mejorar la productividad y de esa manera no tener ningún retraso. ✓ Falta de implementación de una gestión de calidad para de esa manera brindar un mejor servicio a nuestros clientes.
Amenazas	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Elevado nivel de informalidad. ✓ Intensa competencia entre empresas constructoras, lo que afecta los márgenes de utilidad. ✓ Los insumos requeridos tienden a elevarse en sus costos por escases de materiales. ✓ Falta de estabilidad en los precios. ✓ Existe un problema de acceso a financiamientos de las empresas constructoras. ✓ Excesiva burocracia provincial y nacional. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cuenta con la posibilidad de obtener acceso a créditos. ✓ Participa en proyectos de organizaciones públicas. ✓ Realiza proyectos en diversas regiones de todo el Perú. ✓ Crecimiento fuerte en la industria de la construcción. ✓ Bajo costo de los insumos requeridos por compras al por mayor. ✓ El uso de la tecnología y diversas metodologías para de esa manera obtener mejores oportunidades y una mejora técnica profesional del personal.

Luego del análisis FODA se procedió a realizar el Organigrama de la empresa IG PROJET S.A.C. el cual se muestra en la figura 1.

Figura 1

Organigrama de la empresa IG PROJET S.A.C.



A continuación, se detallan los tipos de servicios ofrecidos por IG PROJET S.A.C.

En el ámbito de la ingeniería tenemos: Criterios de diseño en ingeniería, estudios de campo, anteproyecto, presupuestos estimados, proyectos preliminares, proyectos definitivos, obra civil y construcción.

En el ámbito industrial tenemos: Estructuras metálicas, desarrollo de procesos industriales, sistema contra incendio, estructuras metálicas de alma llena y alma abierta, tijerales y rotulados.

En el ámbito de ejecución de obras tenemos: los casos especiales desarrollo en empresas industriales; diseño y fabricación de maquinaria para procesos industriales, tendido de tuberías de vapor condensado, aire, refrigerantes; fluidos en general, diseño y fabricación de equipos relacionadas con la generación y transformación de energía térmica, hidráulica y neumática. También se desempeña en el ambiente de equipos para procesos industriales: Diseño y fabricación de tanque en acero estructural A-36 para almacenamiento de ácidos, combustible, líquidos de proceso cilíndricos verticales y horizontales bajo normas API, diseño y fabricación de tanques de acero inoxidable AISI 316 – 304, a presión con sistemas de agitación, chaquetas de vapor frío aislamientos térmicos y accesorios. Por último, también en los sistemas contra incendio el cual se detalla a continuación: Evaluación y diseños de sistema contra incendio de agua y espuma, suministro e instalación completos de equipos contra incendio según norma, NFPA y red contra incendio y alarma detección.

A continuación, se nombrarán 3 proyectos realizados en el año 2019, 2020 y 2021 respectivamente:

Proyecto: “**Obra Reconstrucción y modernización de la Institución Educativa** se ubica en el distrito de provincia de Lima- departamento de Lima desarrollado en el año 2019, El proyecto incluyó la construcción de cuatro pabellones educativos, tres escaleras, un módulo de servicios higiénicos, una cisterna, un tanque elevado y un cerco perimétrico. A

pesar de que el proyecto se completó con éxito, se identificaron diversas fallas en la organización y planificación, lo que resultó en un aumento en el personal y las horas de trabajo para cumplir con los plazos establecidos. Algunos de los puntos a mejorar en base a este proyecto incluyen la falta de orden durante la ejecución de las partidas, la falta de una herramienta para programar la compra y uso de materiales en obra, y la falta de una metodología para mejorar el control de calidad durante la ejecución de las partidas. Estos problemas pueden llevar a una productividad pobre, retrasos en el proyecto, y costos adicionales. En la figura 2 y 3 se muestran las fallas encontradas en el proyecto desarrollado.

Figura 2

Área de trabajo en desorden



Figura 3

Falta de material en obra



Proyecto: “**Obra construcción de edificio multifamiliar Zafiro**”, se ubica en el distrito de los olivos - provincia - departamento de Lima desarrollado en el año 2020, en dicho proyecto se realizó la construcción del casco estructural de cuatro pisos de dicho edificio, el mismo que consta de un sótano y 3 departamentos por piso, en dicho proyecto se realizó la cimentación, desarrollo de muros y tabiquería, techo aligerado e instalaciones de tuberías de agua, desagüe, luz y gas. Dicho proyecto se logró concluir en las fechas establecidas por el cliente, pero como en el proyecto antes mencionado se observaron diversas fallas en organización y planificación las cuales generaron un incremento en personal y horas trabajadas para de esa manera cumplir con los plazos establecidos. A continuación, se mencionan los puntos a mejorar en base a dicho proyecto. Se observó la incompatibilidad en los planos, ineficiencia en comunicación para la coordinación de actividades, por momentos se careció de supervisión en el proceso de ejecución de trabajos, se observó que el área de trabajo no se encontraba habilitada previo a los trabajos a realizar y el tiempo utilizado por los trabajadores realizando alguna actividad es demasiado, en muchos casos no siendo muy importantes. En la figura 4 y 5 se muestran las fallas encontradas en el proyecto desarrollado.

Figura 4

Personal en su mayoría en pérdida de tiempo



Figura 5

Área de trabajo en desorden



Proyecto: “**Obra de rehabilitación en el Centro Comercial Cyber Plaza**”, se ubica en el distrito del mercado de Lima - provincia - departamento de Lima desarrollado en el año 2021, en dicho proyecto se realizó la reparación y el mantenimiento de dicho edificio el cual consta de cuatro pisos y dos sótanos, en dicho proyecto se realizó la reparación y el mantenimiento del sistema de agua y desagüe, del sistema eléctrico, de los sistemas de aire acondicionado y la red contra incendios. Dicho proyecto se logró culminar en las fechas establecidas, pero como en los proyectos anteriores se observaron diversas fallas en diferentes etapas del desarrollo del proyecto, siempre siendo las mismas por falta de planificación por ende se tienen gastos innecesarios. A continuación, se mencionan los puntos a mejorar en base a dicho proyecto.

Durante el desarrollo del proyecto, se detectaron varias falencias que afectaron su ejecución. Se identificó una falta de coincidencia entre los planos y lo construido en el terreno, lo que generó incompatibilidades. Asimismo, se evidenció una falta de organización en la ejecución de las partidas, lo que ocasionó una baja productividad y un mal manejo de los tiempos. En ocasiones, se observó falta de supervisión en el proceso constructivo, lo que pudo afectar la calidad de los trabajos. Además, no se coordinó adecuadamente con los encargados del centro comercial para iniciar los trabajos, lo que provocó demoras innecesarias. En algunos casos, los trabajadores emplearon demasiado tiempo en tareas poco relevantes. Finalmente, se registró una escasez de materiales en obra, lo que generó pérdidas en tiempo y costo. En la figura 6 se presenta uno de los ejemplos de las fallas identificadas en el proyecto.

Figura 6

Demasiado personal asignado



De acuerdo a lo mencionado en los párrafos anteriores podemos concluir que es de suma importancia implementar la Integración de las metodologías Lean Construction y Six sigma en la empresa IG PROJET S.A.C. para de esa manera lograr un mejoramiento en la productividad y la calidad y entregar un mejor producto a sus clientes.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se desarrolló las nociones teóricas de mayor relevancia del presente Trabajo de suficiencia profesional, mejoramiento de la productividad y la calidad utilizando la Integración de las metodologías Lean Construction y Six sigma.

Six Sigma

Six Sigma es un enfoque altamente riguroso para desarrollar y ofrecer consistentemente productos y servicios casi perfectos. Se utiliza como una estrategia empresarial para mejorar los procesos, identificando y eliminando las causas de errores o defectos que son críticos para el cliente. Se trata de una metodología de gestión que utiliza herramientas estadísticas y técnicas de gestión de proyectos para lograr mejoras significativas en la calidad y rentabilidad. En resumen, Six Sigma es una forma altamente calificada, eficiente y efectiva de gestión empresarial que se centra en corregir defectos en los procesos y optimizarlos mediante la reducción de costos innecesarios (Pilco & Pilla, 2019).

Algunas de las métricas para Seis Sigma más comunes son:

(D = defectos, U=unidades, O=oportunidades, Y=rendimiento)

La escala Sigma es una herramienta precisa que se utiliza para medir la calidad de las empresas a partir de la calidad de sus productos. Esto permite comparar los esfuerzos realizados en el ámbito interno y externo, también conocido como benchmarking. Según Carmona & Fernández (2017), el progreso en la mejora de la eficiencia de un proceso se mide en términos de su nivel de sigma, en el camino para lograr esta meta.

1 sigma = 690.000 DPMO = 68.27% de eficacia o “Rendimiento Sigma”

2 sigma = 308.000 DPMO = 95.45% de eficacia o “Rendimiento Sigma”

3 sigma = 66.800 DPMO = 99.73% de eficacia o “Rendimiento Sigma”

4 sigma = 6.210 DPMO = 99.994% de eficacia o “Rendimiento Sigma”

5 sigma = 230 DPMO = 99.994% de eficacia o “Rendimiento Sigma”

6 sigma = 3,4 DPMO = 99.999966% de eficacia o “Calidad Six Sigma”

El "Rendimiento Sigma" es la probabilidad de que un proceso esté libre de defectos y la "Calidad Six Sigma" se logra cuando el proceso tiene un "Rendimiento Sigma" igual o mayor al 99.999966%. La filosofía de Six Sigma también promueve la participación del personal y la mejora del ambiente laboral. Se considera un cambio cultural que elimina barreras entre departamentos, capacita a los empleados y delega poder. (Carmona & Fernández, 2017)

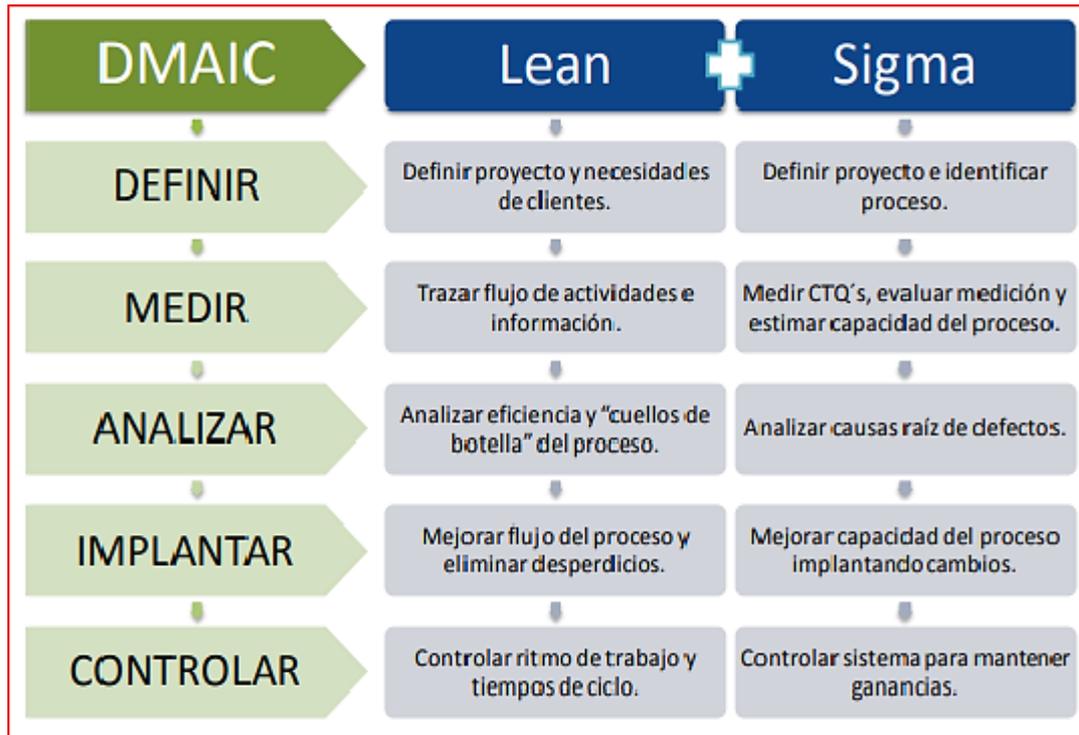
Lean Six Sigma

La fusión de Lean y Six Sigma permite eliminar desperdicios y mejorar la calidad de los procesos. Lean busca mejorar la productividad al eliminar actividades sin valor y Six Sigma reduce la variabilidad de las actividades que agregan valor. Ambas herramientas son utilizadas por la ingeniería industrial y de calidad para mejorar la calidad y fiabilidad de los productos y servicios. (Mariátegui, 2018).

Una de las metodologías más utilizadas en LSS es DMAIC, que busca mejorar procesos existentes. Esto es importante porque muchas empresas enfrentan problemas con procesos que no cumplen con las expectativas del cliente. Las cinco fases de DMAIC se aplican en orden cronológico para establecer lineamientos temporales. (Vásquez, 2018). En la siguiente figura 7 se muestra las 5 fases del DMAIC.

Figura 7

Lean Sigma ciclo DMAIC



Fuente: Lean Six Sigma, Editorial McGraw Hill

Fases

Define (Definir):

La primera fase del DMAIC implica establecer y validar el objetivo del problema o defecto, y definir los miembros del equipo de trabajo. Se identifican los posibles proyectos Six Sigma y se evalúan para evitar la subutilización de los recursos. Una vez que se ha seleccionado el proyecto, se define su misión y se forma un equipo de trabajo adecuado, asignándole la prioridad necesaria. (Martínez, 2017).

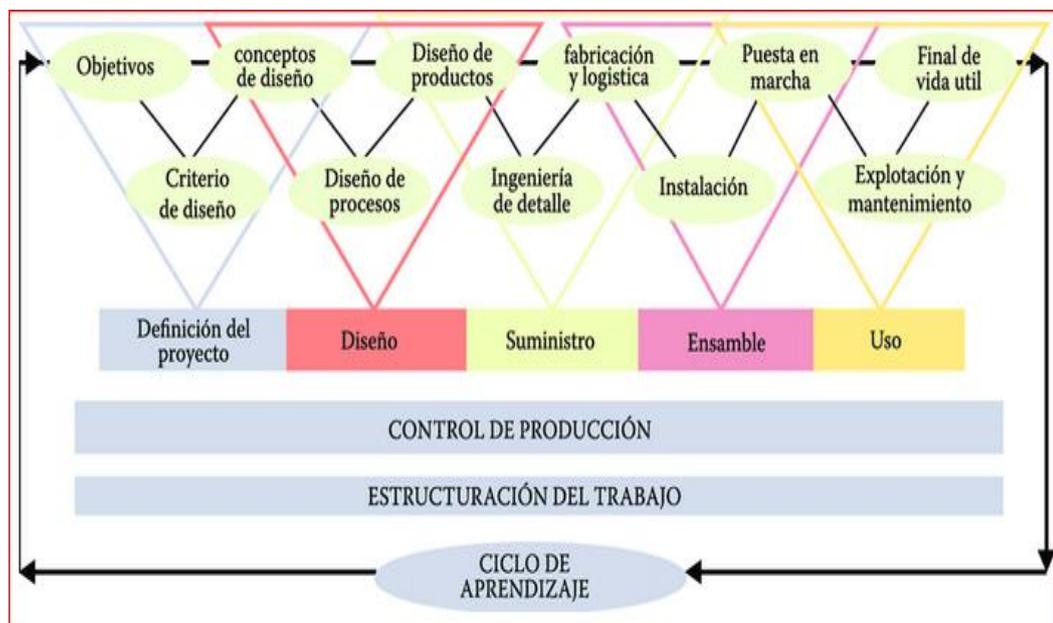
Measure (Medir):

Esta fase tiene como objetivo comprender el proceso o defecto actual en detalle. Esto implica caracterizar el proceso y identificar las necesidades clave de los clientes, las variables críticas del producto y los parámetros de entrada que influyen en el proceso y sus variables clave. Asimismo, se establece un sistema de medición y se evalúa la capacidad del proceso (Reyes, 2019).

Durante esta fase se emplean diversas herramientas y métodos, tales como el benchmarking para comparar el desempeño de los procesos de la empresa con los de otras empresas líderes, análisis de la capacidad del proceso, correlación entre defectos y confiabilidad. También se utilizan herramientas específicas, como los diagramas de flujo de procesos, que permiten visualizar las diferentes etapas del proceso, identificando aquellas críticas que requieren una atención especial. A continuación, se presenta un ejemplo de diagrama de flujo de procesos en la figura 8. (Ayala, 2018).

Figura 8

Diagrama de flujo de un proyecto

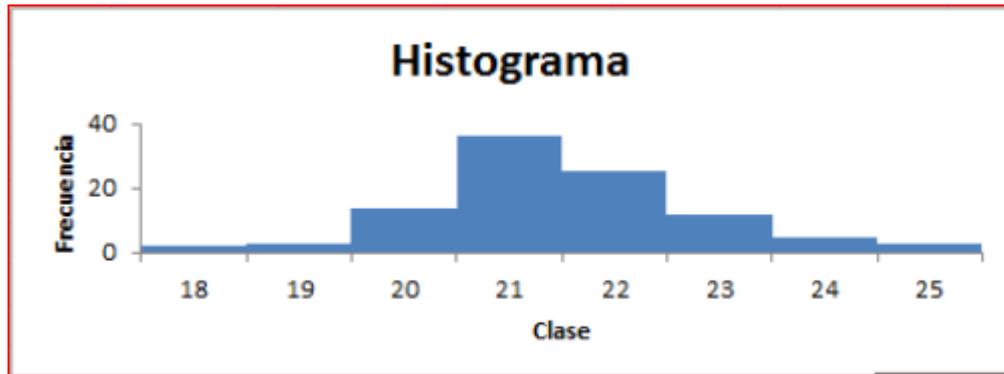


Fuente: Lean Project Delivery System

Histogramas: Permiten visualizar la distribución de los datos y estimar la tendencia central y la variabilidad con facilidad. Además, se pueden superponer los límites inferior y superior para evaluar la capacidad del proceso. En la figura 9 siguiente se muestra un ejemplo.

Figura 9

Histograma de un proyecto



Fuente: Acoprovi (2021)

Diagramas de Tendencias: son utilizados para representar datos gráficamente con respecto a un tiempo, lo que permite observar y seguir los defectos en un proceso. En la siguiente figura 10, se muestra un ejemplo (Pérez, 2021).

Figura 10

Diagrama de tendencia mano de obra



Fuente: Diario financiero (remuneraciones y costo mano de obra Chile)

Analyze (Analizar):

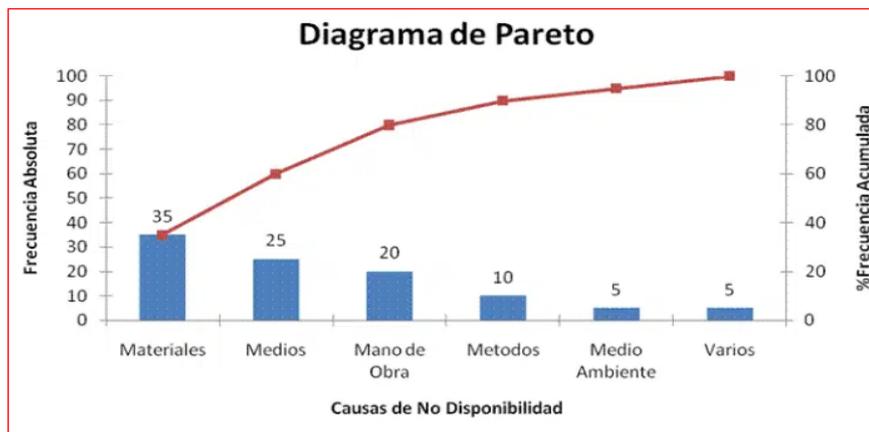
En la fase de Análisis, se buscan las causas raíz del problema o defecto mediante el análisis de datos actuales e históricos. Se emplean herramientas estadísticas y reuniones de Brainstorming para identificar las variables clave que generan los defectos. El resultado de esta etapa es la identificación de las variables que tienen mayor impacto en la variación del proceso. Las herramientas comunes utilizadas en esta fase incluyen:

El Diagrama de Pareto se utiliza para identificar las principales causas de los problemas, ordenándolas de mayor a menor importancia. Luego, se busca solucionar estas causas de

manera progresiva, comenzando por la que tenga el mayor impacto en el problema y abordando las demás en orden descendente de relevancia. De esta manera, se puede reducir o eliminar los problemas de manera efectiva y eficiente. (Pariona, 2021). En la siguiente figura 11 se muestra un ejemplo.

Figura 11

Diagrama de Pareto de un proyecto



Fuente: Statista 2019

Diagramas de Causa-Efecto: utilizados como lluvia de ideas para detectar las causas y consecuencias de los problemas en los procesos (Merino, 2017). En la siguiente figura 12 se muestra un ejemplo.

Figura 12

Diagrama de Causa-Efecto de un proyecto



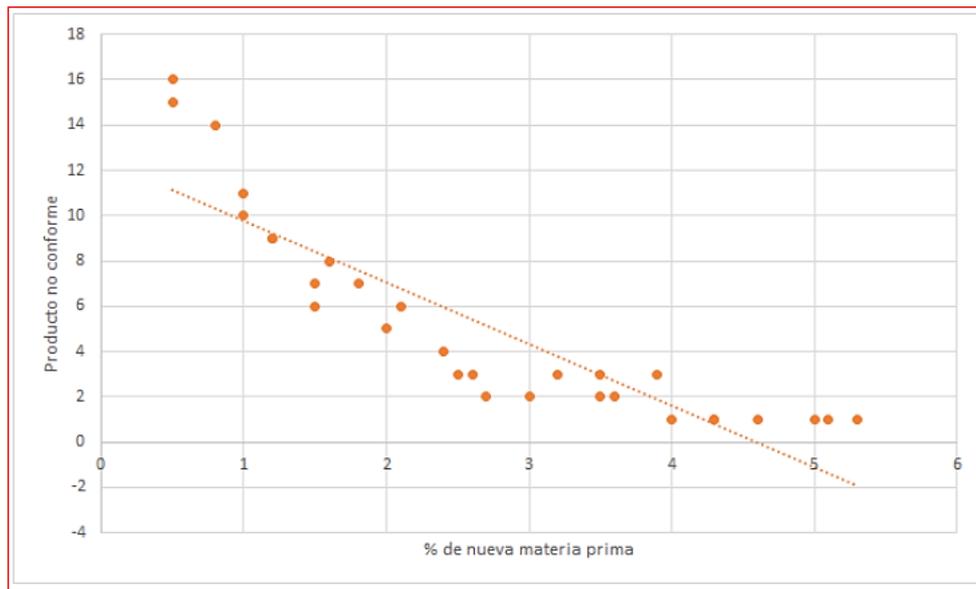
Fuente: Spca Group (2021)

Diagramas de Dispersión: con los cuales se pueden relacionar dos variables. Permiten hacer estimaciones a primera vista e identificar puntos extraordinarios (Casanova, 2019).

En la siguiente figura 13 se muestra un ejemplo.

Figura 13

Diagrama de Dispersión conformidad de producto



Fuente: Inter-empresas (2018)

Improve (Mejora):

En esta etapa se busca optimizar el proceso identificando las mejores soluciones con la menor inversión posible. El equipo utiliza la relación causa-efecto para predecir, mejorar y optimizar el proceso, definiendo el rango de operación óptimo para las variables de entrada del proceso. (Montoya, 2018).

Control (Controla):

La fase final del proyecto Seis Sigma se centra en asegurar la sostenibilidad de las mejoras obtenidas y en evaluar su impacto económico y en la satisfacción del cliente. Para ello, se establecen controles que permitan mantener los cambios realizados una vez finalizado el proyecto. Es importante garantizar que las variables clave permanezcan dentro de los márgenes aceptables de variación mediante herramientas como el Control Estadístico de

Procesos (SPC) y gráficas de control. La finalidad de esta fase es conseguir un proceso de mejora continua que permita mantener el valor medio y los límites superior e inferior del proceso, identificando las causas especiales que puedan afectar el promedio o la variación. Una vez logrados los objetivos, se informa a la dirección y se disuelve el equipo (Huamán, 2019)



Fuente: Lean Project Delivery System

En el proyecto de remodelación del Pabellón 7 del centro comercial Minka, se aplicó la metodología Six Sigma a través de un sistema de registro de datos de los procesos, el cual permitió medir los errores en la partida de concreto y aplicar herramientas estadísticas en cada etapa, como el diagrama de causa y efecto de Ishikawa, para encontrar los defectos. La recopilación de datos es fundamental en Six Sigma, y se utilizó la metodología DMAMC para desarrollar una propuesta de mejora, que incluye la definición de objetivos claros, la medición de los defectos y la identificación de la causa raíz de los errores. En la etapa de mejora se formularon ideas para disminuir la frecuencia de ocurrencia de los defectos, mediante tácticas y acciones preventivas y correctivas. Finalmente, se aplicaron las mejoras

propuestas y se controlaron los datos para asegurar que los procesos permanecieran dentro de los márgenes de variación aceptables.

Lean Construction

La filosofía de producción Lean sostiene que la fabricación es un proceso continuo de materiales e información, desde la materia prima hasta el producto final. Este proceso se considera un flujo que implica la conversión de materiales, inspección, esperas y transiciones entre procesos. (Morales, 2018).

Modelo de Planificación Lean

El modelo de planificación Lean se basa en Planificación Colaborativa. Así lo indican Pons & Rubio, (2019) La Planificación Colaborativa es más que simplemente reunirse con subcontratistas para hablar de problemas o planificar órdenes de compra, contratos o prioridades. Se trata de generar el alineamiento del equipo mediante la definición de objetivos comunes, un sistema de trabajo común y reuniones periódicas con información compartida visualmente y de manera transparente. Requiere el seguimiento de indicadores clave y la toma de acciones para mejorar.

Mejora de la Productividad con Lean Construction

La aplicación de Lean Construction tiene como resultados la reducción de costos, el aumento en la calidad y la disminución de los plazos de entrega de proyectos de construcción, junto con la entrega de mayor valor al cliente, tomando en cuenta sus necesidades y considerando el impacto en la sociedad y en el medio ambiente. Con el uso de Lean Construction se pueden evitar ineficiencias y desperdicios en la construcción, tales como: (Morales, 2018):

- Reducir los tiempos de espera debido a la falta de equipos, herramientas o materiales necesarios.
- Evitar tiempos de espera por actividades anteriores inacabadas o mal realizadas.

- Proporcionar una correcta instrucción para realizar el trabajo y evitar tiempos de espera innecesarios.
- Desplazamientos innecesarios provocados por recursos insuficientes y por falta de una adecuada planificación.
- Reducir los desplazamientos innecesarios mediante una adecuada planificación y asignación de recursos.

Lean Project Delivery System (LPDS)

LPDS es un proceso colaborativo que gestiona el proyecto de manera integral a lo largo de su ciclo de vida, con un equipo que alinea objetivos, recursos y restricciones. Se compone de etapas que abarcan desde la definición hasta el uso y mantenimiento del edificio, infraestructura o instalación

Curvas de Productividad

La curva de productividad es una gráfica que permite observar de manera más clara los resultados que arroja el I.S.P. Se realiza una curva de productividad por partida. Por ejemplo, La curva de productividad de encofrado de losa, o curva de productividad de vaciado de muros. En el eje de las abscisas se coloca los días y en el eje de las ordenadas se coloca los rendimientos obtenidos en cada día. La fórmula del rendimiento es el siguiente (Rojas, 2020):

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Horas hombre usadas}}{\text{Avance de la partida}}$$

Carta Balance

La Carta Balance es una herramienta útil en la optimización de procesos mediante el análisis estadístico detallado de una actividad. Este método se basa en el registro de las actividades que realiza cada trabajador en un intervalo corto de tiempo (generalmente cada

uno o dos minutos) y se clasifican en tres tipos de trabajo: TP, TC y TNC. El objetivo es obtener información precisa y detallada para mejorar la eficiencia del proceso. A continuación, se muestra un formato para el registro de datos en la Carta Balance, con un intervalo de tiempo de un minuto. (Morales, 2018).

Last planner System o el último planificador

La metodología que se usó para la implementación del Last Planner System en la obra en estudio, se basó en los paper presentados en los congresos anuales del IGLC (International Group Lean Construction) y estos son (Reyes, 2018):

Look Ahead

Es un plan de corto plazo que se realiza a partir de la programación maestra y se extiende generalmente entre 2 y 8 semanas. Este plan proporciona más detalles y permite realizar ajustes específicos al cronograma principal. (Ortiz, 2019).

Programación Semanal

El programa semanal es un plan provisional que detalla las actividades previstas para la semana, sin restricciones aparentes. Este plan se construye teniendo en cuenta la programación de las próximas semanas (Look Ahead). En este proceso se debe considerar que todas las actividades programadas deben ser factibles de realización. (Muñoz, 2018).

Programación Diaria (Parte Diario)

Conocido como el "tareo" es un documento que se entrega diariamente al responsable de cada cuadrilla. Este documento describe las actividades a realizar durante el día y busca formalizar las solicitudes del ingeniero de campo en cuanto a las actividades a realizar. Sin embargo, en algunas empresas, el documento entregado al capataz para llevar a cabo las tareas diarias puede ser confuso. Por lo tanto, se debe tratar de hacer que el documento sea lo más claro posible, utilizando gráficos y colores para reforzar lo dicho por el ingeniero de

producción en lugar de contradecirlo o confundir aún más al receptor del tareo. (Cabrera, 2020):

Análisis de Restricciones

Utilizando el enfoque del "Look Ahead", se realiza un análisis de todas las tareas necesarias para llevar a cabo las actividades programadas sin restricciones durante las próximas semanas. Para ello, se utiliza un formato de análisis de restricciones que incluye la fecha límite para levantar la restricción y el responsable correspondiente. El plazo para la anticipación y solución de las restricciones puede variar entre 2 y 4 semanas, según sea necesario. (Quispe, 2019).

Porcentaje de Plan Cumplido (PPC)

Es una medida utilizada en gestión de proyectos para evaluar el progreso de un proyecto en relación con su planificación inicial. Esencialmente, el PPC indica la proporción de trabajo planificado que se ha completado en un momento dado. Se calcula dividiendo el trabajo terminado hasta la fecha por el trabajo total planificado. De esta manera, el PPC proporciona una indicación clara de si un proyecto está avanzando según lo previsto o si se están retrasando algunas tareas en relación con la planificación inicial.

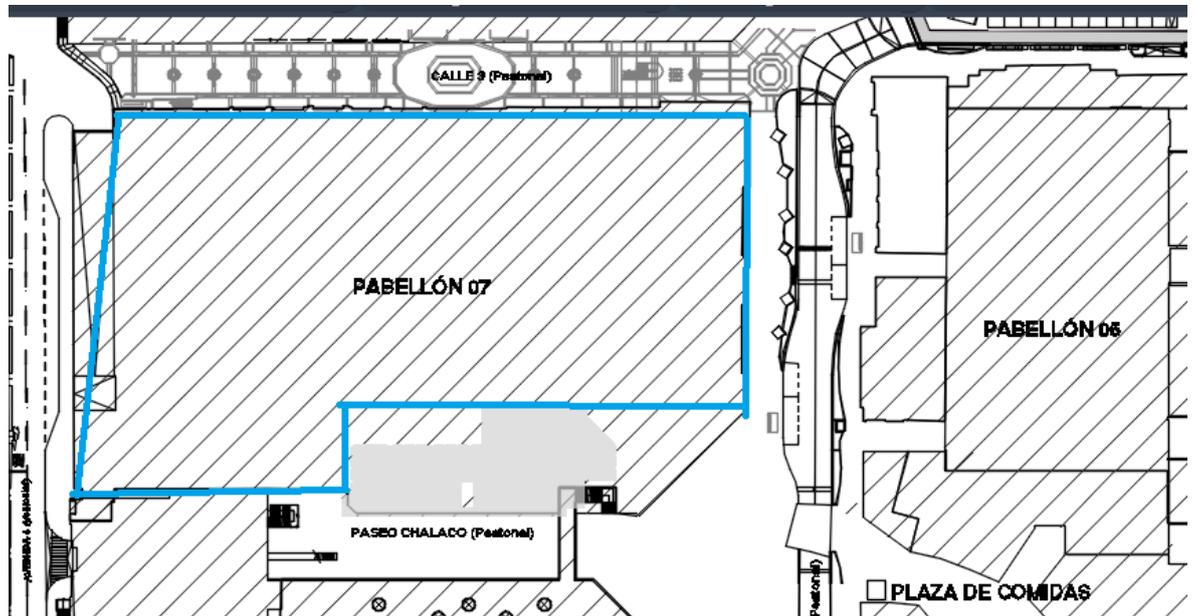
$$PPC = \frac{\text{Numero de tareas programadas completas}}{\text{Numero de tareas programadas}} \%$$

Para el principal desarrollo del marco teórico de la presente mostraremos de manera practica la implementación de la metodología Lean para el mejoramiento de la productividad en el proyecto remodelación del Pabellón 7 del centro comercial Minka, para esto primero se deberá desarrollar la sectorización del Pabellón 7

Dicha sectorización se muestra en la figura siguiente:

Figura 14

Sectorización del Pabellón 7



Luego se procedió a realizar la programación maestra la cual se detalla en la figura 15 a continuación:

Figura 15

Programación maestra



Se implementó una herramienta de planificación diaria llamada "Tareo Diario", en la cual se detalla las actividades o tareas que el personal debe realizar en un día específico. Además, se controlan las horas trabajadas y se mide el progreso diario. Al final del día, los encargados de cada grupo deben completar el formato con las mediciones reales obtenidas en el campo, para su posterior análisis. Es importante que este registro sea entregado con anticipación para que todos los involucrados estén informados de las actividades programadas. La figura 16 muestra un ejemplo del tareo diario con el rendimiento correspondiente.

Figura 16

Tareo Diario con rendimientos

PLANIFICACION DIARIA:															AREA DE PRODUCCIÓN																													
ITEM	ACTIVIDAD	AREA/ZONA	Personal	Calef.	Esp.	#Ciud	#Obr	Tot Obr	Metrado	Und	Velo	#H/día	H:Un	#días	Horario	Rendimiento PPTO	% CUMPL	METRADO EJECUCION	CAUSAS																									
1 Excavación para ducto de monóxido																																												
		SOTANOS	BECERRA CHAVEZ, JAME	PEON	LIMPEZ	1.00	1	1.00	4.0	m3		9.00	2.25	1.00	07:30 a 18:00	2.30		4.0																										
2 vaciado de cimiento																																												
		SOTANOS	LAVADO AVILA, GUSTAVO WALTER	OPERA	CONCRETO			3.00	23.0	m3		4.00	0.52	1.00	13:00 a 16:00			23.0																										
			MENDOZA QUISPE, DANIEL CLAUDIO	OPERA	ALBAÑILERIA																																							
			REYES ANASTACIO, RIDER MUSOLINE	OPERA	CONCRETO																																							
3 vaciado de losa de piso y acabado																																												
		SOTANOS	LAVADO AVILA, GUSTAVO WALTER	OPERA	CONCRETO			3.00	108.7	m2		4.50	0.13	1.00	16:30 a 21:00			107.0																										
			MENDOZA QUISPE, DANIEL CLAUDIO	OPERA	ALBAÑILERIA																																							
			REYES ANASTACIO, RIDER MUSOLINE	OPERA	CONCRETO																																							
4 Resane de vigas																																												
			FLORES FLORES, ORLANDO ROSARIO	PEON	ESTRUCTURA			6.00	40.0	ml		4.50	0.68	1.00	07:30 a 12:00			40.0																										
			GUTIERREZ PARDO, GODOFREDO	OPERA	ALBAÑILERIA																																							
			SULLA SIMON, PERFECTO FRUCTUOSO	OPERA	ALBAÑILERIA																																							
			LAVADO AVILA, GUSTAVO WALTER	OPERA	CONCRETO																																							
			MENDOZA QUISPE, DANIEL CLAUDIO	OPERA	ALBAÑILERIA																																							
			REYES ANASTACIO, RIDER MUSOLINE	OPERA	CONCRETO																																							
5 Dirección																																												
		SOTANOS	OCHOA ZARATE, EMILIO	OPERA	CONCRETO			1.00						1.00	07:30 a 18:00																													
															<table border="1"> <tr> <td>CARP</td> <td>ALB</td> <td>FIERR</td> <td>Total</td> </tr> <tr> <td>CA</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>OP</td> <td>6</td> <td></td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>OF</td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>AV</td> <td>2</td> <td></td> <td>2</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>8</td> </tr> </table>	CARP	ALB	FIERR	Total	CA				OP	6		6	OF			0	AV	2		2				8	<table border="1"> <tr> <td>Ora</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Descanço</td> <td></td> </tr> </table>	Ora		Descanço	
CARP	ALB	FIERR	Total																																									
CA																																												
OP	6		6																																									
OF			0																																									
AV	2		2																																									
			8																																									
Ora																																												
Descanço																																												

Luego también se procedió a realizar el Look Ahead haciendo un corte en el cronograma programando las siguiente 3 ó 4 semanas. Dicho proceso se representa en la siguiente figura.

Figura 17

Look Ahead Planning - Día

LOOKAHEAD PLANNING - DIA																																															
ACTIVIDAD	Octubre																	Noviembre																													
	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D												
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																			
VACIADO CON CONCRETO FLUIDO	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30	S31	S32	S33	S34	S35	S36	S37																			
Acero vertical																																															
IIEE IISS escarificado y limpieza																																															
Encofrado vertical																																															
Liberación de calidad y supervi																																															
Concreto vertical																																															
Encofrado horizontal		S2	S3	S4	S5																																										
Acero horizontal		S1	S2	S3	S4	S5																																									
Liberación H. de calidad y supervi		S1	S2	S3	S4	S5																																									
Concreto horizontal		S1	S2	S3	S4	S5																																									
Acero vertical		S1	S2	S3	S4	S5																																									
IIEE IISS escarificado y limpieza		S1	S2	S3	S4	S5																																									
Encofrado vertical		S1	S2	S3	S4	S5																																									
Liberación de calidad y supervi		S1	S2	S3	S4	S5																																									
Concreto vertical		S1	S2	S3	S4	S5																																									
Encofrado horizontal						S1		S2	S3	S4	S5																																				
Acero horizontal						S1		S1	S2	S3	S4	S5																																			
Liberación H. de calidad y supervi						S1		S1	S2	S3	S4	S5																																			
Concreto horizontal						S1		S1	S2	S3	S4	S5																																			
Acero vertical																	S2	S3	S4	S5																											
IIEE IISS escarificado y limpieza																	S2	S3	S4	S5																											
Encofrado vertical																	S2	S3	S4	S5																											
Liberación de calidad y supervi																	S2	S3	S4	S5																											
Concreto vertical																	S2	S3	S4	S5																											
Encofrado horizontal																																															
Acero horizontal																																															
Liberación H. de calidad y supervi																																															
Concreto horizontal																																															
Acero vertical																																															
IIEE IISS escarificado y limpieza																																															
Encofrado vertical																																															
Liberación de calidad y supervi																																															
Concreto vertical																																															
Encofrado horizontal																																															
Acero horizontal																																															
Liberación H. de calidad y supervi																																															
Concreto horizontal																																															

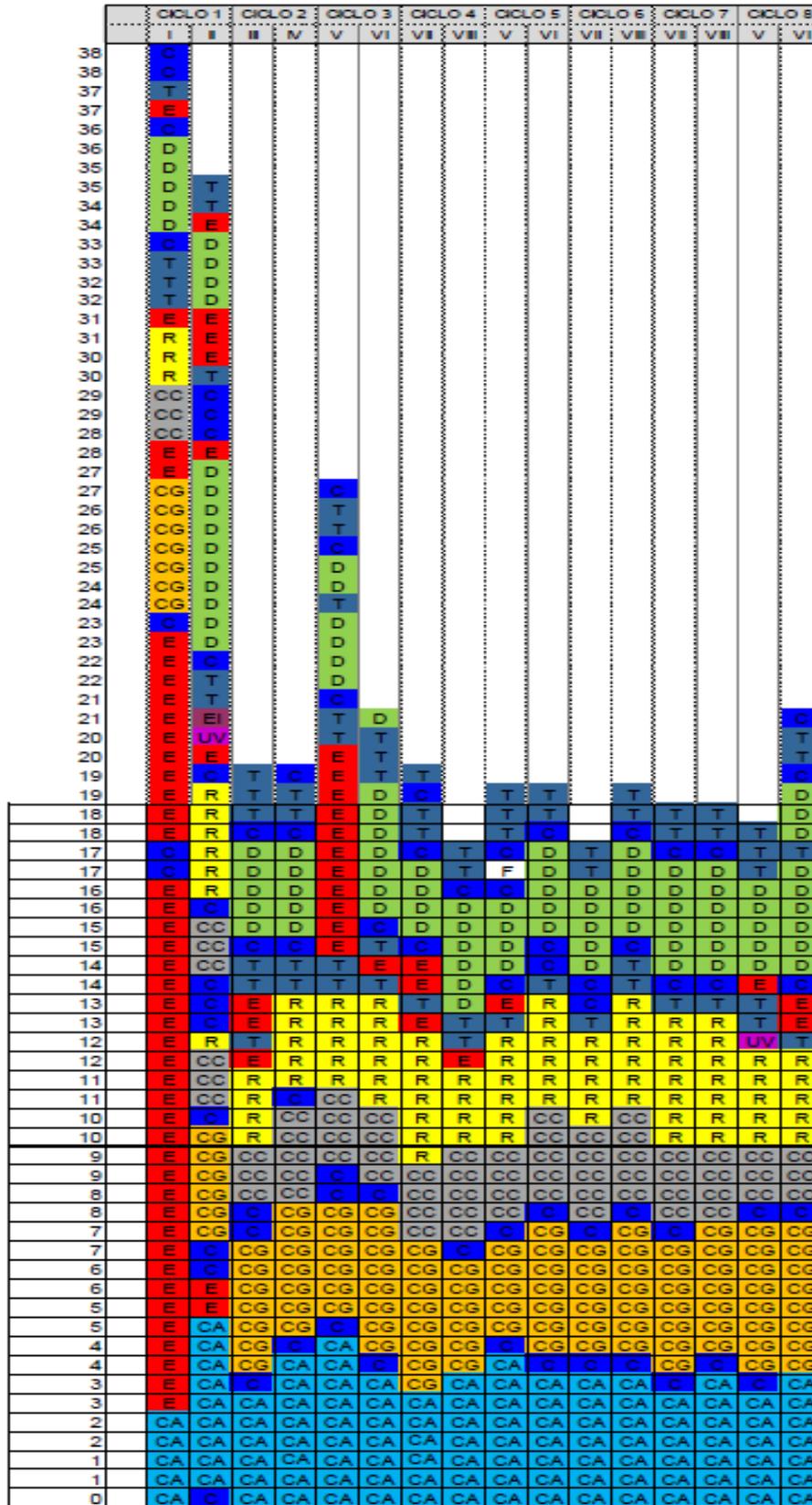
Se identifican las restricciones que impiden cumplir con la programación en el análisis de restricciones basado en el Look Ahead. Las restricciones incluyen la eliminación de piedras, la excavación para la cimentación, la falta de herramientas y la falta de planos de la primera etapa. Para superar estas restricciones, se deben tomar medidas como hacer horas extras, reparar o comprar herramientas y solicitar los planos necesarios. Cada restricción tiene una fecha límite para ser levantada y un responsable asignado para hacerlo. Este documento permite optimizar los trabajos diarios y garantizar el cumplimiento del cronograma de obra. En la siguiente figura 18 se muestra el análisis de restricciones.

Figura 18

Formato de Análisis de restricciones

Figura 19

Carta balance



De este proceso se obtendrán los resultados de los TP, TC Y TNC los cuales se muestran en la figura 20.

Figura 20

Resultado de muestras de Carta Balance de la partida de vaceado de concreto

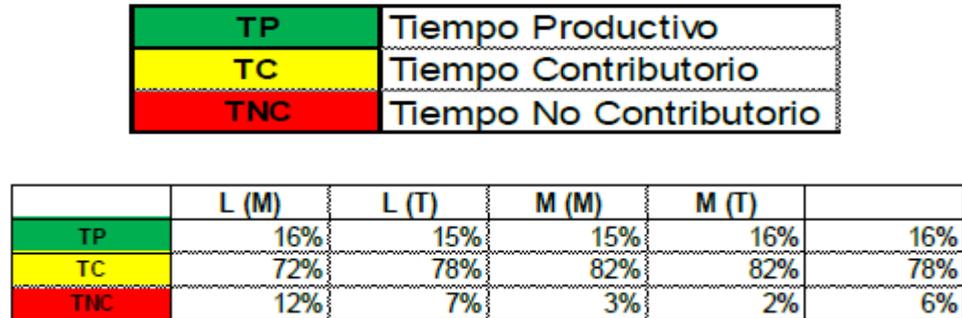
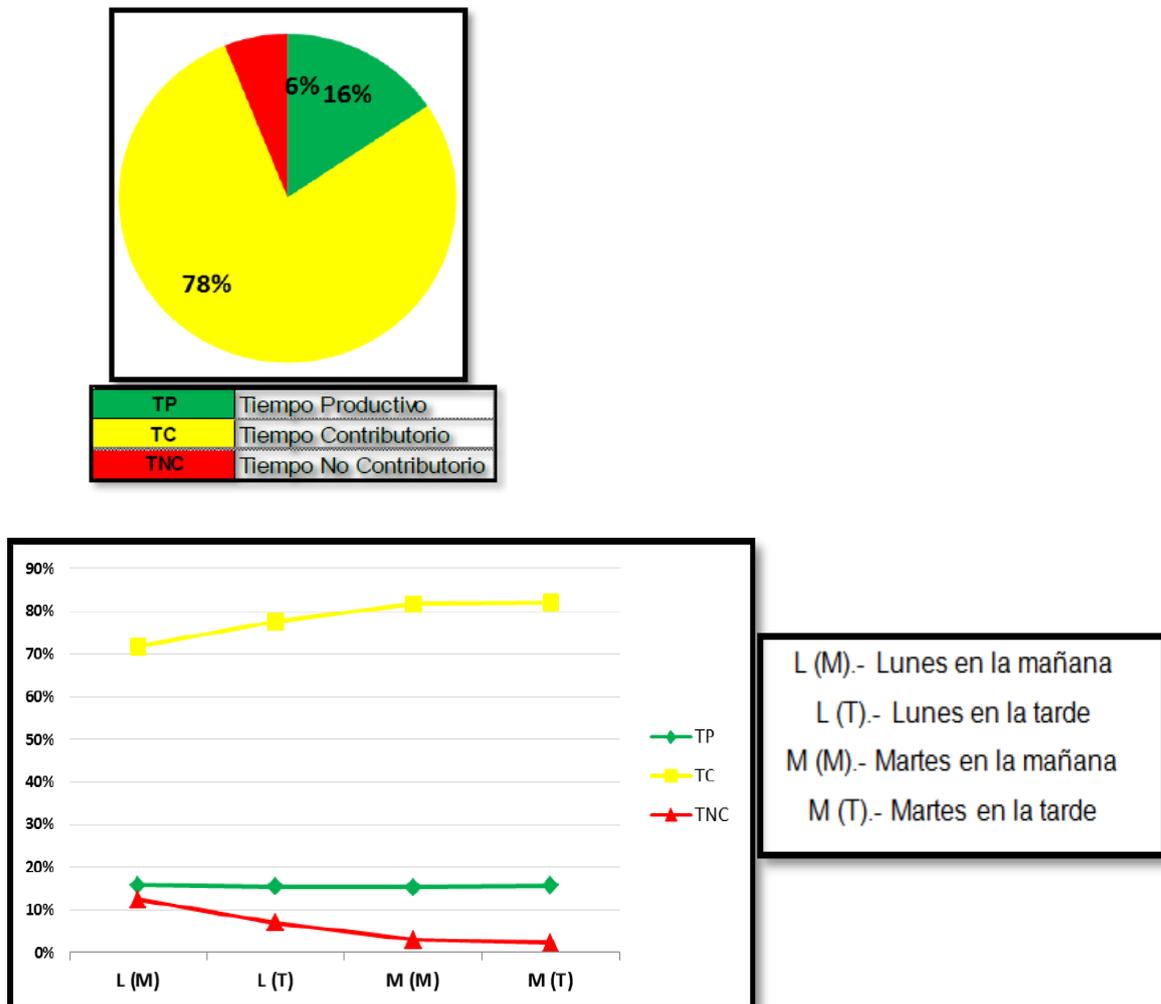


Figura 21

Resultado de muestras de Carta Balance de la partida de vaceado de concreto



La aplicación de la metodología Lean Construction en el proyecto remodelación del Pabellón 7 del centro comercial Minka, pretende incrementar de manera significativa la confiabilidad de su planificación, porque al inicio del proyecto la productividad se encontraba por debajo de lo programado. Primero se usó la herramienta Carta Balance para detectar las actividades improductivas en la ejecución de las partidas, de las partidas de zapata se obtuvo un 19% en TP, 48% en TC, 33% en TNC, en la partida de columna se obtuvo un 21% en TP, 51% en TC, 28% en TNC, en la partida de viga se obtuvo un 21% en TP, 49% en TC, 30% en TNC y en la partida de losa aligerada se obtuvo un 20% en TP, 44% en TC, 36% en TNC. También se implementó el Diagrama de Ishikawa donde se identificó las causas que generaron una baja productividad en la ejecución de la obra, pudiendo así aplicar las medidas correctivas y obteniendo un rendimiento mayor al 20% y un porcentaje superior al 80% en actividades cumplidas. Mediante la herramienta de Porcentaje de Plan Cumplido, se pudo hacer un seguimiento de forma semanal al cumplimiento de las actividades ejecutadas con respecto a las actividades programadas, identificando las actividades con bajo rendimiento para luego aplicar las medidas correctivas, obteniendo un porcentaje de actividades cumplidas de 87%. Por último mediante la curva “S”, se pudo observar el avance de la productividad con respecto al avance programado de forma mensual, permitiendo tener un mejor panorama de cómo es el avance de la productividad en obra.

CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

Para dar inicio al presente capítulo se realizó un estudio a la empresa mediante un análisis, a continuación de acuerdo a las incidencias de problemas en el año 2022.

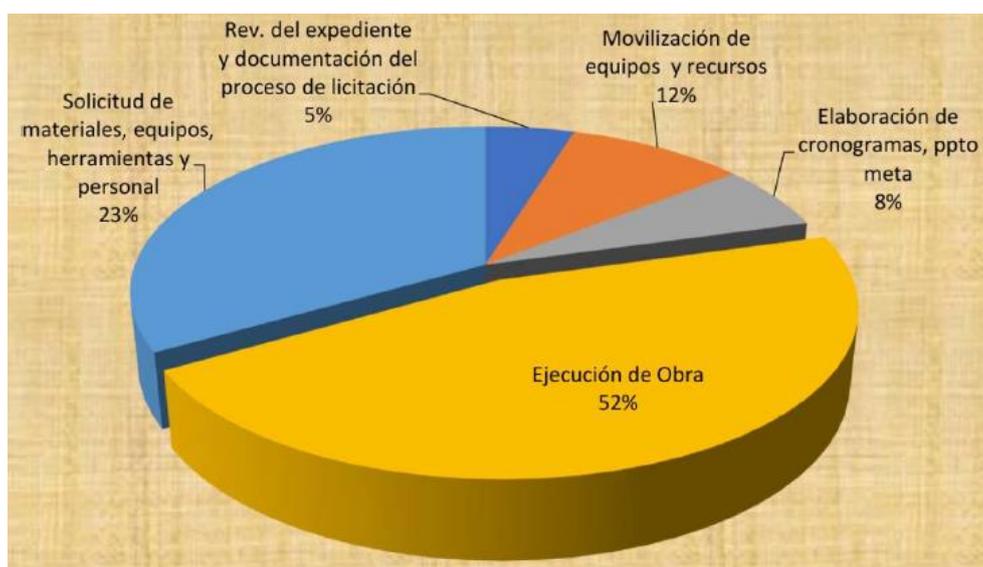
Tabla 2

Detalle de incidencia de problemas en operaciones 2022

Porcentaje de Incidencia de Problemas - Área de Operaciones 2022			
Código	Descripción Proceso	Incidencia	Porcentaje
EO	Ejecución de Obra	44	52%
SM	Solicitud de Materiales, Equipos, Herramientas y Personal	19	23%
ME	Movilización de Equipos y Recursos	10	12%
EC	Elaboración de Cronogramas, Presupuesto Meta	7	8%
RE	Revisión del Expediente y Documentación del Proceso de Licitación	4	5%
		84	100%

Figura 22

Porcentaje de incidencia de problemas en operaciones 2022



En la Figura 22, presentamos el porcentaje según lo obtenido de las incidencias por los problemas que se presentaron en el área de operaciones durante el año 2022. Se puede

apreciar que el proceso que más porcentaje de incidencias presento es el de ejecución de obra con un 52% en cuanto al total dentro del área de operaciones, por este motivo será este el proceso en el cual nos enfocaremos para poder realizar el desarrollo de proponer una mejora en cuanto a la calidad y producción optando por utilizar la metodología según Six Sigma y Lean Construction.

En la presente nos enfocaremos en el proceso de vaciado de concreto ya que se presenta errores en este proyecto de construcción los cuales se califican en sub procesos de manera relativa en cuanto a las etapas de ejecución constructivas. Debido a los siguientes motivos que se presentaron se procederá con la aplicación del proceso metodológico Six Sigma a la partida de vaciado de concreto con la finalidad de reducir perdidas de material de concreto, mejorando los cumplimientos según las dimensiones que se requieren en los planos especificados para los elementos de concreto estructural de la construcción.

Se empleará la metodología Six Sigma durante el proceso del vaciado de concreto en sus siguientes etapas: Análisis, Mejora, Medición y Definición. Para el control, en esta etapa se presentará una propuesta debido al alcance y contexto según corresponde al tema en estudio.

Etapas de vaciado de concreto

Etapas Definir: Pérdida de concreto

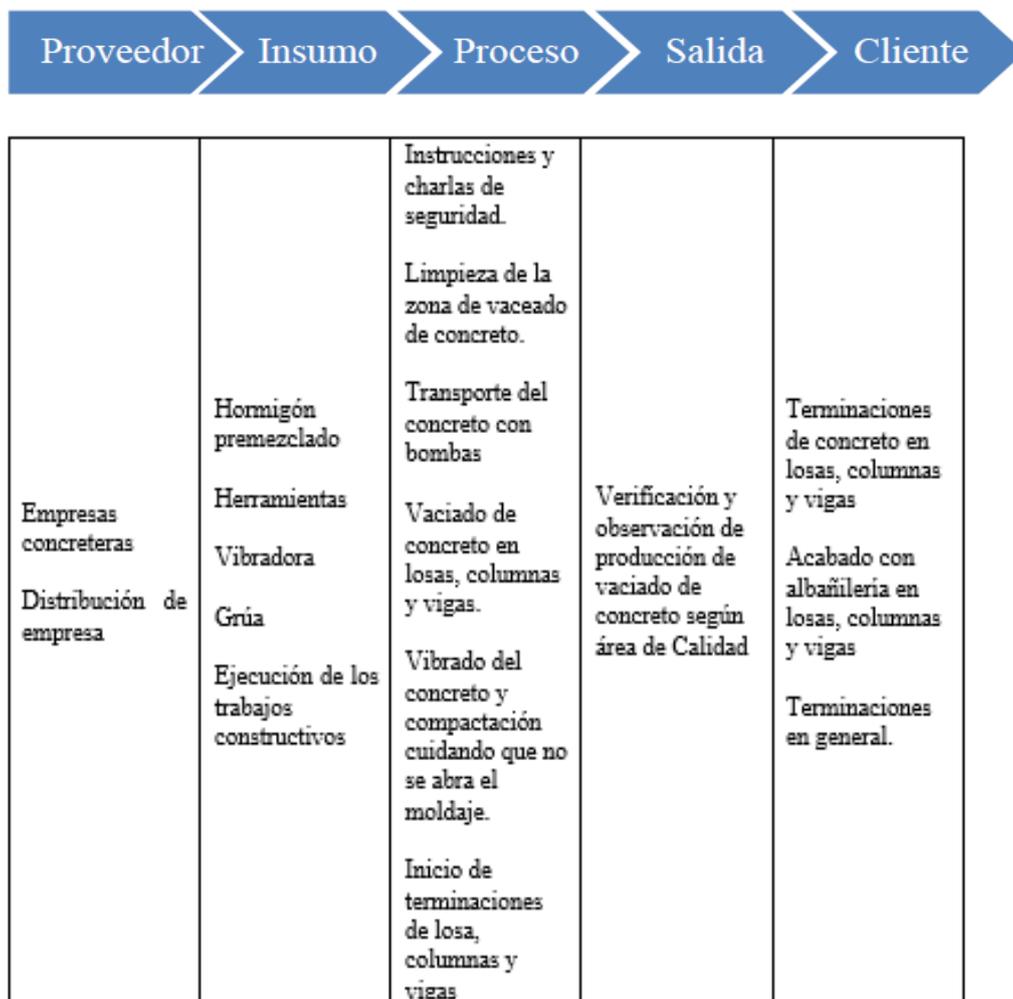
En la primera fase, el objetivo es conocer, comprender, definir e identificar los temas objetivos que requieren una mejora continua en el desarrollo de sus operaciones y procesos. Todo esto para que se puedan establecer objetivos claros en los servicios y productos para aumentar el nivel de calidad y reducir los costos por errores, aumentando así la eficiencia y la eficacia.

El subproceso tiene una distribución de flujo como se muestran en la figura 23 correspondiente al diagrama SIPOC. Durante el desarrollo del proyecto

de investigación se consideró un punto crítico la fase del proceso de hormigonado de la zona de obra, debido a que se basó en la coordinación de trabajos previos y también durante el tiempo en que el objeto estaba a la espera de su ejecución. A continuación, se muestra el diagrama de flujo SIPOC para mostrar la pérdida en la partida en estudio.

Figura 23

Diagrama SIPOC de pérdida de concreto



Etapla Medir: Pérdida de concreto

El propósito de esta fase es medir el nivel sigma actual del subproceso, para lo cual se determina la magnitud del error por pérdida de concreto y se compara con la tendencia de distribución normal de los datos para utilizar el método six sigma.

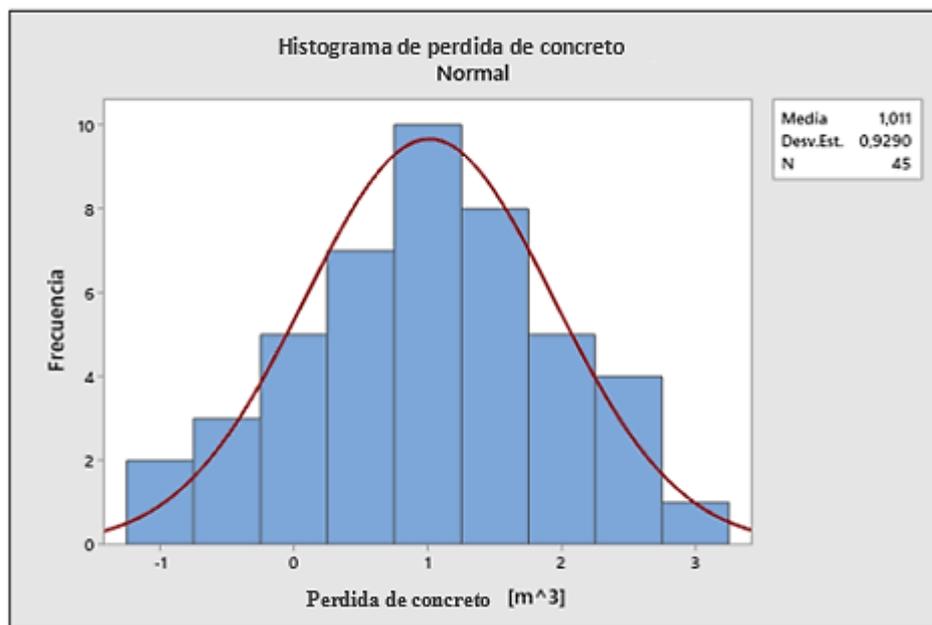
Tabla 3

Datos de error Pérdida de Concreto.

Pérdida de Concreto	
Rango [m ³]	Frecuencia
[-1,25; -0,75]	2
[-0,75; -0,25]	3
[-0,25;0,25]	5
[0,25;0,75]	7
[0,75;1,25]	10
[1,25;1,75]	8
[1,75;2,25]	5
[2,25;2,75]	4
[2,75;3,25]	1

Figura 24

Histograma de Pérdida de Concreto



Según la figura 24 se optó por aplicar unidades negativas para representar la falta de concreto debido a un mal manejo o cálculo de los elementos a vaciar, por otro lado, las unidades positivas hacen referencia a los casos en los que se mostró un sobrante de material en obra. Según lo indicado en los terrenos se tiene una determinación del 10% adicional de la cantidad de concreto obtenido en los cálculos por metro cúbico, esto se

debe a los imprevistos según el proceso de ejecución del proceso de construcción, además de que se presenta un sobrante mucho mayor que el calculado como definición de holgura.

Se presenta una tendencia la cual se considera de forma normal según un histograma elaborado demostrando aproximaciones hacia la curva de distribución normal mediante una gráfica que de por sí, ya presenta datos que no se podrían realizar en un test.

Tabla 4

Datos de error Pérdida de Concreto.

Pérdida de Concreto	
Media	1,011
Desv. Est.	0,929
N.º Datos	45
Límite superior	3
Límite inferior	0
Nivel Sigma	2.14

Según lo calculado el nivel sigma de 2,14 nos indica que según su proceso presenta un rendimiento con un valor de 73% de efectividad y un DPMO de 274255 defectos por millón de oportunidades. Por este motivo se presenta una sugerencia para aplicar otro tipo de herramientas que nos ayuden a entender el grado de las casusas según su efectividad.

Etapas Analizar: Pérdida de concreto.

Se emplea el uso de herramientas para obtener el análisis según los defectos que cumplan con la distribución adecuada según corresponda a la pérdida de concreto identificando cuales son los defectos más frecuentes en cuanto a costos. Se emplea la construcción de un diagrama de flujo como etapa número uno en base al gestionamiento del concreto y una planificación según el sistema de vaciado de concreto con el cual se ejecuta de manera efectiva las actividades correspondientes, así como también la identificación de los roles y sus correspondientes responsabilidades. Se debe proponer una estabilización de ideas sobre el punto de origen de los factores que causan los defectos y las no conformidades mediante

un análisis de relación según los roles que influyen en las actividades y posibles fases de las gestiones del concreto.

Se efectúa una lluvia de ideas con la finalidad de poder elaborar un diagrama determinado como Ishikawa, determinando como respuesta inmediata que se encuentran cuatro fuentes de error los cuales se identifican como los causantes de la pérdida de material de concreto, siendo estos la logística, áreas de terreno, proveedores y subcontratistas. Se presencia que estos errores son generados debido a la descoordinación y el incumplimiento de actividades, así como también en el incumplimiento de los plazos determinados mediante la información y planificación de los procesos iniciales.

Figura 25

Diagrama de flujo del vaciado de concreto

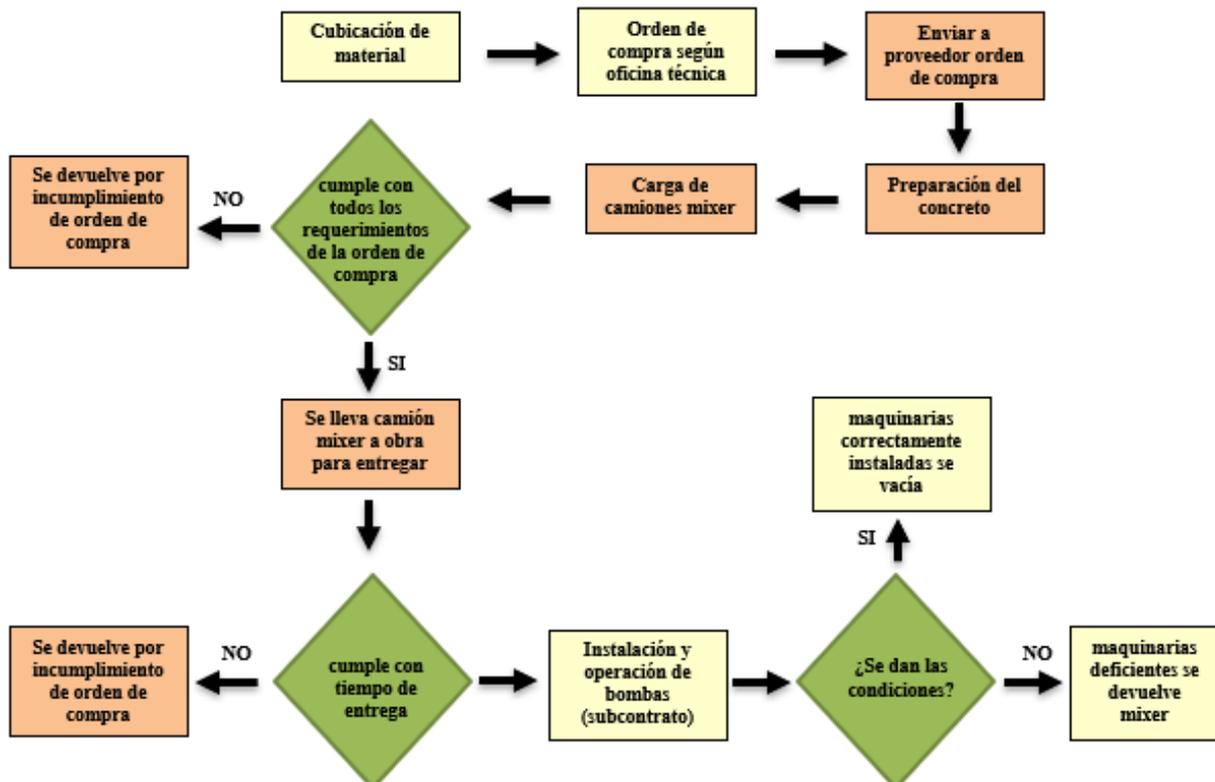
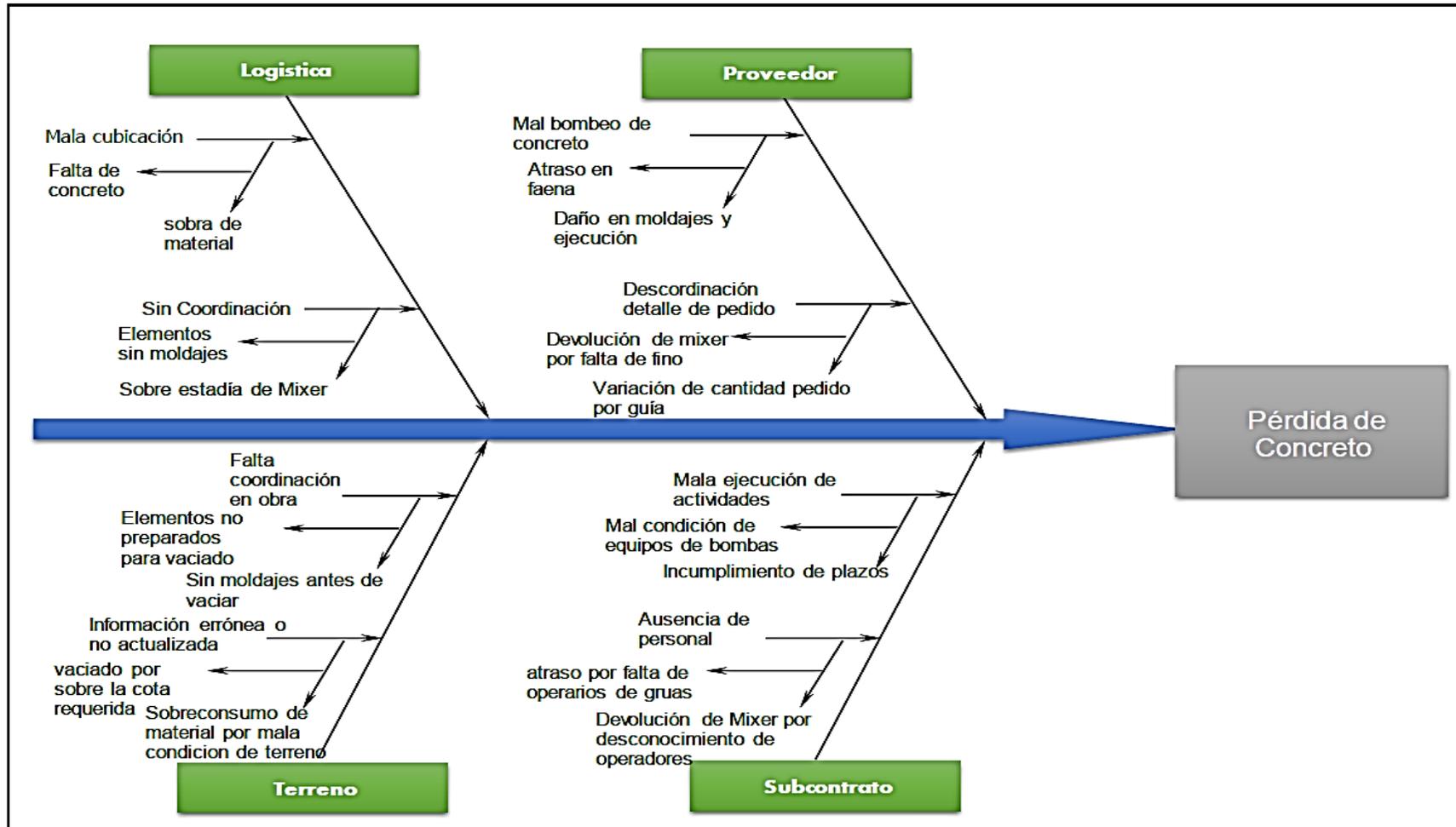


Figura 26

Diagrama de Ishikawa del proceso de pérdida de concreto



Según las ideas presentadas inicialmente, se demuestra en la figura 26 los errores clasificados, siendo estos desde controlables hasta no controlables, con la finalidad de analizar los impactos. Dicha clasificación se muestra a continuación:

Tabla 5

Clasificación de naturaleza de errores.

Errores controlables	Errores no controlables
Falta Coordinación en terreno	Vaciado por sobre la cota requerida
Mala ejecución de actividades	Sobre consumo de material
Información errónea y no actualizada	Incumplimiento de plazos
Descoordinación en detalle de compra	Devolución de mixer por desconocimiento de operadores
Error de cubicación	Variación de cantidad de pedido por guía
Ausencia de Personal (Subcontrato)	Daño en moldajes y ejecución
Mala calidad de máquinas para vaciar concreto	Atraso en faena
Falta coordinación en gestión	Mal bombeo del concreto

Etapas de vaciado de concreto

Etapas Definir: Elementos que no quedan en las dimensiones específicas

El propósito de esta fase es conocer, comprender, definir e identificar los problemas objetivos que requieren la mejora continua de las operaciones y el desarrollo de procesos. Todo esto con el fin de establecer metas claras en servicios y productos con mayor efectividad y eficiencia, lo que se refleja en el nivel de calidad, y reducir costos por errores que provocan diferencias dimensionales en elementos específicos. de hormigón.

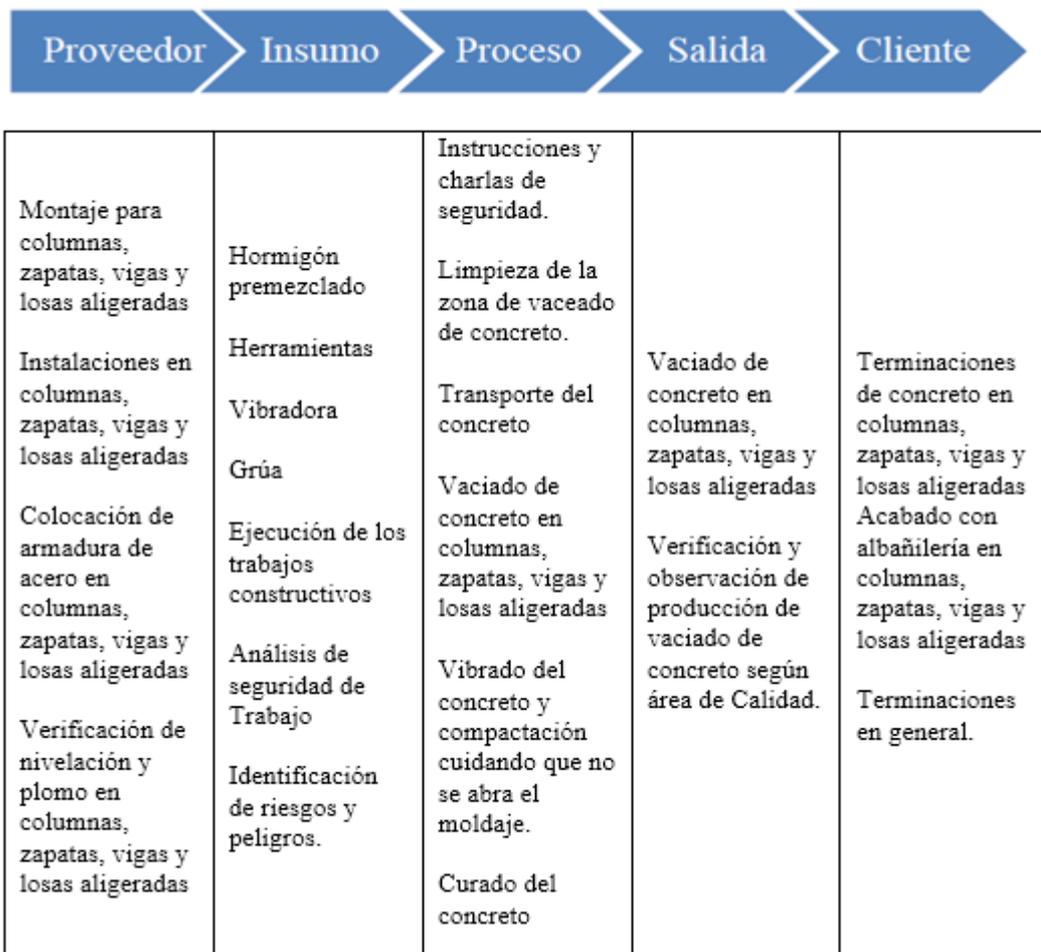
Uno de los errores más comunes que se cometen en los proyectos de construcción es que los elementos no se miden de acuerdo con las indicaciones dadas en el plano del proyecto, que por el contrario cumplen con los requisitos de las normas de construcción que determinaron el proyecto, que determinan el factor de seguridad del edificio. resistencia sísmica de la estructura de cimentación.

Es por esto que se estudian y registran los errores que hay en las dimensiones como son las columnas y zapatas de concreto además de las variaciones presentes en las dimensiones reales de losas aligeradas y vigas en comparación a la información de los planos de construcción con detalles.

Esta etapa tiene un flujo el cual se muestra en la figura 27 con el correspondiente diagrama SIPOC del proceso de vaciado de columnas, zapatas, vigas y losas aligeradas. Donde los errores se establecen en base a un punto crítico en la actividad, ya que es más susceptible a la variación por la poca precisión que está presente en la ejecución de la obra en terreno.

Figura 27

Diagrama SIPOC de vaciado de columnas, zapatas, vigas y losas aligeradas



Etapa Medir: Elementos de concreto no quedan en las dimensiones

especificadas.

Se determina la medición de errores de elementos que no queda en dimensiones especificadas para el caso de las columnas y zapatas, comparando también con la tendencia de distribución normal de los datos para poder aplicar la metodología Six Sigma.

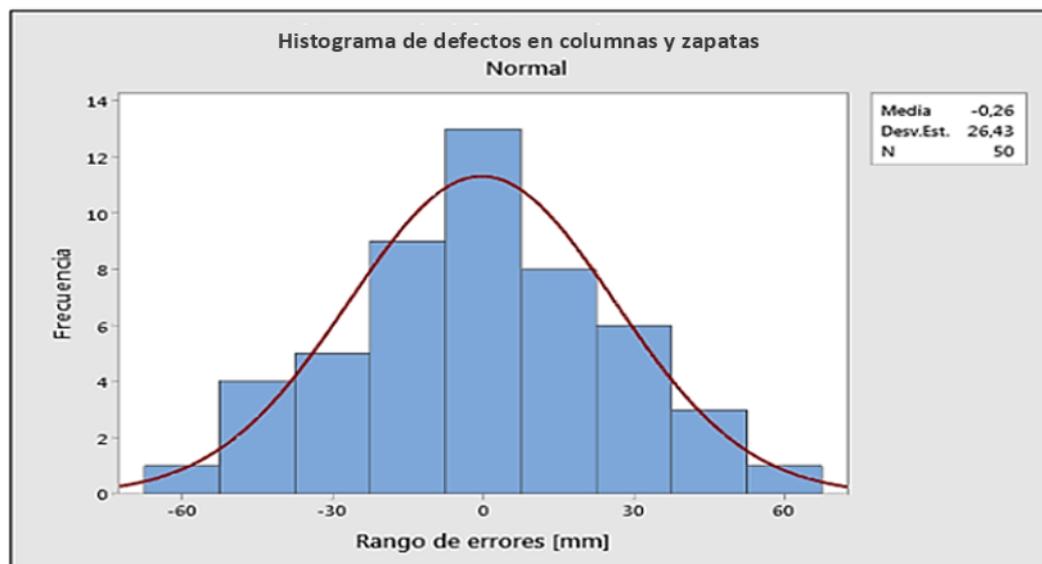
Tabla 6

Datos de error columnas y zapatas.

Columnas y zapatas	
Rango [mm]	Frecuencia
[-67,5; -52,5]	1
[-52,5; -37,5]	4
[-37,5; -22,5]	5
[-22,5; -7,5]	9
[-7,5; 7,5]	13
[7,5; 22,5]	8
[22,5; 37,5]	6
[37,5; 52,5]	3
[52,5; 67,5]	1

Figura 28

Histograma de elemento no queda en medidas específicas en columnas y zapatas



En la figura 28 se representa la gráfica según el histograma que se considera según la distribución normalizada basado en la aproximación de gráficos debido a que no se realizó la norma de test normalizada por la naturaleza de datos, demostrando que los datos de valor negativo representan los errores faltantes en para las alturas requeridas para zapatas y columnas según lo que especifica los planos para diseño. Por otro lado, los resultados de valor positivo son las medidas que presentaron un sobre valor de dimensiones o alturas que se especifica en el plano de los diseños, se menciona que los límites de admisión según la variación de alturas entre columnas y zapatas es de ± 10 mm, esto se debe a que las alturas se acumulan mediante el proceso de construcción del edificio. Según estos valores podemos determinar el valor de sigma según la tabla de resumen de medición de defectos para muros y columnas.

Tabla 7

Cálculo de nivel Sigma para defectos de columnas y zapatas.

Pérdida de Concreto	
Media	-0.26
Desv. Est.	26.43
N.º Datos	50
Límite superior	10
Límite inferior	-10
Nivel Sigma	0.4

Según lo calculado el nivel sigma es de 0,4 lo que indica que el proceso tiene un rendimiento de 27,3% de efectividad y un DPMO de 864334 defectos por millón de oportunidades. Lo cual sugiere aplicar herramientas de análisis para entender las causas del grado de efectividad.

Podemos determinar la medición de errores según el elemento el cual no presenta especificación de dimensiones en el caso de vigas y losas, realizando la comparación en tendencia para la distribución normalizada de datos para aplicar el Six sigma.

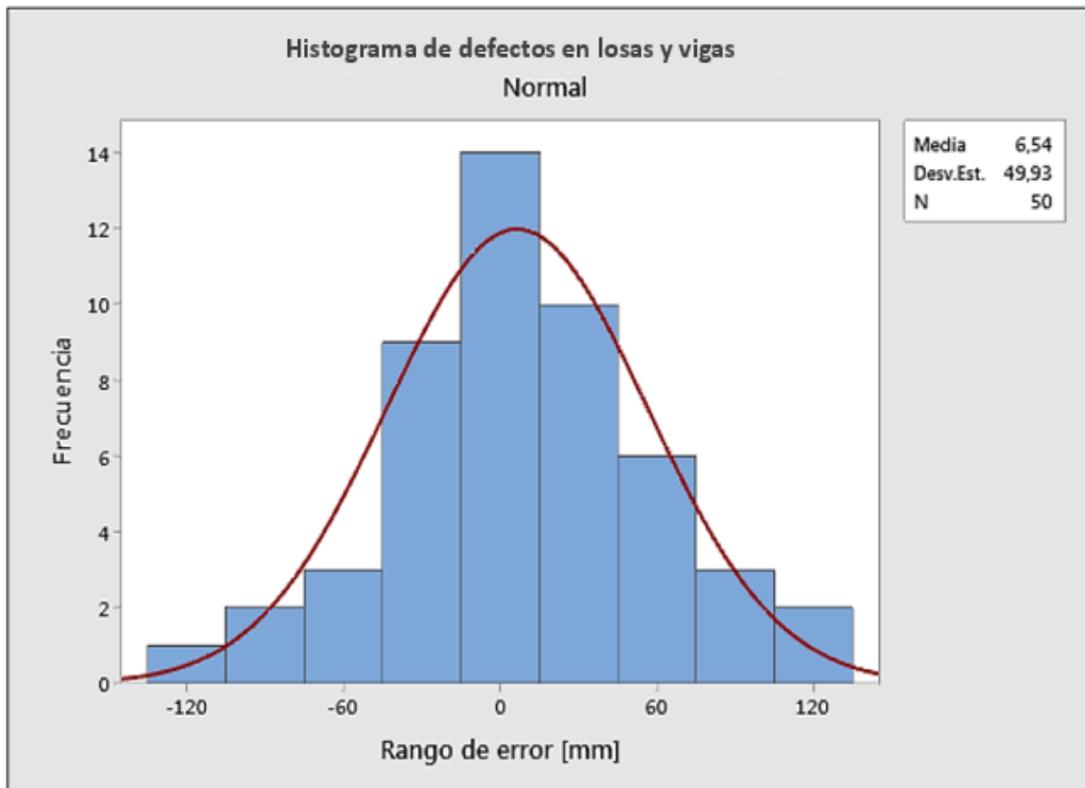
Tabla 8

Datos de error losas y vigas.

Columnas y muros	
Rango [mm]	Frecuencia
[-135; -105]	1
[-105; -75]	2
[-75; -45]	3
[-45; -15]	9
[-15;15]	14
[15;45]	10
[45;75]	6
[75;105]	3
[105;135]	2

Figura 29

Histograma de elemento no queda en medidas específicas en losas y vigas



En la figura 29 se representa la gráfica según el histograma que se considera según la distribución normalizada basado en la aproximación de gráficos debido a que no se realizó la norma de test normalizada por la naturaleza de datos, demostrando que los datos de valor negativo representan los errores faltantes en para las alturas requeridas para vigas y losas según lo que especifica los planos para diseño. Por otro lado, los resultados de valor positivo son las medidas que presentaron un sobre valor de dimensiones o alturas que se especifica en el plano de los diseños, se menciona que los límites de admisión según la variación de alturas entre vigas y losas es de ± 20 mm, esto se debe a que las alturas se acumulan mediante el proceso de construcción del edificio. Según estos valores podemos determinar el valor de sigma según la tabla de resumen de medición de defectos para vigas y losas.

Tabla 9

Cálculo de nivel Sigma para defectos de losas y vigas.

Pérdida de Concreto	
Media	6.54
Desv. Est.	49.93
N.º Datos	50
Límite superior	20
Límite inferior	-20
Nivel Sigma	0.3

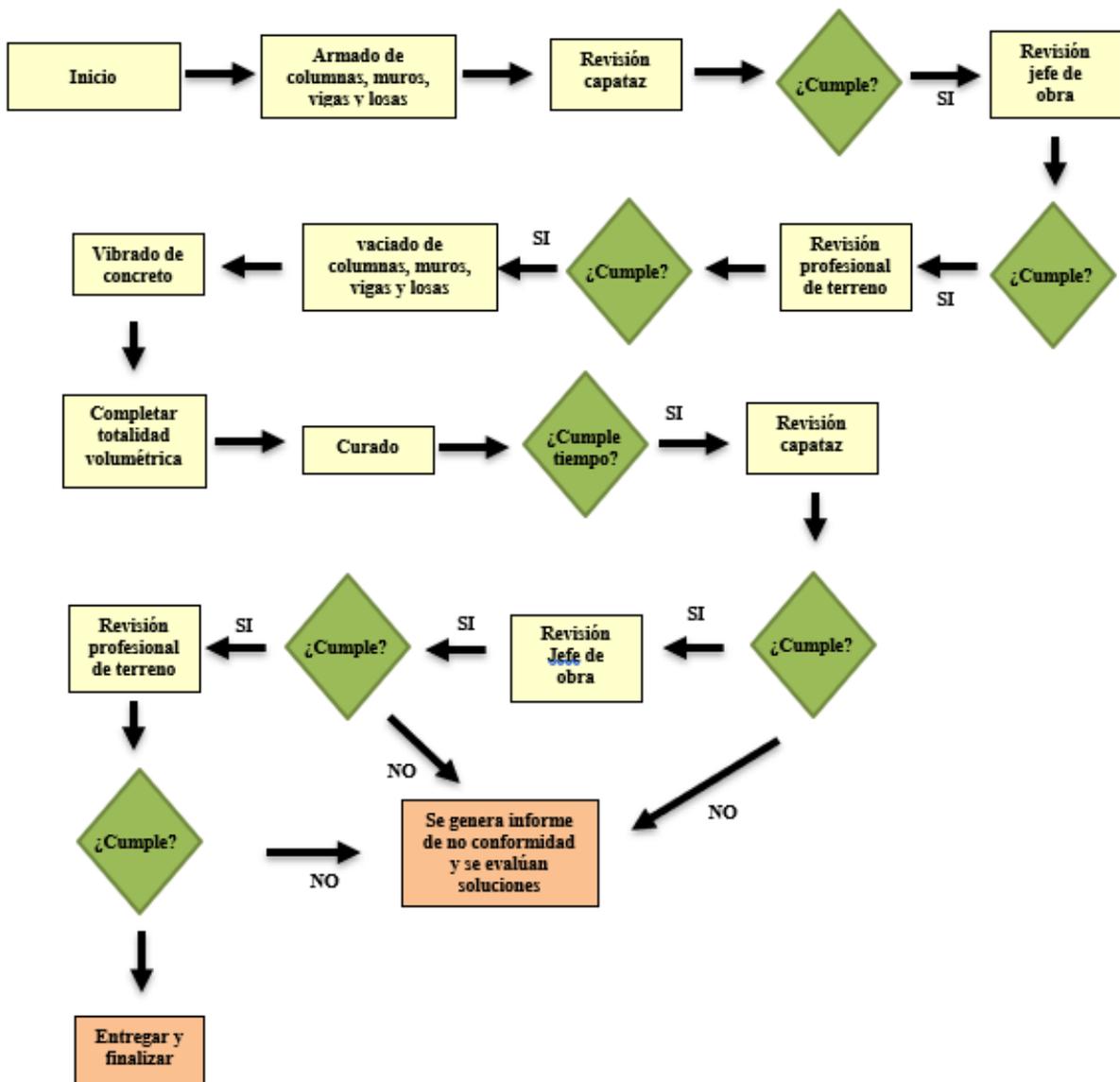
Según lo calculado el nivel sigma de 0,3 lo que indica que el proceso tiene un rendimiento de 13,5% de efectividad y un DPMO de 884930 defectos por millón de oportunidades. Lo cual sugiere aplicar herramientas de análisis para entender las causas del grado de efectividad.

Etapas de Análisis: Elementos de concreto no quedan en las dimensiones específicas.

Este defecto corresponde al 47% de los costos totales por no conformidad en el proceso de ejecución para el proyecto. Como primera forma de analizar el origen que produce errores en los elementos se plantea un diagrama de flujo en el vaciado de columnas, muros, vigas y losas ya que su gestión determina responsabilidades.

Figura 30

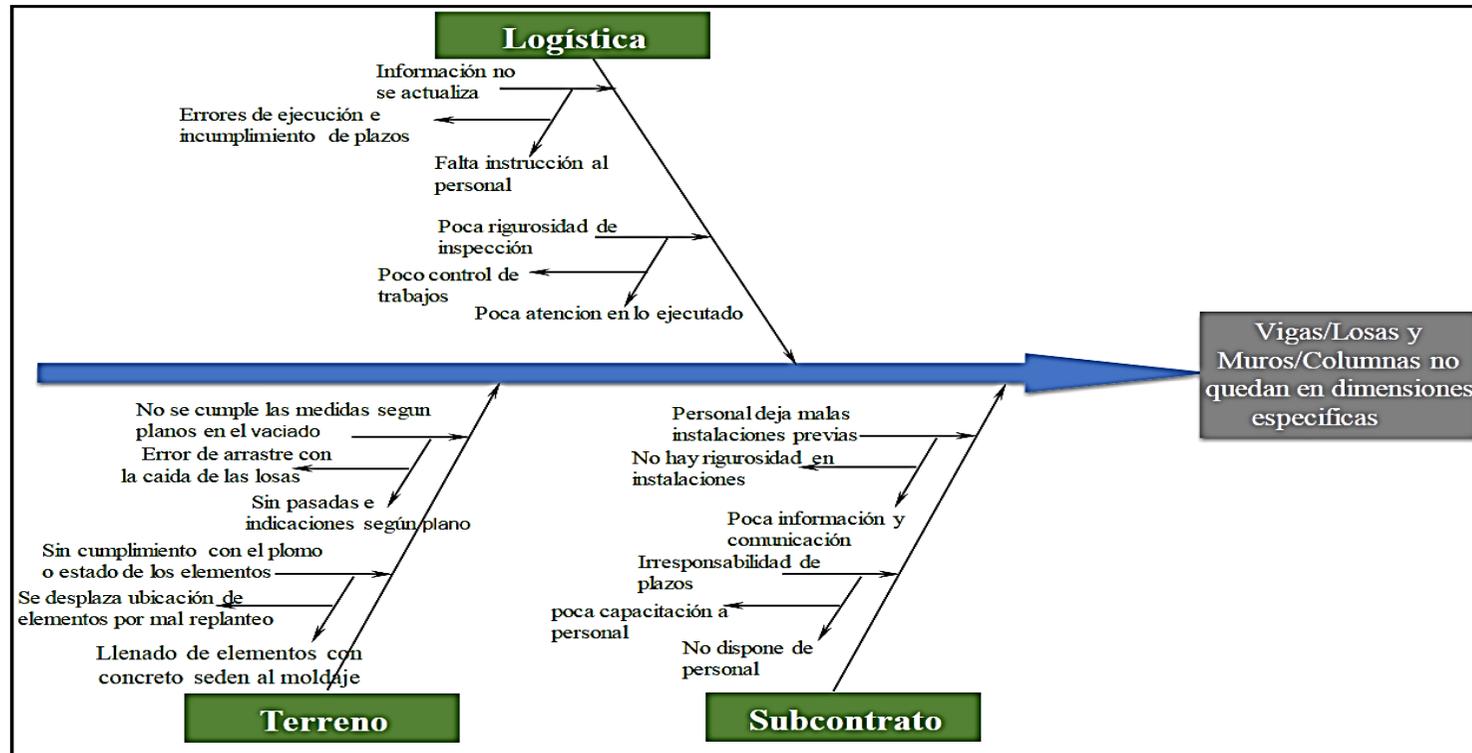
Diagrama de flujo del vaciado de columnas, muros, vigas y losas



Con el planteamiento del diagrama de flujo del proceso de vaciado de columnas, muros, vigas y losas se puede estudiar los puntos críticos donde se forman errores, para esto se plantea utilizar la información de la lluvia de idea para estructurar las causas de los errores en el diagrama de a Ishikawa.

Figura 31

Diagrama de Ishikawa del proceso de Elemento no queda en medidas específicas



Se considera el diagrama de Ishikawa presenta una división de 3 causas las cuales se consideran en logística, subcontratistas y terreno los cuales determinan los efectos que disminuyan la eficacia en cuanto los elementos de hormigón. Por la naturaleza de las ideas planteadas en la figura 31, se clasifican los errores según si son controlables o no controlables con el fin de analizar el impacto. Dicha clasificación se muestra a continuación:

Tabla 10

Clasificación de naturaleza de errores.

Errores controlables	Errores no controlables
Fuera de la dimensión especificada	Error de arrastre con la caída de losas
Malas instalaciones previas	Poca atención a lo ejecutado
Sin rigurosidad de plomo o estado de elementos	Se desplaza ubicación de elemento por mal replanteo
Poca rigurosidad de inspección	Llenado de elementos con concreto sede montaje
Irresponsabilidad de plazos	Poca rigurosidad en instalaciones del personal
Poca capacitación a personal	No dispone del personal o ausencia

También se procedió a realizar una mejora en la planificación y gestión de materiales aplicando la metodología Six Sigma.

Etapa Definir: Planificación y Gestión de materiales.

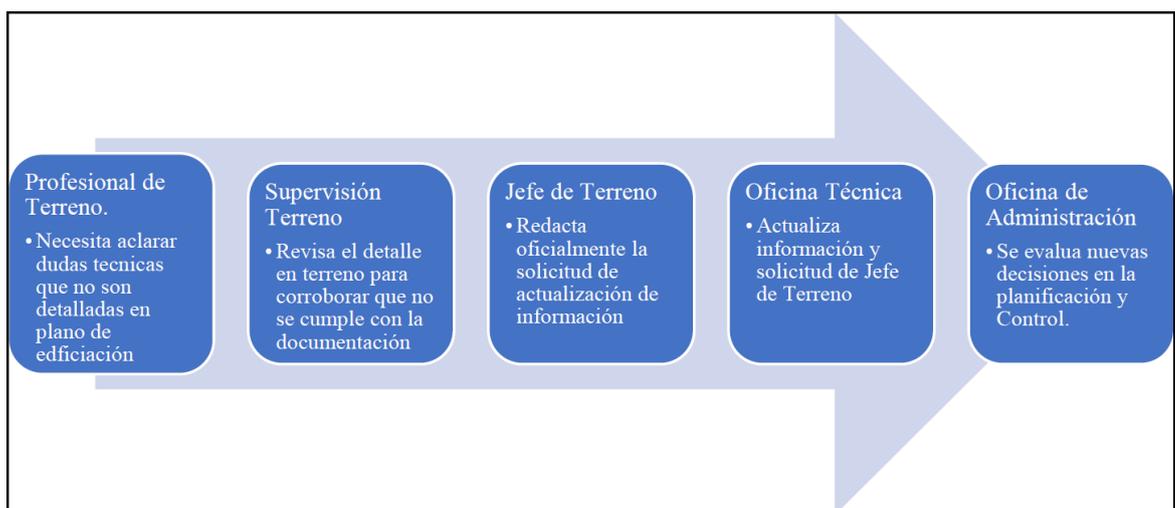
Esta fase se enfoca en conocer, comprender, definir e identificar los problemas objetivos que requieren una mejora continua para las actividades de desarrollo de cumplimiento. Todo esto con el fin de poder establecer objetivos claros en los servicios y productos, una mayor eficiencia y eficacia reflejada en los niveles de calidad y reducción de los costes de plazo provocados por errores en la planificación de materiales y cambios en la gestión. El proceso de planificación y control de gestión es el sistema que define, coordina y secuencia actividades para lograr eficiencias dentro

del presupuesto y plazos establecidos por el cliente. La organización de los plazos en las fases del proyecto es una variable fundamental para evitar la mala calidad del servicio. Lograr un alto nivel de cumplimiento del cliente también forma parte de la gestión interna de las materias primas y los equipos, materiales y recursos humanos necesarios. Proporciona control sobre los costos asociados con cada actividad en el sitio de construcción.

Es importante poder definir los puntos principales en la cadena de fases del proceso que introducen a los principales actores que manejan el control de la información para la planificación y control de proyectos, en este caso tiene los puntos principales, por ejemplo, como oficinas técnicas, porque tener documentos preparación, y la oficina administrativa, que junto con el cliente decide sobre la reestructuración de costos y plazos. Las etapas principales en el desarrollo de una planificación se presentan en la siguiente figura 32.

Figura 32

Orden de especialidades en la Planificación de proyecto edificación.



Los cambios en los planes de gestión de recursos y el cumplimiento de los plazos de las actividades se documentan en documentos como actas de reuniones, actas de capacitación, correos electrónicos, registros de desviaciones y nuevas revisiones de planes de desarrollo para diversas actividades.

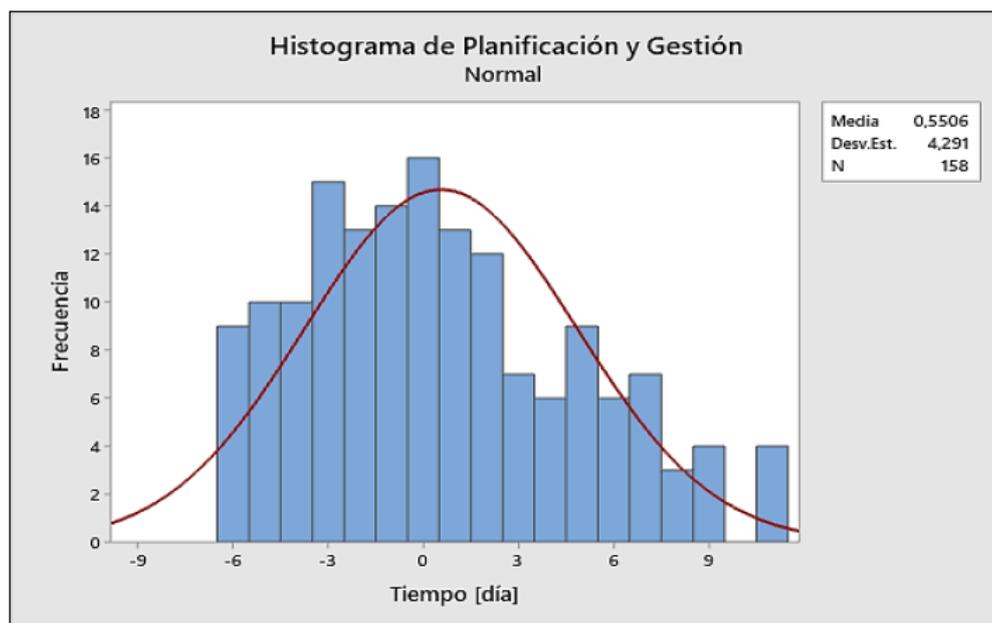
Se concluyó que el objetivo principal de utilizar el método Six Sigma es poder reducir los costos adicionales del plazo como consecuencia de los cambios en el desarrollo de las actividades que componen el proyecto de construcción. También reduzca las fluctuaciones de tiempo mediante la gestión de soluciones de cambio para los procedimientos establecidos.

Etapa Medir: Planificación y Gestión de materiales en obra.

El propósito de esta fase es medir el nivel actual de planificación y control de gestión sigma, que se define como una medida de error en días de retraso a la solución requerida. Estos se registran en un histograma y se comparan con la tendencia de la distribución normal de los datos para aplicar el método Six sigma.

Figura 33

Histograma de Planificación y Gestión de materiales en Obra



Según la figura 33 se aplicó un valor estimado como óptimo de tiempo de respuesta a lo que se determinó a los datos registrados que las cantidades de días inferiores ese tiempo óptimo se considera como un valor negativo considerado como un adelanto al plazo previamente acordado en el sistema de planificación y gestión de control, este valor corresponde a 4 días.

Debido a la naturaleza de los datos, se asumió una distribución normal para la representación gráfica y no se realizó ninguna prueba de normalidad. La variable aleatoria es el tiempo definido por la respuesta del sistema de control de planificación y gestión con un límite superior de 7 días y un límite inferior de 0 días.

Tabla 11

Resultado de nivel sigma de medidas de errores en Planificación y Gestión.

Pérdida de Concreto	
Media	0.5506
Desv. Est.	4.291
N.º Datos	158
Límite superior	7
Límite inferior	0
Nivel Sigma	1.5

Según el cálculo del nivel sigma en la etapa del planificación y gestión de materiales se considera que tiene un rendimiento del 50% esto quiere decir que el nivel de DPOM es de 500000. Este resultado sugiere aplicar mejoras en las actividades que componen la Planificación y Control de Gestión de materiales.

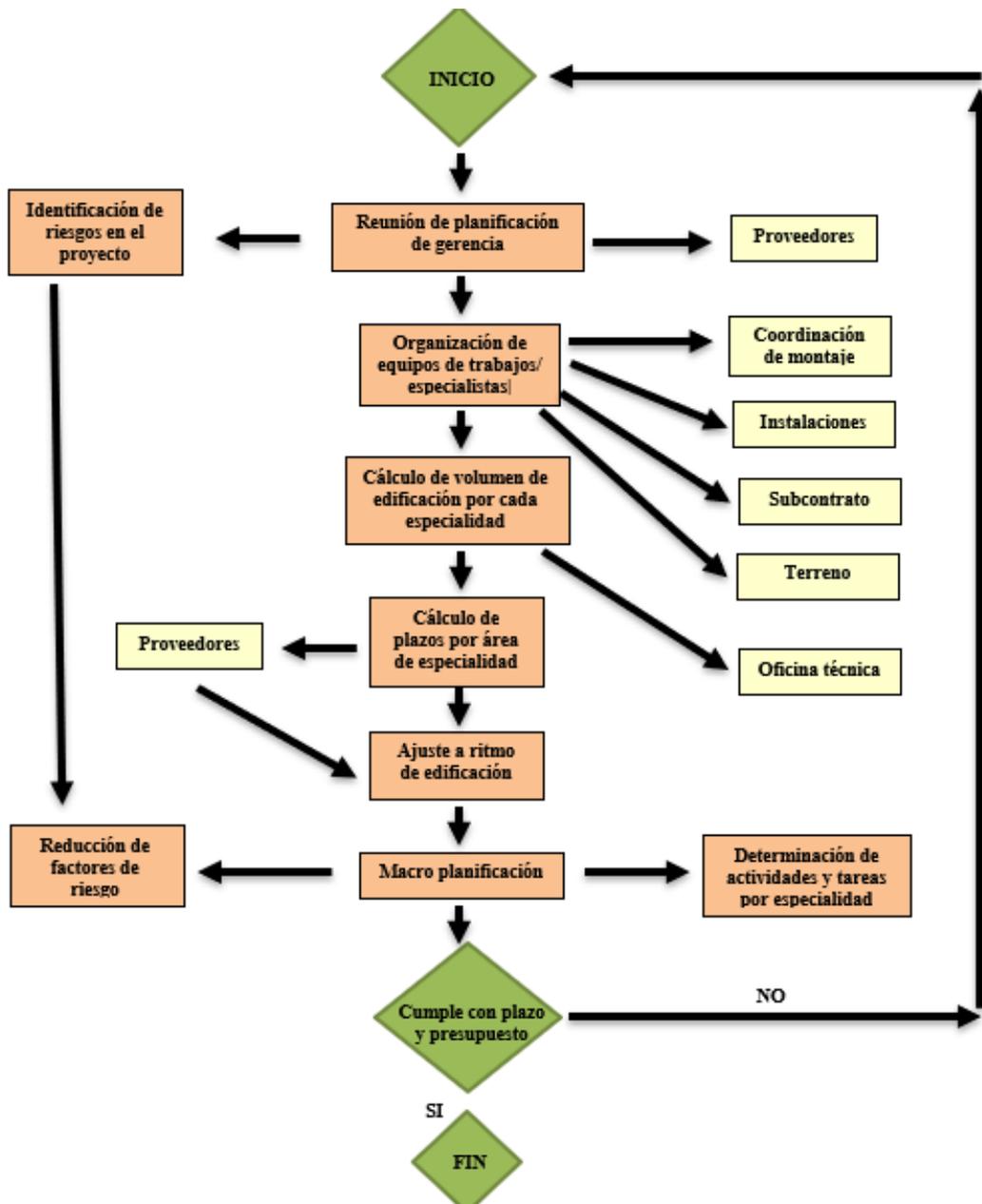
Etapas Analizar: Planificación y Gestión de materiales en obra.

En Esta fase utiliza herramientas analíticas para detectar defectos comunes en los datos de control de gestión de planificación de proyectos. Estas herramientas analíticas le permiten diagnosticar de manera objetiva los factores o áreas donde se necesita mejorar el

programa para aumentar los niveles y el rendimiento de Sigma. Se diseña un diagrama de flujo de actividades, recursos y costos de planificación de proyectos de construcción para comprender las variables involucradas en las decisiones de administración y tiempos del proyecto.

Figura 34

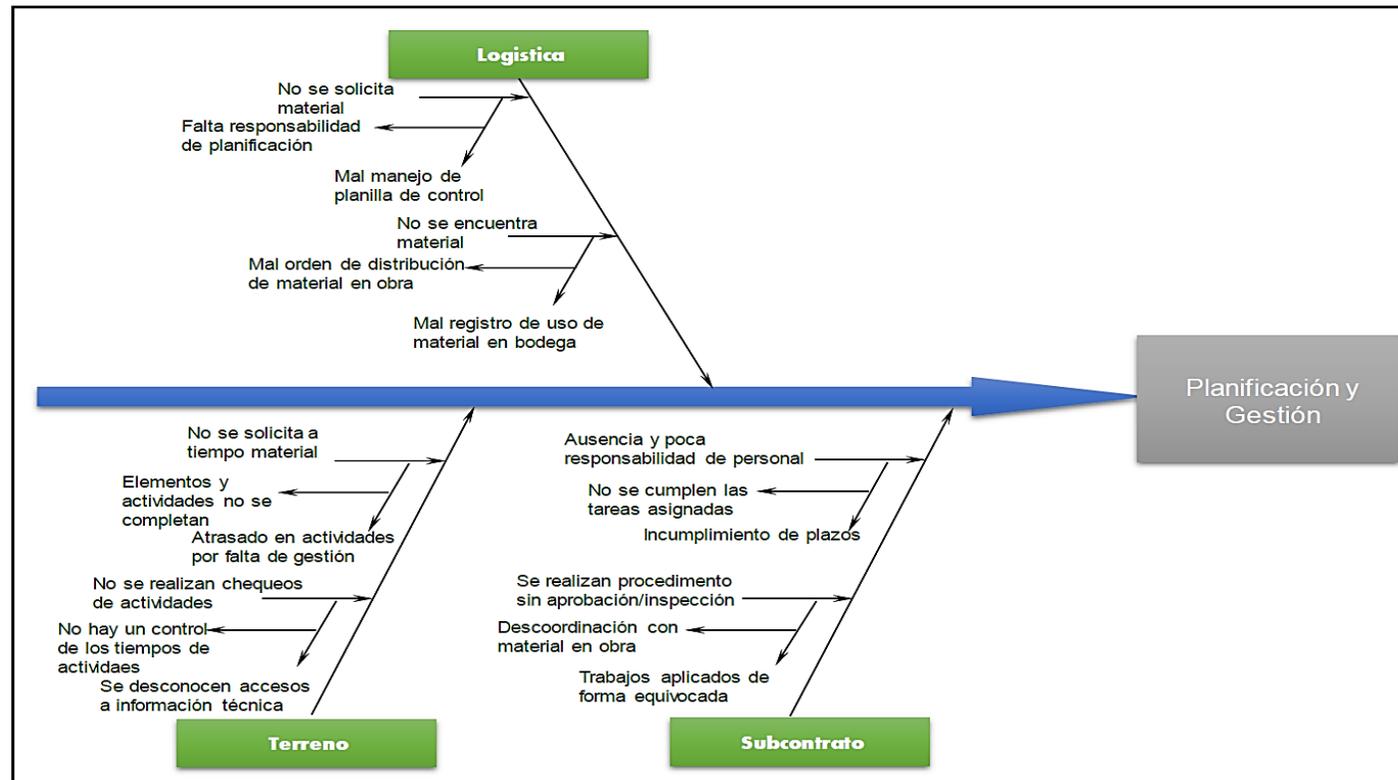
Diagrama de flujo Planificación y Gestión de materiales en Obra



Con la construcción del diagrama de flujo de la Planificación y Gestión se puede estudiar los puntos críticos donde se forman errores y los roles responsables de las decisiones relacionados a su implementación en el proyecto, para esto se plantea utilizar la información de la lluvia de idea para estructurar las causas de los errores en el diagrama de a Ishikawa. En la siguiente figura 35 se muestra el diagrama Ishikawa

Figura 35

Diagrama de Ishikawa para la Planificación y Gestión



Después de intentar identificar las causas raíz principales y potenciales de las fallas en la planificación y administración del proyecto, la falla se puede identificar utilizando datos de proceso verificables, lo que permite calcular los costos presupuestados y el tiempo de respuesta.

Tabla 12

Clasificación de naturaleza de errores en Planificación y Gestión

Errores controlables	Errores no controlables
No se solicita material a obra	Falta responsabilidad en planificación
Falta cumplimiento según planilla de control de procesos	Mal manejo de planilla de control
Mal registro, orden y administración de material en obra	No se cumplen las tareas asignadas
No se realiza chequeos digitales de actividades	Trabajos aplicados de forma equivocada
Ausencia/falta responsabilidad del personal Subcontrato	Elementos y actividades no se completan
Se realizan procedimientos sin aprobación o inspección	No hay control de los tiempos de actividades

A continuación, siguiendo con el proceso de implementación de la metodología Lean Construction.

Partida a analizar será:

Concreto f’c 210 kg/cm2

Los materiales de hormigón se dosificarán de acuerdo con el diseño de la mezcla para garantizar la resistencia optima del hormigón en un periodo de tiempo definido. El hormigón se colocará y vibrará correctamente para evitar la creación de vacíos donde los elementos estructurales estén debilitados.

Concreto para zapatas con un f’c= 210 kg/cm2

A continuación se procede a reconocer los trabajos productivos, contributivos y no contributivos

Para analizar una carta de activo, debe confirmarse que se clasifica como trabajos productivos o clasificación como fuerzas de contribución y no contribución.

El objetivo principal es tomar tiempo individual o de equipo para identificar qué actividades y trabajos son de baja productividad, y luego aplicar algunas mejoras o soluciones a los resultados de las pruebas resultantes.

Figura 36

Reconocimiento de los trabajos

	Trabajo productivo:
CC	Colocado de concreto
VDC	Vibrado de concreto
	Trabajo contributivo:
PDC	Preparado del concreto
TDC	Traslado del concreto
VNC	Verificación de nivel de vaciado de concreto
THE	Transporte de materiales, equipos y herramientas
AA	Armado de andamios
CV	Colocado de arnés y línea de vida
RI	Recibir instrucciones
DI	Dar instrucciones
	Trabajo no contributivo:
TR	Trabajos rehechos
SH	Ir a SSHH en más de una ocasión
UC	Usar el celular
DH	Descansar o hacer hora
E	Esperas

Distribución del personal

Tabla 13

Cuadrilla de obreros

	Actividad	Nombre	Código
I	Concreto	Vílchez Reyna Alberto	Capataz
II	Concreto	Chávez Gonzales Amilcar	Operario
III	Concreto	Torres Sánchez Didier Paul	Operario
IV	Concreto	Cohen Torres Disney	Oficial
V	Concreto	Ybañez Morales Edson Diego	Oficial
VI	Concreto	Calderón Rojas Franck Jordi	Operario Equipo Liviano
VII	Concreto	Bellido Luna Frank	Operario Equipo Liviano
VIII	Concreto	Ponce Lagos Ivan Carlos	Peón
IX	Concreto	Torres Ñahuis Jhon Oswlido	Peón

Resultados de muestras-Carta balance

La presente carta balance fue realizada el 14 de junio del año 2022 para la cual se tomó 40 muestras 2 minutos por cuadrilla de trabajo. Las muestras recolectadas fueron de la partida de colocado de concreto en zapatas de las diversas actividades realizadas por los trabajadores.

Tomando como muestra las zapatas del pabellón 1A.

Muestra N° 1 (14/06/22)

Figura 37

Lectura de la carta balance en concreto de zapatas

MED	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	DI	RI	UC	RI	RI	RI	RI	UC
2	DI	RI	RI	THE	THE	THE	UC	RI
3	E	THE	THE	UC	UC	SH	THE	THE
4	DI	THE	UC	THE	THE	THE	THE	THE
5	DI	THE	THE	UC	UC	VNC	VNC	DH
6	E	THE	THE	CC	CC	VNC	VNC	TDC
7	DI	RI	E	VDC	E	SH	TR	UC
8	DI	RI	PDC	CC	CC	UC	E	TDC
9	UC	PDC	PDC	DH	UC	VNC	VNC	E
10	RI	PDC	UC	CC	CC	VNC	UC	TDC
11	RI	PDC	PDC	CC	E	E	VDC	TDC
12	SH	E	PDC	CC	CC	VDC	VDC	RI
13	RI	E	UC	UC	UC	UC	E	UC
14	UC	PDC	PDC	CC	CC	VDC	VDC	TDC
15	VNC	UC	PDC	CC	DH	VDC	VDC	UC
16	DI	PDC	PDC	CC	CC	SH	VDC	TDC
17	RI	UC	UC	E	E	VDC	E	SH
18	SH	PDC	PDC	CC	CC	VDC	VDC	E
19	VNC	PDC	E	CC	CC	VDC	VDC	TDC
20	DI	PDC	PDC	SH	CC	DH	DH	TDC
21	DI	PDC	PDC	CC	CC	UC	THE	E
22	VNC	E	E	CC	CC	THE	THE	TDC
23	DI	RI	RI	CC	CC	E	E	UC
24	RI	PDC	PDC	E	E	VNC	VNC	DH
25	DI	PDC	PDC	RI	RI	VNC	VNC	UC
26	DI	PDC	UC	CC	CC	DH	VNC	TDC
27	VNC	PDC	PDC	CC	SH	VDC	VDC	DH
28	VNC	RI	RI	CC	CC	VDC	VDC	UC
29	VNC	PDC	PDC	THE	THE	SH	SH	RI
30	VNC	PDC	PDC	CC	CC	UC	UC	TDC
31	DI	PDC	UC	E	E	VDC	VDC	E
32	DI	PDC	PDC	UC	UC	VDC	VDC	TDC
33	VNC	PDC	PDC	DH	DH	TR	TR	SH
34	DI	E	E	DH	DH	VDC	VDC	UC
35	SH	PDC	PDC	CC	CC	VDC	VDC	TDC
36	VNC	PDC	SH	CC	E	VDC	E	TDC
37	VNC	PDC	PDC	CC	CC	DH	VDC	UC
38	E	E	E	E	E	VDC	VDC	RI
39	VNC	UC	UC	UC	UC	UC	VDC	THE
40	VNC	THE						

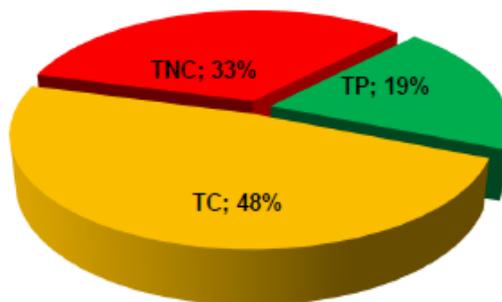
Tabla 14

Distribución del trabajo general

Trabajo General	
Trabajo Productivo:	19%
Trabajo Contributorio:	48%
Trabajo No Contributorio:	33%

Figura 38

Distribución del trabajo general



Se puede observar que las cuadrillas tienen un valor del 19% en cuanto a los trabajos de productividad presentando resultados, en cuanto al 43% se presentó para los trabajos de contribución y el 33% son trabajos que no contribuyen. Se presenta que las cuadrillas obtuvieron un 8 m³/día de rendimiento el cual esta en un porcentaje del 36% siendo este un valor por debajo del programado o establecido.

Luego se procedió a la cuantificación de los trabajos analizados de acuerdo a cada trabajador.

Dichos datos se muestran en la figura siguiente.

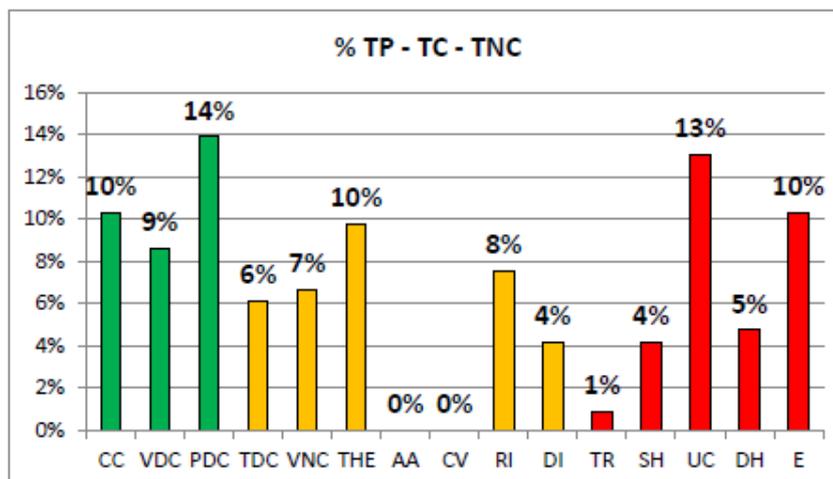
Figura 39

Cuantificación y porcentaje de los trabajos analizados

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Total	%
CC	--	--	--	20	17	--	--	--	--	37	10%
VDC	--	--	--	1	--	14	16	--	--	31	9%
PDC		21	19	--	--	--	--	--	10	50	14%
TDC	--	--	--	--	--	--	--	14	8	22	6%
VNC	12	--	--	--	--	6	6	--	--	24	7%
THE	--	5	4	4	4	4	5	4	5	35	10%
AA	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0%
CV	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0%
RI	5	6	3	2	2	1	1	4	3	27	8%
DI	15	--	--	--	--	--	--	--	--	15	4%
TR	--	--	--	--	--	1	2	--	--	3	1%
SH	3	--	1	1	1	4	1	2	2	15	4%
UC	2	3	8	5	6	5	3	9	6	47	13%
DH	--	--	--	3	3	3	1	3	4	17	5%
E	3	5	5	4	7	2	5	4	2	37	10%
TOTAL										360	100%

Figura 40

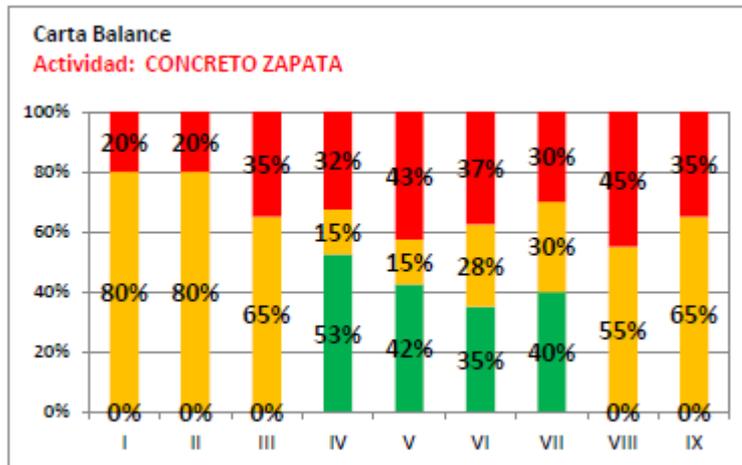
Porcentaje de trabajos



Los trabajos no productivos se ven reflejados en esperas innecesarias y también en el uso del teléfono.

Figura 41

Porcentaje de distribución de trabajos por trabajador



- Podemos observar que el trabajador I tiene un 80% en trabajos contributorios y en trabajos no contributorio un 20%, también podemos ver que tiene un alto nivel de trabajos contributorios, pero no tiene implicancia en trabajos productivos.
- Podemos observar que el trabajador II tiene un 80% en trabajos contributorios y en trabajos no contributorio un 20%, también podemos ver que tiene un alto nivel de trabajos contributorios pero no tiene implicancia en trabajos productivos
- Podemos observar que el trabajador III tiene un 65% en trabajos contributorios y en trabajos no contributorio un 35%, también podemos ver que tiene un nivel regular de trabajos contributorios, pero no tiene implicancia en trabajos productivos
- Podemos observar que el trabajador IV tiene un 15% en trabajos contributorios, en trabajos no contributorio un 32% y en trabajos productivos 53% también podemos ver que tiene un alto nivel en trabajos productivos pero bajo en contributorios.

- Podemos observar que el trabajador V tiene un 15% en trabajos contributorios, en trabajos no contributorio un 43% y en trabajos productivos 42% también podemos ver que tiene un nivel medio en trabajos productivos pero bajo en contributorios.
- Podemos observar que el trabajador VI tiene un 28% en trabajos contributorios, en trabajos no contributorio un 37% y en trabajos productivos 37%.
- Podemos observar que el trabajador VII tiene un 30% en trabajos contributorios, en trabajos no contributorio un 30% y en trabajos productivos 40%.
- Podemos observar que el trabajador VIII tiene un 55% en trabajos contributorios, en trabajos no contributorio un 45%.
- Podemos observar que el trabajador IX tiene un 65% en trabajos contributorios, en trabajos no contributorio un 35%.

Concreto para columnas con un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

A continuación se procede a reconocer los trabajos productivos, contributorios y no contributorios

Para realizar un análisis de balance, se debe identificar y clasificar el trabajo a realizar en productivo, contributivo y no contributivo. El objetivo principal es tomar tiempo individual o de equipo para identificar qué actividades y trabajos son de baja productividad y luego aplicar algunas mejoras o soluciones a los resultados de las pruebas obtenidas.

Figura 42

Reconocimiento de los trabajos

	Trabajo productivo:
CC	Colocado de concreto
VDC	Vibrado de concreto
	Trabajo Contributorio:
PDC	Preparado del concreto
TDC	Traslado del concreto
VNC	Verificación de nivel de vaciado de concreto
THE	Transporte de materiales, equipos y herramientas
AA	Armado de andamios
CV	Colocado de arnés y línea de vida
RI	Recibir instrucciones
DI	Dar instrucciones
	Trabajo no Contributorio:
TR	Trabajos rehechos
SH	Ir a SSHH en más de una ocasión
UC	Usar el celular
DH	Descansar o hacer hora
E	Esperas

Distribución del personal

Tabla 15

Cuadrilla de obreros

	Actividad	Nombre	Código
I	Concreto	Vílchez Reyna Alberto	Capataz
II	Concreto	Chávez Gonzales Amilcar	Operario
III	Concreto	Torres Sánchez Didier Paul	Operario
IV	Concreto	Cohen Torres Disney	Oficial
V	Concreto	Ybañez Morales Edson Diego	Oficial
VI	Concreto	Calderón Rojas Franck Jordi	Operario Equipo Liviano
VII	Concreto	Bellido Luna Frank	Operario Equipo Liviano
VIII	Concreto	Ponce Lagos Ivan Carlos	Peón
IX	Concreto	Torres Ñahuis Jhon Oswldo	Peón

Resultados de muestras-Carta balance

La presente carta balance fue realizada el 26 de junio del año 2022 para la cual se tomó 40 muestras 2 minutos por cuadrilla de trabajo. Las muestras recolectadas fueron de la partida de colocado de concreto en columnas de las diversas actividades realizadas por los trabajadores.

Muestra N° 2 (26/06/22)

Figura 43

Lectura de la carta balance en concreto de columnas

MED	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	DI	RI	UC	RI	RI	RI	RI	UC	UC
2	DI	RI	THE	THE	THE	THE	THE	THE	RI
3	E	THE	THE						
4	DI	THE	UC	THE	THE	THE	THE	THE	THE
5	DI	THE	THE	CV	CV	CV	CV	AA	AA
6	E	THE	THE	CC	CC	E	E	AA	AA
7	DI	RI	PDC	RI	RI	SH	TR	AA	AA
8	DI	RI	PDC	E	E	UC	E	AA	AA
9	UC	PDC	PDC	CC	CC	E	E	TDC	TDC
10	RI	PDC	UC	CC	CC	VDC	VDC	TDC	PDC
11	RI	PDC	PDC	CC	E	VDC	VDC	TDC	PDC
12	SH	PDC	PDC	CC	CC	VDC	E	RI	PDC
13	RI	E	UC	UC	UC	UC	CC	UC	SH
14	UC	PDC	PDC	CC	CC	VDC	VDC	TDC	UC
15	VNC	UC	PDC	CC	CC	VDC	VDC	UC	PDC
16	DI	PDC	PDC	CC	CC	SH	VDC	TDC	PDC
17	RI	UC	UC	E	E	VDC	E	SH	PDC
18	SH	PDC	PDC	CC	CC	VDC	VDC	E	E
19	VNC	PDC	E	CC	CC	VDC	VDC	TDC	TDC
20	DI	PDC	PDC	CC	CC	DH	DH	TDC	TDC
21	DI	PDC	PDC	CC	CC	UC	THE	E	PDC
22	VNC	E	E	CC	CC	THE	THE	TDC	E
23	DI	RI	RI	CC	SH	E	E	UC	THE
24	RI	PDC	PDC	E	E	VNC	VNC	DH	THE
25	DI	PDC	PDC	RI	RI	VNC	VNC	UC	UC
26	DI	PDC	UC	CC	CC	DH	VNC	TDC	TDC
27	VNC	PDC	PDC	SH	SH	VDC	VDC	DH	DH
28	VNC	RI	RI	CC	CC	VDC	VDC	UC	UC
29	VNC	PDC	PDC	THE	THE	SH	SH	RI	RI
30	VNC	PDC	PDC	CC	CC	UC	UC	TDC	TDC
31	DI	PDC	UC	E	E	VDC	VDC	E	E
32	DI	PDC	PDC	UC	UC	VDC	VDC	TDC	TDC
33	VNC	PDC	PDC	DH	CC	TR	TR	SH	TDC
34	DI	E	PDC	CC	DH	VDC	VDC	UC	UC
35	SH	PDC	PDC	CC	CC	VDC	VDC	TDC	TDC
36	VNC	PDC	SH	CC	E	VDC	E	TDC	DH
37	VNC	PDC	PDC	CC	CC	DH	VDC	UC	TDC
38	E	E	PDC	CC	CC	VDC	VDC	RI	RI
39	VNC	UC	UC	UC	UC	UC	VDC	THE	THE
40	VNC	THE	THE	THE	THE	VDC	VDC	THE	DH

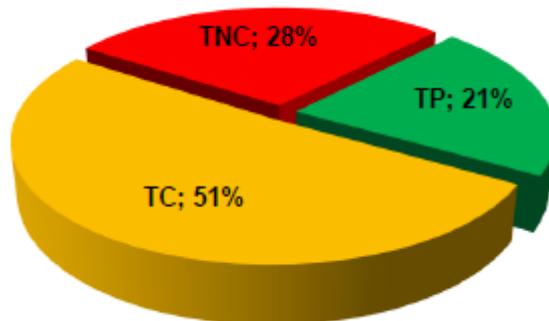
Tabla 16

Distribución del trabajo general

Trabajo General	
Trabajo Productivo:	11%
Trabajo Contributorio:	51%
Trabajo No Contributorio:	28%

Figura 44

Distribución del trabajo general



Se aprecia que las cuadrillas presentaron un valor de 21% en cuanto a productividad de trabajo siendo este un porcentaje bajo, en cuanto a los trabajos de contribución es de 51% y los de no contribución es de 28%.

Para las cuadrillas se presentaron valores de 3.8 m³/ día como rendimiento, el cual esta por debajo del 24% siendo este el programado.

De manera posterior se cuantifica de manera general los resultados obtenidos en la muestra. Ver figuras.

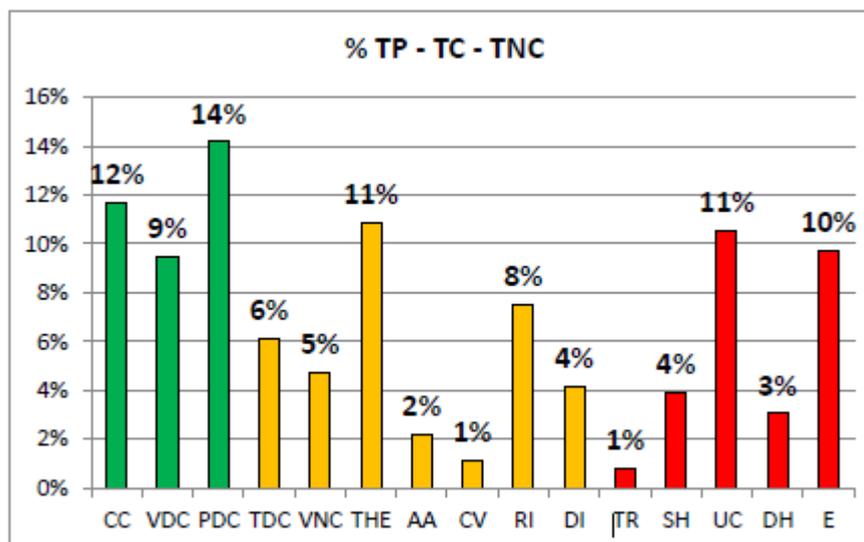
Figura 45

Cuantificación y porcentaje de los trabajos analizados

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Total	%
CC	--	--	--	22	19	--	1	--	--	42	12%
VDC	--	--	--	--	--	17	17	--	--	34	9%
PDC	--	22	22	--	--	--	--	--	7	51	14%
TDC	--	--	--	--	--	--	--	13	9	22	6%
VNC	12	--	--	--	--	2	3	--	--	17	5%
THE	--	5	5	5	5	4	5	5	5	39	11%
AA	--	--	--	--	--	--	--	4	4	8	2%
CV	--	--	--	1	1	1	1	--	--	4	1%
RI	5	6	2	3	3	1	1	3	3	27	8%
DI	15	--	--	--	--	--	--	--	--	15	4%
TR	--	--	--	--	--	1	2	--	--	3	1%
SH	3	--	1	1	2	3	1	2	1	14	4%
UC	2	3	8	3	3	5	1	8	5	38	11%
DH	--	--	--	1	1	3	1	2	3	11	3%
E	3	4	2	4	6	3	7	3	3	35	10%
TOTAL										360	100%

Figura 46

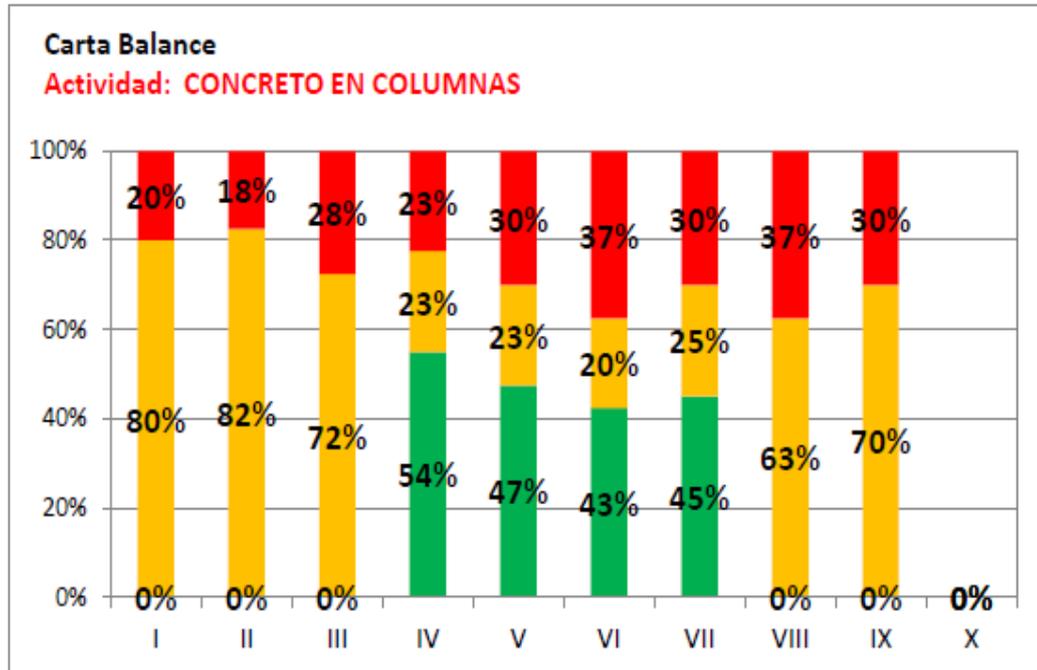
Porcentaje de trabajos



Los trabajos no productivos se ven reflejados en esperas innecesarias y también en el uso del teléfono.

Figura 47

Porcentaje de distribución de trabajos por trabajador



- Podemos observar que el trabajador I tiene un 80% en trabajos contributorios y en trabajos no contributorio un 20%, también podemos ver que tiene un alto nivel de trabajos contributorios pero no tiene implicancia en trabajos productivos.
- Podemos observar que el trabajador II tiene un 82% en trabajos contributorios y en trabajos no contributorio un 18%, también podemos ver que tiene un alto nivel de trabajos contributorios pero no tiene implicancia en trabajos productivos
- Podemos observar que el trabajador III tiene un 72% en trabajos contributorios y en trabajos no contributorio un 28%, también podemos ver que tiene un nivel regular de trabajos contributorios pero no tiene implicancia en trabajos productivos

- Podemos observar que el trabajador IV tiene un 23% en trabajos contributorios, en trabajos no contributorio un 23% y en trabajos productivos 54% también podemos ver que tiene un alto nivel en trabajos productivos pero bajo en contributorios.
- Podemos observar que el trabajador V tiene un 23% en trabajos contributorios, en trabajos no contributorio un 30% y en trabajos productivos 47% también podemos ver que tiene un nivel medio en trabajos productivos pero bajo en contributorios.
- Podemos observar que el trabajador VI tiene un 20% en trabajos contributorios, en trabajos no contributorio un 37% y en trabajos productivos 43%.
- Podemos observar que el trabajador VII tiene un 25% en trabajos contributorios, en trabajos no contributorio un 30% y en trabajos productivos 45%.
- Podemos observar que el trabajador VIII tiene un 63% en trabajos contributorios, en trabajos no contributorio un 37%.
- Podemos observar que el trabajador IX tiene un 70% en trabajos contributorios, en trabajos no contributorio un 30%.

Concreto para vigas con un $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$

A continuación se procede a reconocer los trabajos productivos, contributorios y no contributorios

Para realizar un análisis de balance, se debe identificar y clasificar el trabajo a realizar en productivo, contributivo y no contributivo. El objetivo principal es asignar tiempo de trabajo a equipos o individuos para identificar qué actividades y trabajos son menos productivos y luego realizar algunas mejoras.

Figura 48

Reconocimiento de los trabajos

	Trabajo productivo:
CC	Colocado de concreto
VB	Vibrado de concreto
VA	Verificación de Aplomo /Recubrimiento
	Trabajo Contributorio:
MV	Movilización de vibradora
THE	Transporte de materiales, equipos y herramientas
CV	Colocado de arnés y línea de vida
RI	Recibir instrucciones
PCO	Preparado del concreto en obra
DI	Dar instrucciones
	Trabajo no Contributorio:
TR	Trabajos rehechos
UC	Usar el celular
DH	Descansar o hacer hora
E	Esperas

Distribución del personal

Tabla 17

Cuadrilla de obreros

	Actividad	Nombre	Código
I	Concreto	Vílchez Reyna Alberto	Capataz
II	Concreto	Chávez Gonzales Amilcar	Operario
III	Concreto	Torres Sánchez Didier Paul	Operario
IV	Concreto	Cohen Torres Disney	Oficial
V	Concreto	Ybañez Morales Edson Diego	Oficial
VI	Concreto	Calderón Rojas Franck Jordi	Operario Equipo Liviano
VII	Concreto	Bellido Luna Frank	Operario Equipo Liviano
VIII	Concreto	Ponce Lagos Ivan Carlos	Peón
IX	Concreto	Torres Ñahuis Jhon Oswlido	Peón

Resultados de muestras-Carta balance

La presente carta balance fue realizada el 5 de julio del año 2022 para la cual se tomó 40 muestras 2 minutos por cuadrilla de trabajo. Las muestras recolectadas fueron de la partida de colocado de concreto en vigas de las diversas activades realizadas por los trabajadores

Muestra N° 3 (05/07/22)

Figura 49

Lectura de la carta balance en concreto de vigas

MED	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	DI	TME	RI	TME	RI	RI	RI	TME	TME
2	DI	TME	RI	TME	E	RI	RI	TME	TME
3	TME	UC	E	UC	TME	TME	TME	TME	UC
4	DI	UC	E	UC	TME	TME	TME	TME	E
5	UC	TME	TME	DH	DH	TME	TME	UC	E
6	CV	E	TME	E	CV	CV	CV	UC	CV
7	CV	E	DH	E	CV	CV	CV	UC	CV
8	DI	VC	DH	DH	E	PCO	PCO	CV	TME
9	DI	VC	VC	VC	VC	PCO	PCO	CV	TME
10	DI	VC	VC	VC	VC	PCO	PCO	TME	E
11	DI	TR	VC	VC	VC	PCO	PCO	TME	E
12	UC	TR	E	VC	VC	PCO	PCO	UC	MV
13	UC	TR	E	VC	UC	PCO	PCO	UC	MV
14	DI	TR	VC	TR	VA	PCO	UC	TME	VA
15	TME	UC	VC	TR	E	PCO	PCO	TME	VC
16	DI	VC	VC	TR	E	PCO	PCO	TME	VC
17	DI	VC	UC	VC	UC	PCO	PCO	TME	VC
18	DI	UC	TR	VC	VC	UC	PCO	TME	VC
19	DI	UC	TR	E	VA	PCO	PCO	E	DH
20	UC	VC	DH	E	TR	PCO	PCO	VC	VC
21	DI	VC	UC	E	TR	PCO	PCO	VC	VC
22	DI	UC	VC	VC	VC	PCO	PCO	VC	VC
23	DI	VC	VC	VC	VC	PCO	PCO	VC	VC
24	UC	VC	VC	TME	TME	PCO	PCO	VC	VC
25	DI	VC	RI	TME	TME	PCO	PCO	VC	VC
26	DI	TME	RI	TME	E	RI	RI	TME	TME
27	TME	UC	E	UC	TME	TME	TME	TME	UC
28	DI	UC	UC	UC	TME	TME	TME	TME	E
29	UC	TME	TME	DH	DH	TME	TME	UC	E
30	UC	E	E	E	CV	PCO	PCO	UC	TME
31	DI	E	DH	E	E	PCO	PCO	TME	TME
32	TME	VC	VC	DH	E	PCO	PCO	TME	TME
33	TME	VC	VC	VC	VC	PCO	PCO	TME	TME
34	TME	VC	VC	VC	VC	PCO	PCO	TME	E
35	DI	TR	VC	VC	VC	PCO	PCO	TME	E
36	UC	TR	E	VC	VC	PCO	PCO	UC	MV
37	UC	TR	E	VC	UC	PCO	PCO	UC	MV
38	DI	TR	TR	TR	VA	PCO	UC	TME	VA
39	DI	UC	VC	TR	E	PCO	PCO	TME	VC
40	DI	VC	TME	VC	VC	PCO	PCO	TME	E

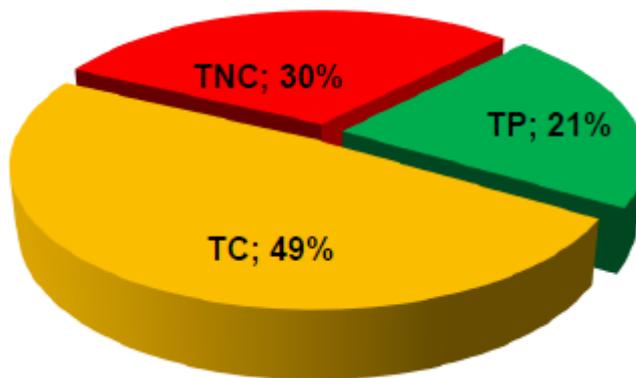
Tabla 18

Distribución del trabajo general

Trabajo General	
Trabajo Productivo:	21%
Trabajo Contributorio:	49%
Trabajo No Contributorio:	30%

Figura 50

Distribución del trabajo general



Se aprecia que el valor de las cuadrillas presenta un 21% en cuanto a la productividad de trabajos siendo esto un valor muy bajo, a comparación del 49% para trabajos contributivos y para los no contributivos un 30%.

Se obtuvo como rendimiento para las cuadrillas el valor de 7m³/día, siendo esto un valor de 30%, valor menor en cuanto al rendimiento establecido.

De manera posterior se cuantifica de manera general los resultados obtenidos en la muestra. Ver figuras.

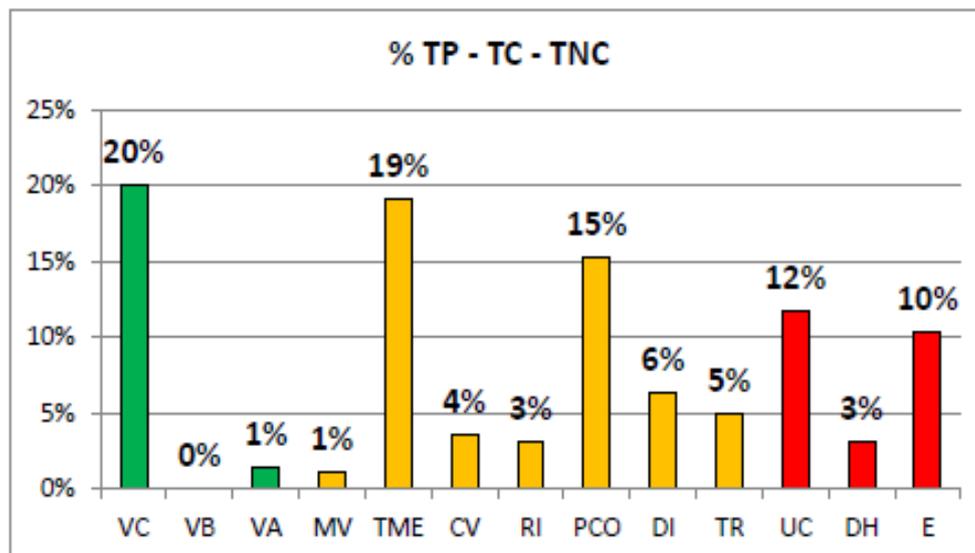
Figura 51

Cuantificación y porcentaje de los trabajos analizados

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Total	%
VC	--	14	14	15	12	--		6	11	72	12%
VB	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0%
VA	--	--	--	--	3	--	--	--	2	5	1%
MB	--	--	--	--	--	--	--	--	4	4	1%
TME	6	5	4	5	6	6	6	22	9	69	19%
CV	2	--	--	--	3	2	2	2	2	13	4%
RI	--	--	4	--	1	3	3	--	--	11	3%
PCO	--	--	--	--	--	28	27	--	--	55	15%
DI	23	--	--	--	--	--	--	--	--	23	6%
TR	--	8	3	5	2	--	--	--	--	18	5%
UC	9	9	3	4	3	1	2	9	2	42	12%
DH	--	--	4	4	2	--	--	--	1	11	3%
E	--	4	8	7	8	--	--	1	9	37	10%
TOTAL										360	100%

Figura 52

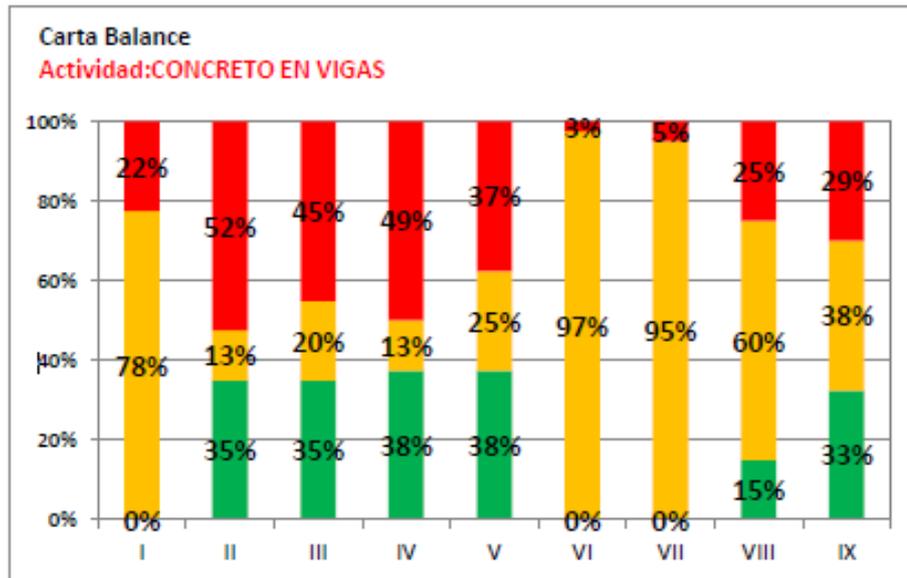
Porcentaje de trabajos



Los trabajos no productivos se ven reflejados en esperas innecesarias y también en el uso del teléfono.

Figura 53

Porcentaje de distribución de trabajos por trabajador



- Podemos observar que el trabajador I tiene un 78% en trabajos contributorios y en trabajos no contributorio un 22%, también podemos ver que tiene un alto nivel de trabajos contributorios pero no tiene implicancia en trabajos productivos.
- Podemos observar que el trabajador II tiene un 13% en trabajos contributorios, en trabajos no contributorio un 52% y en trabajos productivos 35% también podemos ver que tiene un alto nivel en trabajos no productivos.
- Podemos observar que el trabajador III tiene un 20% en trabajos contributorios, en trabajos no contributorio un 45% y en trabajos productivos 35% también podemos ver que tiene un alto nivel en trabajos no productivos.
- Podemos observar que el trabajador IV tiene un 13% en trabajos contributorios, en trabajos no contributorio un 49% y en trabajos productivos 38% también podemos ver que tiene un alto nivel en trabajos no productivos.

- Podemos observar que el trabajador V tiene un 25% en trabajos contributorios, en trabajos no contributorio un 37% y en trabajos productivos 38% también podemos ver que tiene un alto nivel en trabajos no productivos.
- Podemos observar que el trabajador VI tiene un 97% en trabajos contributorios y en trabajos no contributorio un 3%, también podemos ver que tiene un alto nivel de trabajos contributorios pero no tiene implicancia en trabajos productivos.
- Podemos observar que el trabajador VII tiene un 95% en trabajos contributorios y en trabajos no contributorio un 5%, también podemos ver que tiene un alto nivel de trabajos contributorios pero no tiene implicancia en trabajos productivos.
- Podemos observar que el trabajador VIII tiene un 60% en trabajos contributorios, en trabajos no contributorio un 25% y en trabajos productivos 15% también podemos ver que tiene un alto nivel en trabajos contributivos.
- Podemos observar que el trabajador IX tiene un 38% en trabajos contributorios, en trabajos no contributorio un 29% y en trabajos productivos 33% también podemos ver que tiene un alto nivel en trabajos contributivos.

Concreto para losa aligerada con un $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$

A continuación se procede a reconocer los trabajos productivos, contributorios y no contributorios

Para realizar un análisis de balance, se debe identificar y categorizar el trabajo a realizar en productivo, contributivo y no contributivo.

El objetivo principal es tomar tiempo individual o de equipo para identificar qué actividades y trabajos son de baja productividad, y luego aplicar algunas mejoras o soluciones a los resultados de la muestra.

Figura 54

Reconocimiento de los trabajos

	Trabajo productivo:
VC	Vaciado de concreto
VB	Vibrado de concreto
VA	Verificación de nivel recubrimiento
	Trabajo Contributorio:
MV	Movilización de vibradora
THE	Transporte de materiales, equipos y herramientas
CV	Colocado de arnés y línea de vida
RI	Recibir instrucciones
PCO	Preparado del concreto en obra
DI	Dar instrucciones
	Trabajo no Contributorio:
TR	Trabajos rehechos
UC	Usar el celular
DH	Descansar o hacer hora
E	Esperas

Distribución del personal

Tabla 19

Cuadrilla de obreros

	Actividad	Nombre	Código
I	Concreto	Vílchez Reyna Alberto	Capataz
II	Concreto	Chávez Gonzales Amilcar	Operario
III	Concreto	Torres Sánchez Didier Paul	Operario
IV	Concreto	Cohen Torres Disney	Oficial
V	Concreto	Ybañez Morales Edson Diego	Oficial
VI	Concreto	Calderón Rojas Franck Jordi	Operario Equipo Liviano
VII	Concreto	Bellido Luna Frank	Operario Equipo Liviano
VIII	Concreto	Ponce Lagos Ivan Carlos	Peón
IX	Concreto	Torres Ñahuis Jhon Oswlido	Peón

Resultados de muestras-Carta balance

La presente carta balance fue realizada el 5 de julio del año 2022 para la cual se tomó 40 muestras 2 minutos por cuadrilla de trabajo. Las muestras recolectadas fueron de la partida de colocado de concreto en losa aligerada de las diversas actividades realizadas por los trabajadores

Muestra N° 4 (05/07/22)

Figura 55

Lectura de la carta balance en concreto de losa aligerada

MED	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	DI	TME	RI	TME	RI	RI	RI	TME	TME
2	DI	TME	RI	TME	E	RI	RI	TME	DH
3	DI	UC	E	UC	TME	TME	TME	TME	UC
4	DI	UC	E	UC	TME	TME	TME	TME	E
5	UC	TME	TME	DH	DH	TME	TME	UC	E
6	UC	E	TME	E	CV	PCO	PCO	UC	TME
7	DI	E	UC	E	E	PCO	PCO	TME	TME
8	DI	VC	DH	DH	E	PCO	PCO	TME	TME
9	DI	VC	VC	VC	VC	PCO	DH	TME	TME
10	DI	VC	VC	VC	VC	PCO	PCO	TME	E
11	DI	TR	VC	VC	VC	DH	PCO	TME	E
12	UC	TR	E	UC	VC	DH	PCO	UC	MV
13	UC	TR	E	VC	UC	PCO	PCO	UC	MV
14	DI	TR	VC	TR	VA	PCO	UC	TME	VA
15	DI	UC	VC	TR	E	UC	PCO	TME	VC
16	DI	E	VC	TR	E	UC	PCO	TME	VC
17	DI	VC	UC	VC	UC	PCO	UC	TME	DH
18	DI	UC	TR	VC	VC	PCO	PCO	TME	VC
19	RI	UC	TR	E	VA	PCO	PCO	E	DH
20	RI	VC	DH	E	TR	PCO	PCO	VC	VC
21	RI	VC	UC	E	TR	PCO	PCO	VC	VC
22	RI	UC	VC	VC	VC	PCO	UC	VC	VC
23	RI	DH	VC	VC	VC	PCO	PCO	DH	VC
24	DH	VC	VC	TME	TME	PCO	PCO	VC	VC
25	DH	VC	RI	TME	TME	PCO	PCO	VC	VC
26	DI	TME	RI	TME	E	RI	RI	TME	TME
27	DI	UC	E	UC	TME	TME	TME	TME	UC
28	DI	UC	UC	UC	TME	TME	TME	TME	E
29	UC	TME	TME	DH	DH	TME	TME	UC	E
30	UC	E	E	E	CV	PCO	PCO	UC	TME
31	DI	E	DH	E	E	PCO	PCO	TME	TME
32	DI	VC	VC	DH	E	TME	DH	TME	DH
33	DH	VC	UC	VC	VC	PCO	PCO	TME	TME
34	DH	E	VC	VB	VC	PCO	UC	TME	E
35	DI	TR	VC	VC	VC	TME	PCO	TME	E
36	UC	VB	E	VC	VC	PCO	PCO	UC	MV
37	UC	TR	VB	VC	UC	UC	PCO	DH	MV
38	DI	TR	TR	TR	VA	PCO	UC	TME	VA
39	DI	UC	VC	TR	VA	PCO	PCO	TME	VB
40	DI	UC	VC	TR	VA	PCO	PCO	TME	VB

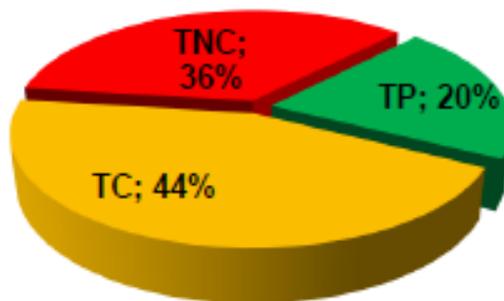
Tabla 20

Distribución del trabajo general

Trabajo General	
Trabajo Productivo:	20%
Trabajo Contributorio:	44%
Trabajo No Contributorio:	36%

Figura 56

Distribución del trabajo general



Se puede presenciar que el valor de las cuadrillas presenta un 20% para la productividad de trabajos, siendo esto un resultado bajo, a comparación del 44% para trabajos de contribución y el 36% de trabajos no Contributorio.

La cuadrilla presento un rendimiento diario de 4m³, el cual tiene un valor 33% que se presenta un dato por debajo de lo determinado.

De manera posterior se cuantifica de manera general los resultados obtenidos en la muestra. Ver figuras.

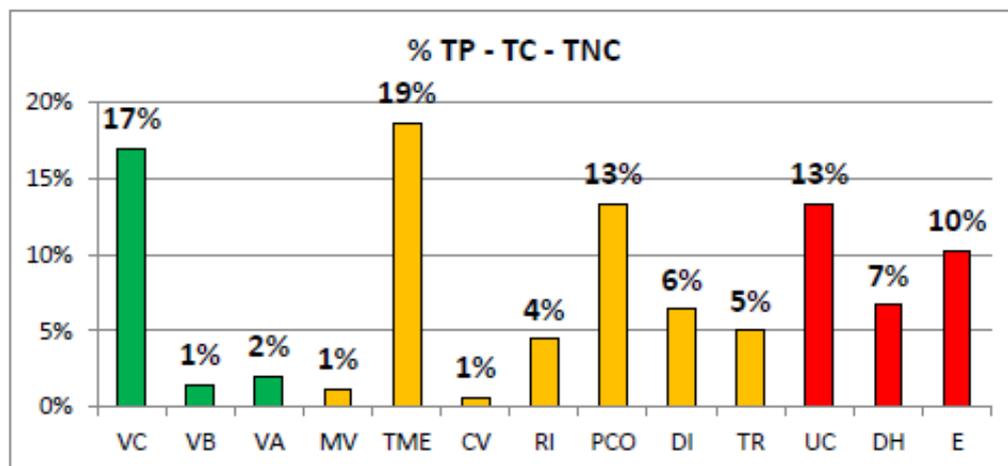
Figura 57

Cuantificación y porcentaje de los trabajos analizados

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Total	%
VC	--	10	14	12	11	--	--	5	6	61	17%
VB	--	1	1	1	--	--	--	--	2	5	1%
VA	--	--	--	--	5	--	--	--	2	7	2%
MB	--	--	--	--	--	--	--	--	4	4	1%
TME	--	5	3	5	6	8	6	25	9	67	19%
CV	--	--	--	--	2	--	--	--	--	2	1%
RI	5	--	4	--	1	3	3	--	--	16	4%
PCO	--	--	--	--	--	24	24	--	--	48	13%
DI	23	--	--	--	--	--	--	--	--	23	6%
TR	--	7	3	6	2	--	--	--	--	18	5%
UC	8	10	5	5	3	3	5	7	2	48	13%
DH	4	1	3	4	2	2	2	2	4	24	7%
E	--	6	7	7	8	--	--	1	8	37	10%
TOTAL										360	100%

Figura 58

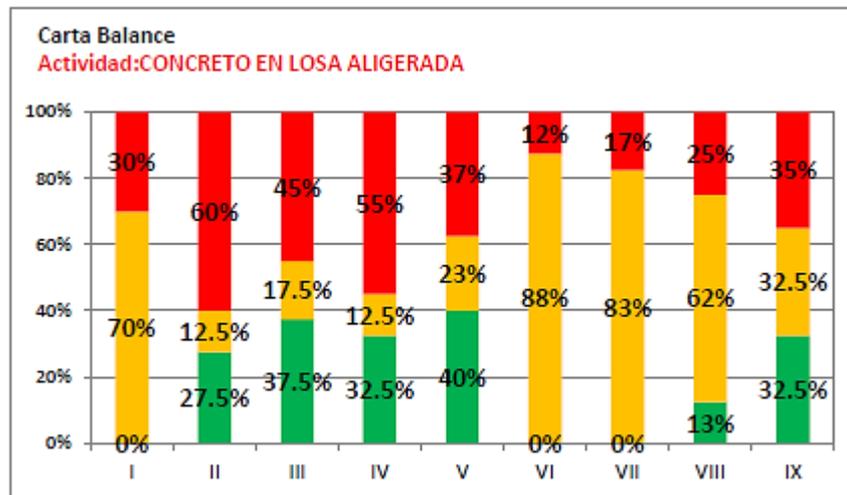
Porcentaje de trabajos



Los trabajos no productivos se ven reflejados en esperas innecesarias y también en el uso del teléfono.

Figura 59

Porcentaje de distribución de trabajos por trabajador



- Podemos observar que el trabajador I tiene un 70% en trabajos contributorios y en trabajos no contributorio un 30%, también podemos ver que tiene un alto nivel de trabajos contributorios, pero no tiene implicancia en trabajos productivos.
- Podemos observar que el trabajador II tiene un 13% en trabajos contributorios, en trabajos no contributorio un 60% y en trabajos productivos 28% también podemos ver que tiene un alto nivel en trabajos no productivos.
- Podemos observar que el trabajador III tiene un 17.5% en trabajos contributorios, en trabajos no contributorio un 55% y en trabajos productivos 37.5% también podemos ver que tiene un alto nivel en trabajos no productivos.
- Podemos observar que el trabajador IV tiene un 13% en trabajos contributorios, en trabajos no contributorio un 55% y en trabajos productivos 33% también podemos ver que tiene un alto nivel en trabajos no productivos.
- Podemos observar que el trabajador V tiene un 23% en trabajos contributorios, en trabajos no contributorio un 37% y en trabajos productivos 40% también podemos ver que tiene un alto nivel en trabajos productivos.

- Podemos observar que el trabajador VI tiene un 88% en trabajos contributorios y en trabajos no contributorio un 12%, también podemos ver que tiene un alto nivel de trabajos contributorios pero no tiene implicancia en trabajos productivos.
- Podemos observar que el trabajador VII tiene un 83% en trabajos contributorios y en trabajos no contributorio un 17%, también podemos ver que tiene un alto nivel de trabajos contributorios pero no tiene implicancia en trabajos productivos.
- Podemos observar que el trabajador VIII tiene un 62% en trabajos contributorios, en trabajos no contributorio un 25% y en trabajos productivos 13% también podemos ver que tiene un alto nivel en trabajos contributivos.
- Podemos observar que el trabajador IX tiene un 33% en trabajos contributorios, en trabajos no contributorio un 35% y en trabajos productivos 33% también podemos ver que tiene un alto nivel en trabajos contributivos.

Implementación de la herramienta diagrama de análisis de restricciones

La implementación de la herramienta de análisis de restricciones es fundamental, ya que, en el contexto del trabajo con las medidas iniciales tomadas por la herramienta de balance, se encontraron problemas como insuficiente contabilización de materiales, incompatibilidad de materiales, etc. en el diseño de la estructura del casco. Diagramas de arquitectura vs diagramas estructurales, malas herramientas, todas estas limitaciones afectan la productividad del trabajo.

Utilizando la Herramienta de Análisis de Restricciones, las actividades a realizar en la fase de Cuerpo Estructural se realizarán semanalmente de acuerdo con el cronograma de Análisis de Restricciones, sin afectar la productividad del proyecto en curso, por lo que la ejecución de juegos futuros será no ser interrumpido o interrumpido de ninguna manera.

Figura 60

Diagrama de análisis de restricciones

GESTIÓN DE PROYECTOS																		
ANÁLISIS DE RESTRICCIONES																		
ITEM	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN DE LA RESTRICCIÓN	JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				TIPO	RESP	FECHA MAX	ESTADO
			04 al 10 Jul. 2022	11 al 17 Jul. 2022	18 al 24 Jul. 2022	25 al 31 Jul. 2022	1 de Ago. al 07 Ago. 2022	08 al 14 Ago. 2022	15 al 21 Ago. 2022	22 al 28 Ago. 2022	29 de Ago al 04 Set. 2022	05 al 11 Set. 2022	12 al 18 Set. 2022	19 al 25 Set. 2022				
	ESTRUCTURAS																	
	CONCRETO ARMADO	sáb 27/04/22	mié 16/08/22															
	ZAPATAS	sáb 27/04/22	lun 12/06/22												MAT	ROPP/AMO	1-May	ALERTA
	VIGAS DE CIMENTACION	sáb 27/04/22	mié 07/06/22												MAT	ROPP/AMO	1-May	ALERTA
	SOBRECIMIENTO REFORZADO	dom 14/05/22	jue 22/06/22												MAT	ROPP/AMO	16-May	ALERTA
	PLACAS	jue 04/05/22	mié 12/07/22												MAT	ROPP/AMO	5-May	CONFORME
	COLUMNAS	jue 04/05/22	mié 12/07/22												MAT	ROPP/AMO	5-May	CONFORME
	COLUMNETAS	dom 14/05/22	mié 16/08/22												MAT	ROPP/AMO	15-May	CONFORME
	VIGAS	lun 29/05/22	mar 01/08/22												MAT	ROPP/AMO	30-May	CONFORME
	VIGAS DE CONFINAMIENTO	lun 03/07/22	vie 11/08/22															
	LOZAS MACIZAS	lun 29/05/22	vie 07/07/22												MAT	ROPP/AMO	30-May	CONFORME
	LOSA ALIGERADA	lun 29/05/22	mar 01/08/22												MAT	ROPP/AMO	30-May	CONFORME
	ESCALERAS	lun 29/05/22	lun 17/07/22															
II	ESTRUCTURAS SECUNDARIAS	vie 08/03/22	lun 30/10/22															
	ESTRUCTURAS																	
	CONCRETO ARMADO	vie 02/06/22	dom 04/09/21															
	CIMENTOS REFORZADOS	vie 02/06/22	jue 06/07/21												MAT	ROPP/AMO	4-Jun	CONFORME
	ZAPATAS	vie 02/06/22	jue 06/07/21												MAT	ROPP/AMO	4-Jun	CONFORME
	VIGAS DE CIMENTACION	vie 02/06/22	jue 06/07/21												MAT	ROPP/AMO	4-Jun	CONFORME
	SOBRECIMIENTO REFORZADO	sáb 17/06/22	vie 21/07/21												MAT	ROPP/AMO	19-Jun	CONFORME
	PLACAS	mié 14/06/22	sáb 22/07/21												MAT	ROPP/AMO	15-Jun	CONFORME
	COLUMNAS	mié 14/06/22	sáb 22/07/21												MAT	ROPP/AMO	15-Jun	CONFORME
	COLUMNETAS	sáb 17/06/22	lun 21/08/21															
	TANQUE CISTERNA	vie 02/06/22	dom 16/07/21												MAT	ROPP/AMO	5-Jun	CONFORME
	VIGAS	mié 28/06/22	jue 01/09/21												MAT	ROPP/AMO	29-Jun	CONFORME
	VIGAS DE CONFINAMIENTO	vie 28/07/22	sáb 26/08/21												MAT	ROPP/AMO	20-Jul	ALERTA
	TANQUE ELEVADO	vie 07/07/22	dom 13/08/21												MAT	ROPP/AMO	4-Jul	ALERTA
	LOZAS MACIZAS	mié 28/06/22	mar 01/08/21												MAT	ROPP/AMO	23-Jun	CONFORME
	LOSA ALIGERADA	mié 28/06/22	dom 06/08/21												MAT	ROPP/AMO	23-Jun	CONFORME
	ESCALERAS	mié 28/06/22	mar 01/08/21												MAT	ROPP/AMO	23-Jun	CONFORME
	GRADAS ARMADAS EN PISO	lun 31/07/22	dom 04/09/21															
III	OBRAS EXTERIORES	lun 17/07/22	mar 17/10/22															
	ESTRUCTURAS	sáb 22/07/22	mar 17/10/21															
	CONCRETO ARMADO	lun 31/07/22	mar 17/10/21															
	SOBRECIMIENTO REFORZADO	lun 31/07/22	mié 14/09/21												MAT	ROPP/AMO	25-Jul	ALERTA
	COLUMNAS	mar 22/08/22	lun 02/10/21												MAT	ROPP/AMO	20-Ago	ALERTA
	VIGAS	dom 04/09/22	mar 17/10/21												MAT	ROPP/AMO	1-Set	ALERTA

Tabla 21

Responsables de levantar las restricciones

Responsable de levantamiento de restricciones		
Residente de obra	Raymundo Palomino Tataje	MO
Ingeniero especialista en Valorizaciones	Peralta Ortiz Nicolás	MAT
Ingeniero estructural	Díaz Tello Jose	EQ
Ingeniero sanitario	Villalobos Hurtado Edson	SCMO
Ingeniero electricista	Marino Quispe Miguel	SCTC
Administrador de obra	Rondon Silverio Jarvis	CLI
Almacenero de obra	Cotrina Ventura Manuel	ING
Ingeniero prevencionista de seguridad	Cruz Carhuapoma Franklin	QA/QC

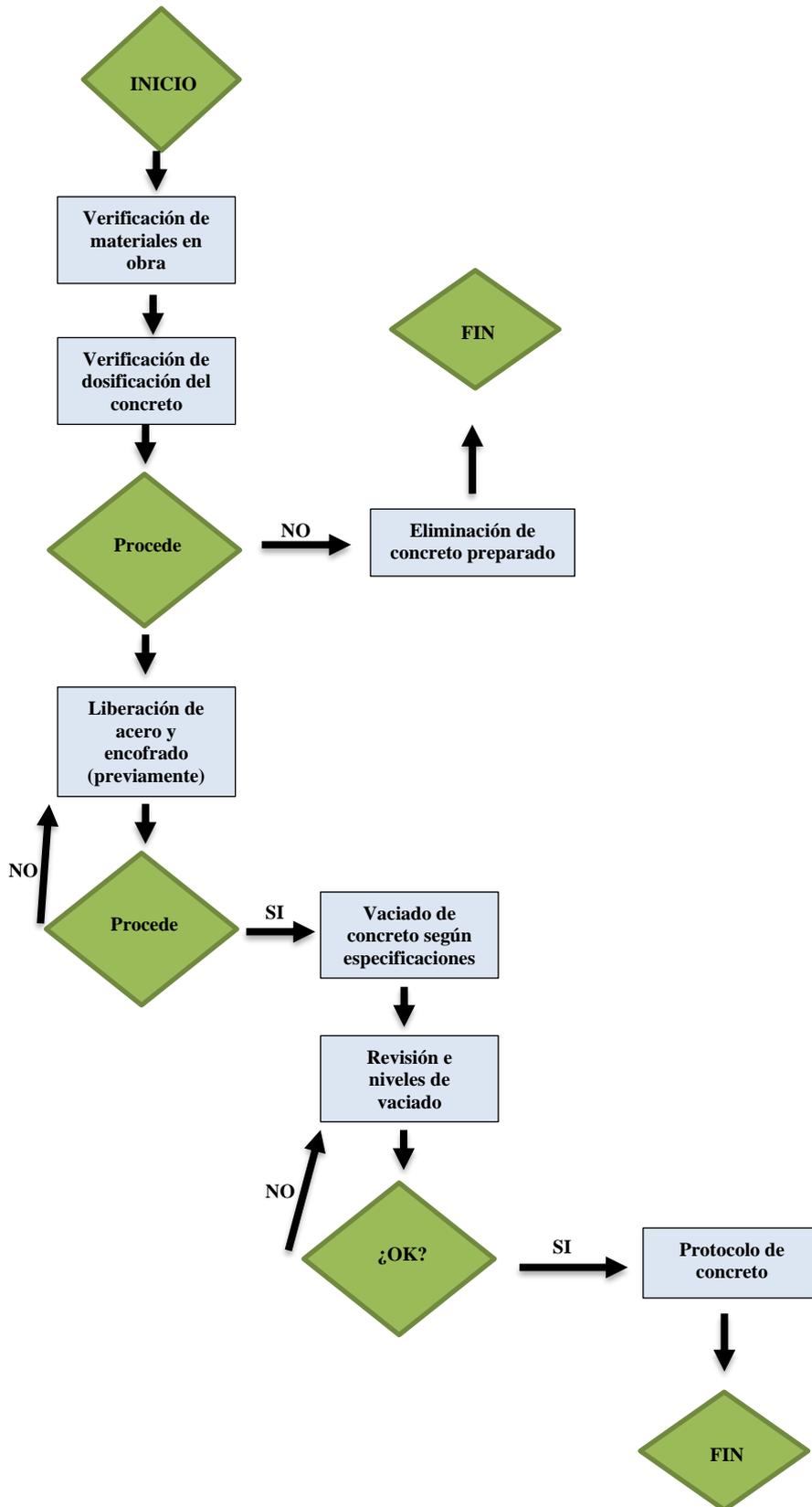
Implementación de la herramienta de calidad diagrama de flujo

Se identificaron procesos de construcción y flujos de trabajo deficientes en las actividades a realizar, lo que resultó en retrasos en los proyectos. Estos retrasos significan un trabajo menos productivo.

La implementación del diagrama de bloques permite realizar la obra con un correcto proceso constructivo y un adecuado control de calidad.

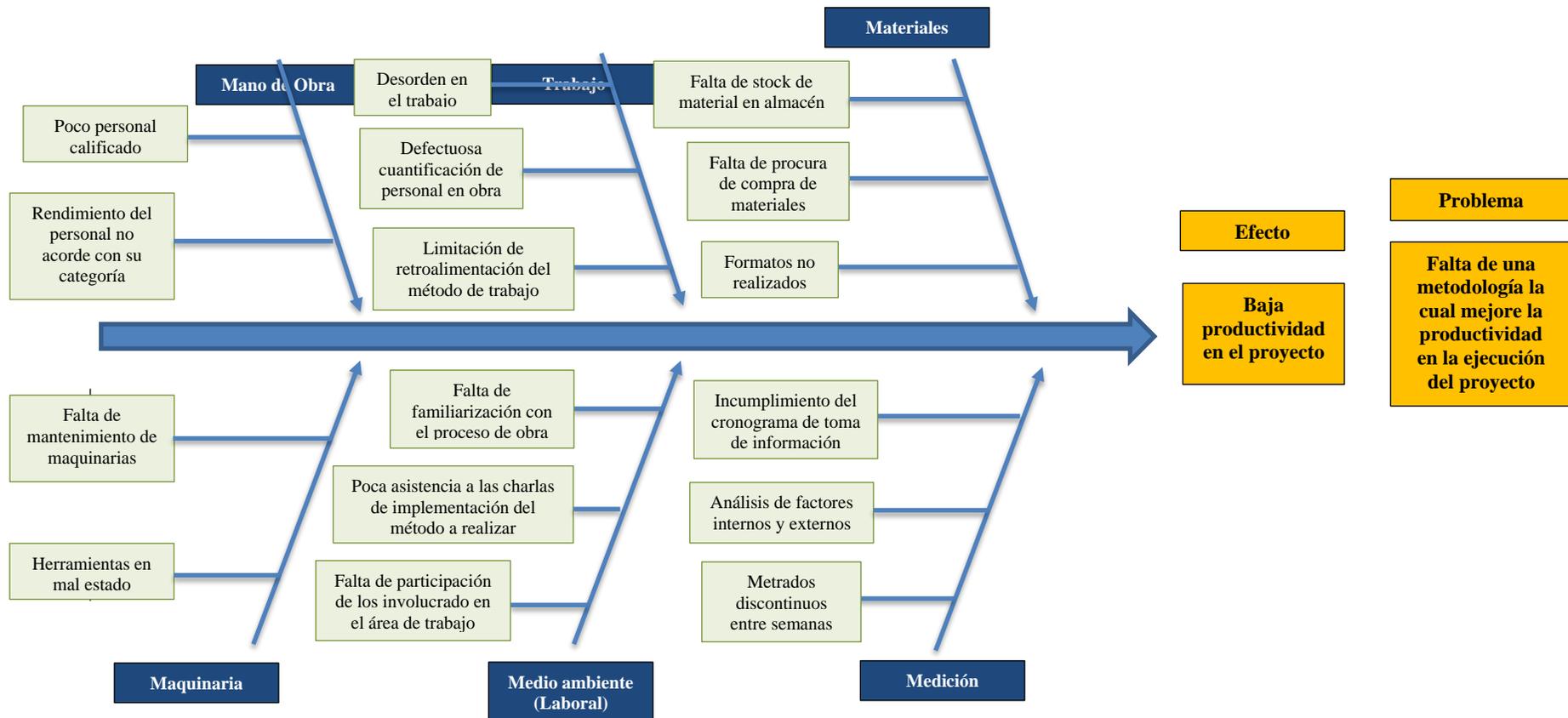
Figura 61

Diagrama de flujo para concreto



Implementación de la herramienta de la calidad diagrama de Ishikawa

a continuación se muestra el análisis en campo donde se muestra los principales problemas que afectan la productividad de la obra.



CAPÍTULO IV. RESULTADOS

En el presente capítulo se procedió a realizar un análisis de los resultados obtenidos en el mejoramiento de la productividad y la calidad utilizando la Integración de las metodologías Lean Construction y Six sigma en el proyecto remodelación del Pabellón 7 del centro comercial Minka, Callao – 2022.

Resultados de la etapa de vaciado de concreto

En primer lugar, en la tabla 22 del análisis de Pareto se muestran los datos controlables y de esa manera estimar un plan de mejoramiento en el proyecto.

Tabla 22

Datos de análisis de Pareto en pérdida de concreto

Causa / Problema / Fenómeno	Datos recolectados	Porcentaje de costos asociados
Falta coordinación en terreno	16	42%
Mala ejecución de actividades (subcontrato)	8	16%
Información errónea o no actualizada	6	2%
Descoordinación en detalle de compra	5	13%
Error de cubicación	4	7%
Ausencia de personal (Subcontrato)	3	7%
Mala calidad de máquinas concretoras	2	4%
Falta coordinación en gestión	1	9%

Figura 62

Diagrama de pareto de frecuencia en pérdida de concreto.

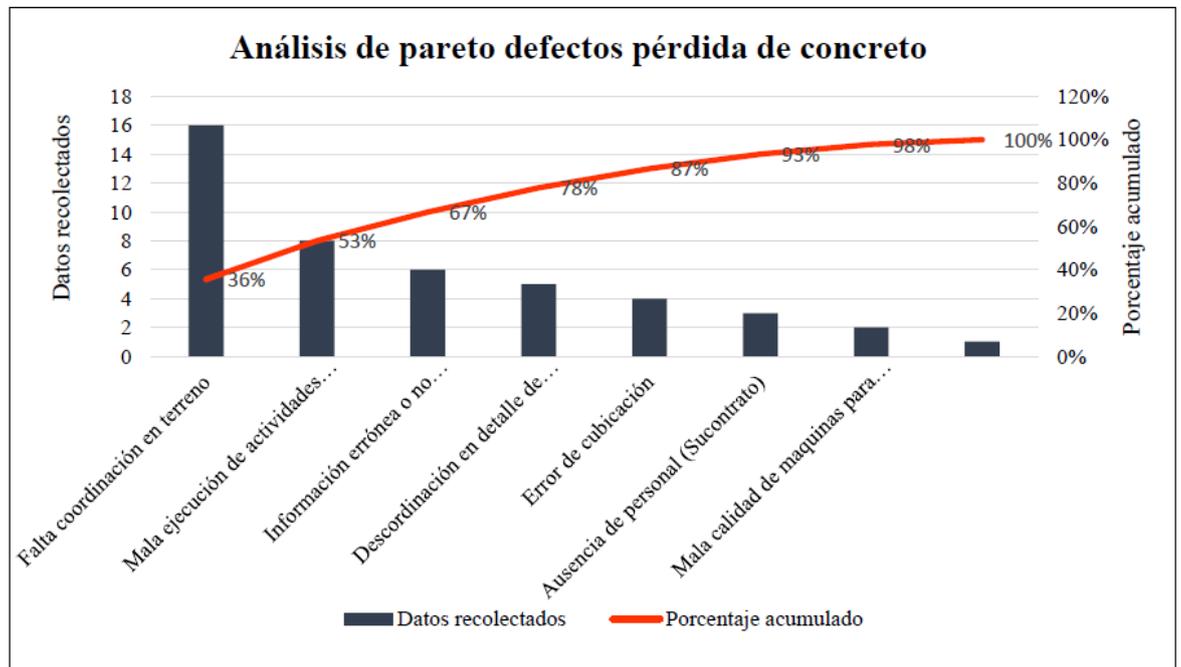
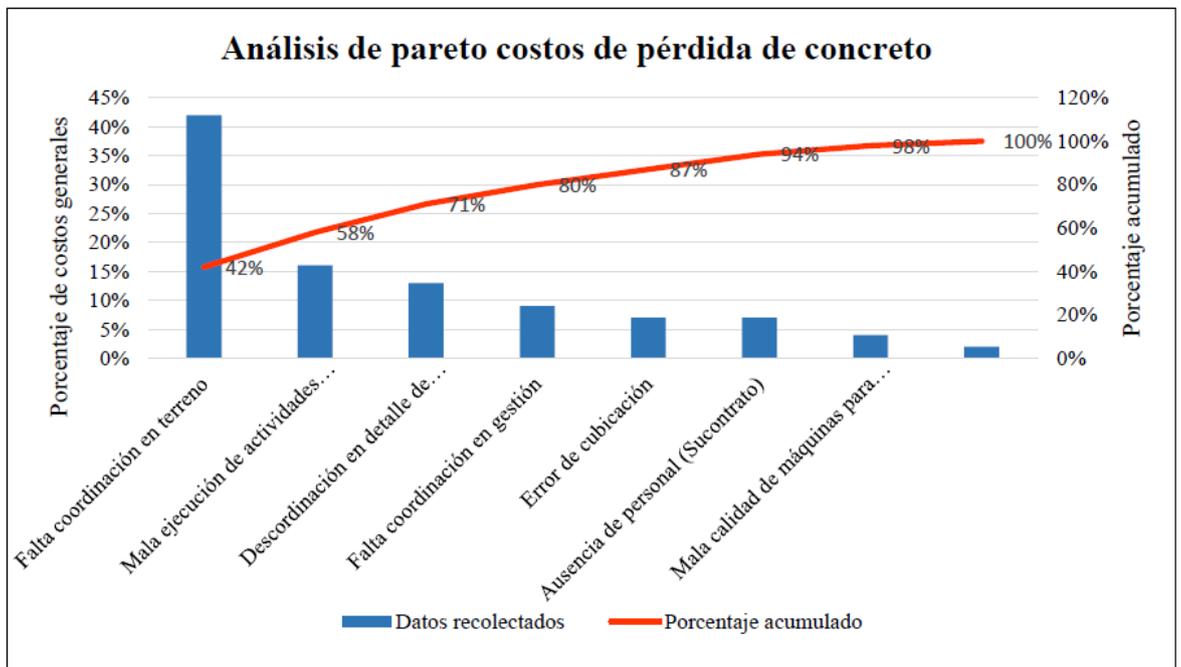


Figura 63

Diagrama de pareto de costos en pérdidas de concreto



De acuerdo al análisis de Pareto basado en la frecuencia y los costos de los errores los cuales producen diversas pérdidas de concreto, por lo tanto se debe considerar plantear las mejoras de los errores mencionados a continuación: Falla en la coordinación en obra, falla en la ejecución de las actividades por el personal subcontrato, falta de coordinación en las compras en obra todos estos errores implican el 80% de los sobrecostos.

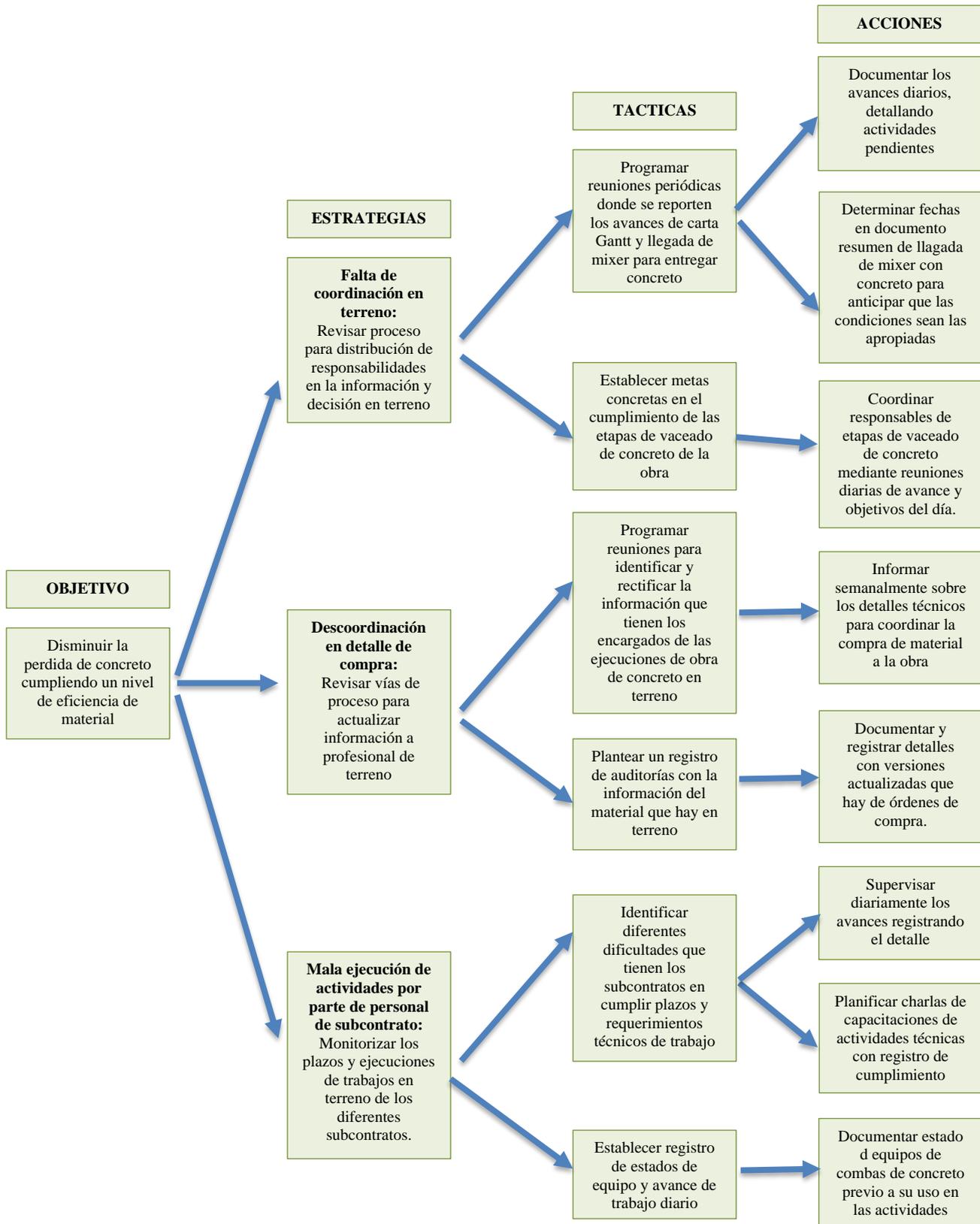
Para esto se deberá plantear un mejoramiento de las actividades las que tienen una mayor ocurrencia en los costos, esto se debe avanzar en la etapa de niveles sigma del proceso donde existan perdidas de concreto.

Etapa Mejora: Pérdida de concreto

Comenzando con la fase de análisis, se identificaron diversas propuestas de mejora para abordar problemas de coordinación en el sitio, desempeño deficiente de subcontratistas, información desactualizada y falta de coordinación. Para organizar estas propuestas se propone el uso de un diagrama de árbol que permita desarrollar soluciones específicas para cada categoría. El objetivo es aumentar el nivel sigma del proceso para reducir costos y mejorar el cumplimiento de objetivos. Se consideran mejoras en estrategias, técnicas y acciones, y se utiliza una figura para ilustrar el impacto estimado de estas mejoras en términos de reducción de errores y pérdida de concreto. El objetivo es minimizar los fallos y reducir la pérdida de concreto a solo un 10% adicional al cubicaje.

Figura 64

Diagrama del árbol de soluciones para las ideas de mejoras en concreto.



La propuesta de mejora reduce la pérdida de órdenes de compra al 10% y se calcula el nivel sigma del proceso a partir de datos de una distribución normal sin realizar un test de normalidad.

Figura 65

Histograma de mejora en perdida de concreto.

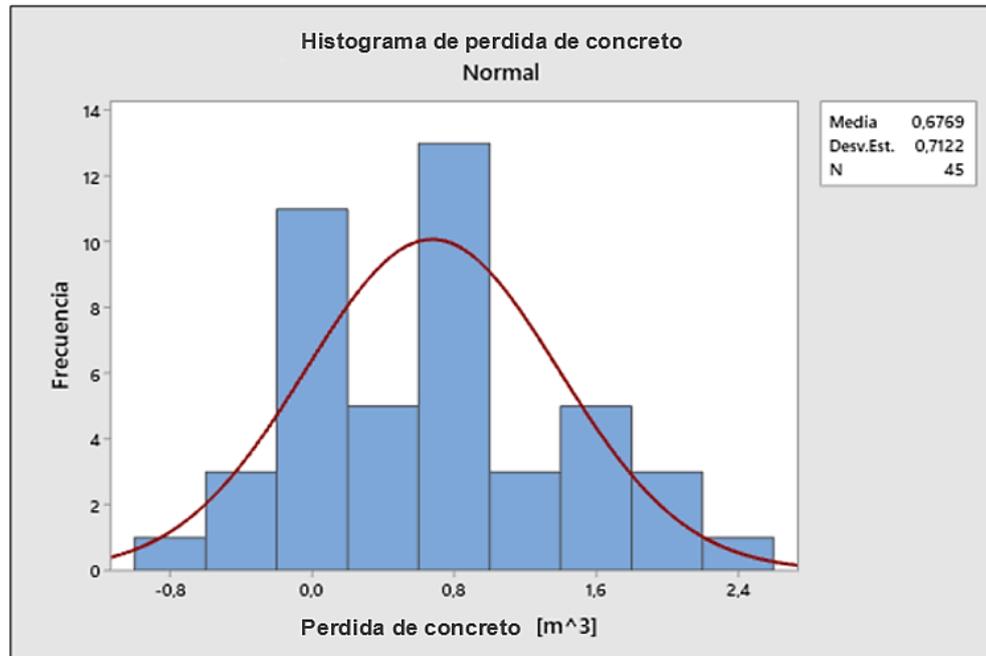


Tabla 23

Datos de cálculo de nivel sigma en mejora de pérdida de concreto.

Media	0.6769
Desv. Est.	0.7122
N.º Datos	45
Límite superior	3
Límite inferior	0
Nivel Sigma	3.268

De acuerdo a la mejora del nivel sigma en la pérdida de concreto se podrá estimar un nivel sigma de 3,27 lo cual corresponde a un 95%. Esta nueva alternativa de acuerdo a las mejoras resultaría en una reducción del error a un 79% de acuerdo al sobre costo por pérdida de concreto.

Resultados de la etapa: Elementos de concreto no quedan en las dimensiones específicas

A continuación, en la tabla 24 se considera estudiar mediante el análisis de Pareto de acuerdo a la frecuencia y el costo de los errores controlables de acuerdo al tipo de datos. Dichos datos son obtenidos de las diversas fallas encontradas en losas y vigas.

Tabla 24

Datos para Pareto en losas y vigas que no quedan en dimensiones especificadas

Causa / Problema / Fenómeno	Datos recolectados	Porcentaje de costos asociados
Fuera de la dimensión especificada	18	23%
Malas instalaciones previas	16	6%
Sin rigurosidad de plomo o estado de elementos	8	56%
Poca rigurosidad de inspección	4	1%
Irresponsabilidad de plazos	3	12%
Información no actualizada	1	2%

Un análisis de Pareto de la frecuencia y análisis de costos de los modos de falla que ocurren cuando las losas y vigas no cumplen con las especificaciones de dimensiones ha determinado que existe la necesidad de iniciar mejoras de daños: Elemento fuera de tamaño. Instalaciones previas deficientes y sin control ni estado estricto del elemento, ya que concentran alrededor del 80% de equivocaciones y costo.

Figura 66

Análisis de pareto a errores de losas y vigas cuando no quedan en las dimensiones especificadas por plano

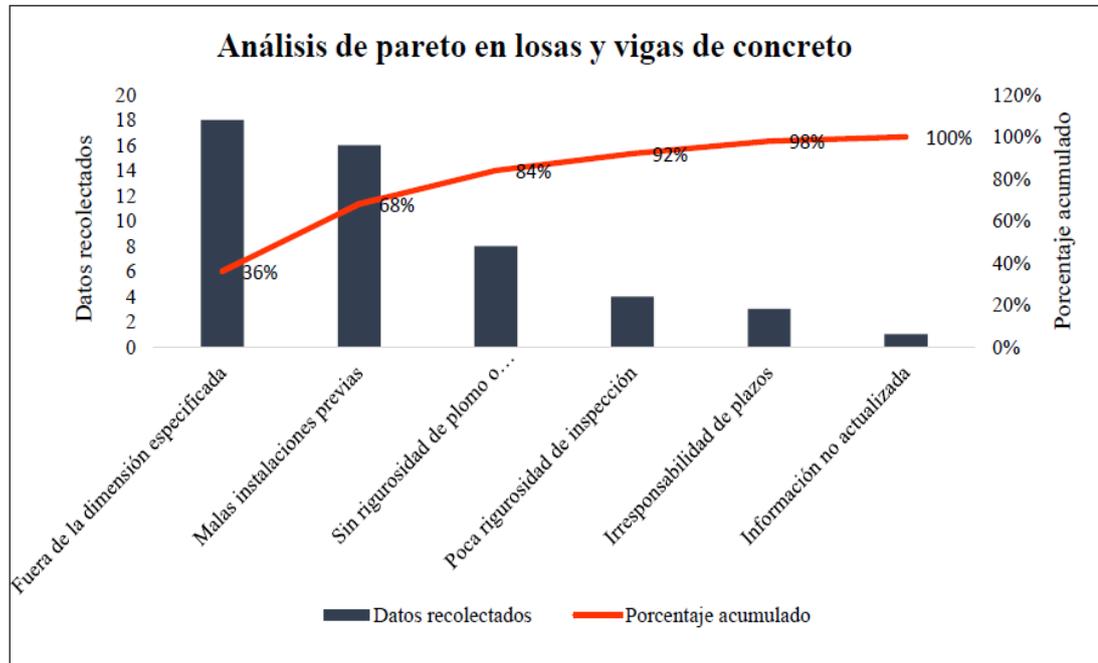
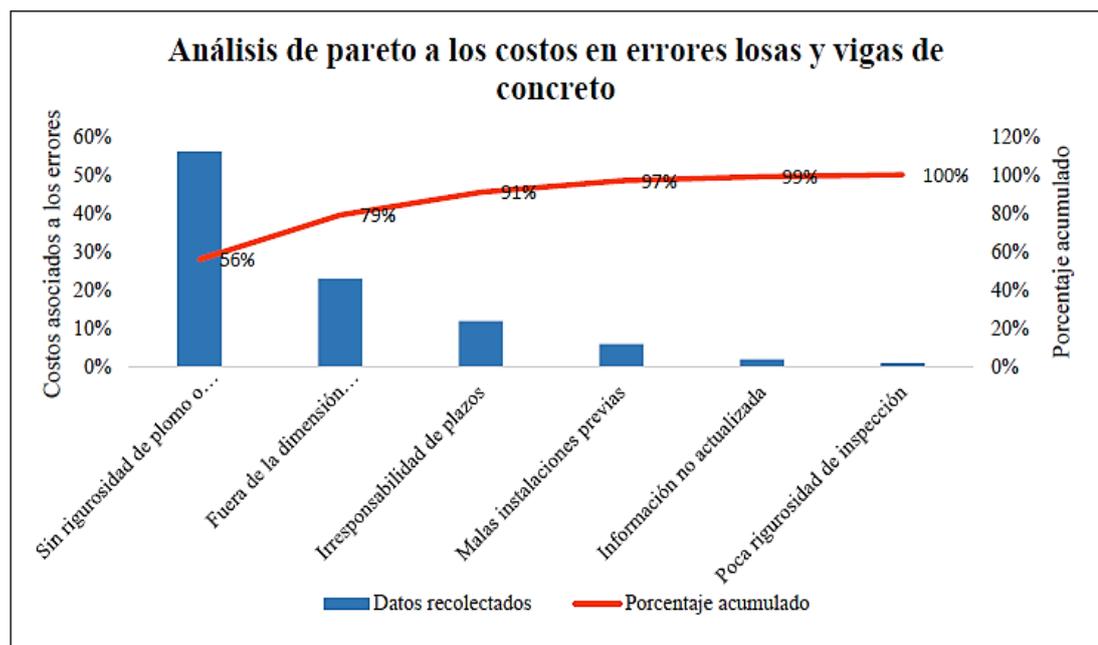


Figura 67

Análisis pareto a porcentajes de costos asociados a cada tipo de error en losas y vigas de concreto.



Se propone mejorar las tres actividades con más frecuencia de ocurrencia y costos se plantea mejorar el nivel sigma del proceso de losas y vigas de concreto.

A continuación, se procede a analizar el proceso en zapatas y columnas, los datos recolectados se mostrarán a continuación:

Tabla 25

Datos para Pareto en losas y vigas que no quedan en dimensiones especificadas

Causa / Problema / Fenómeno	Datos recolectados	Porcentaje de costos asociados
Sin rigurosidad de plomo o estado de zapatas y muros	15	72%
Fuera de la dimensión especificada	14	4%
Malas instalaciones previas	9	7%
Poca rigurosidad de inspección	8	9%
Irresponsabilidad de plazos	3	7%
Información no actualizada	0	1%

De acuerdo al análisis de Pareto de los diversos errores producidos en las zapatas y columnas, uno de los defectos son la variación de las dimensiones por lo tanto se deberá plantear una solución a dichos errores. También se encontraron la falla del plomado de columnas, se ven elementos fuera de sitio y también la mala instalación estas concentran un 80% de ocurrencias por error y producen un sobre costo.

Figura 68

Análisis de Pareto de zapatas y columnas cuando no cumplen con las medidas especificadas.

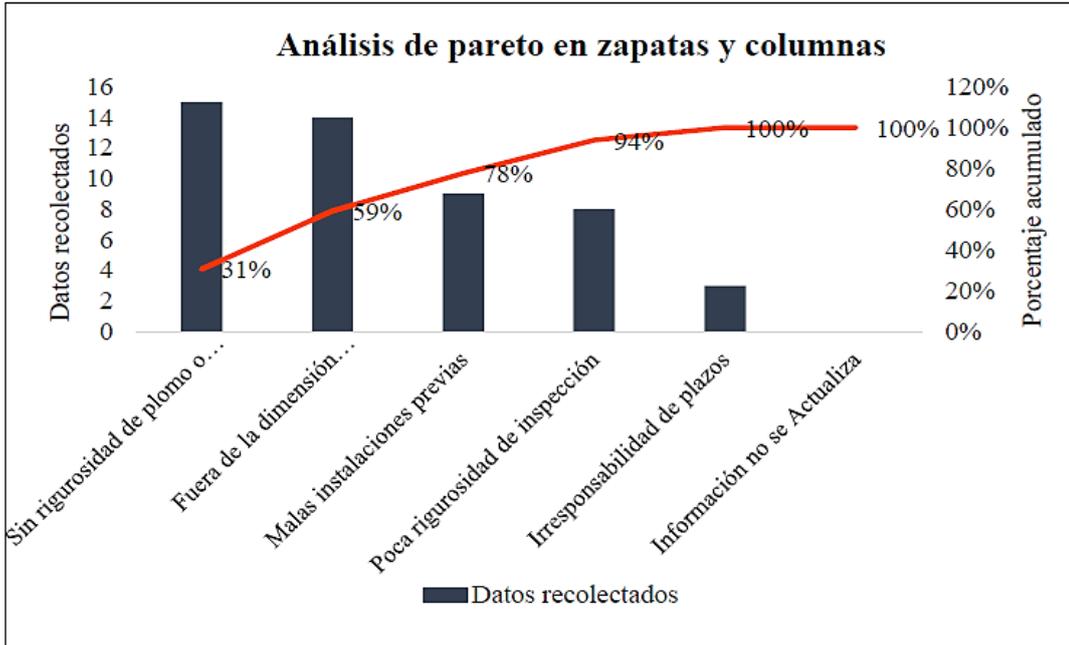
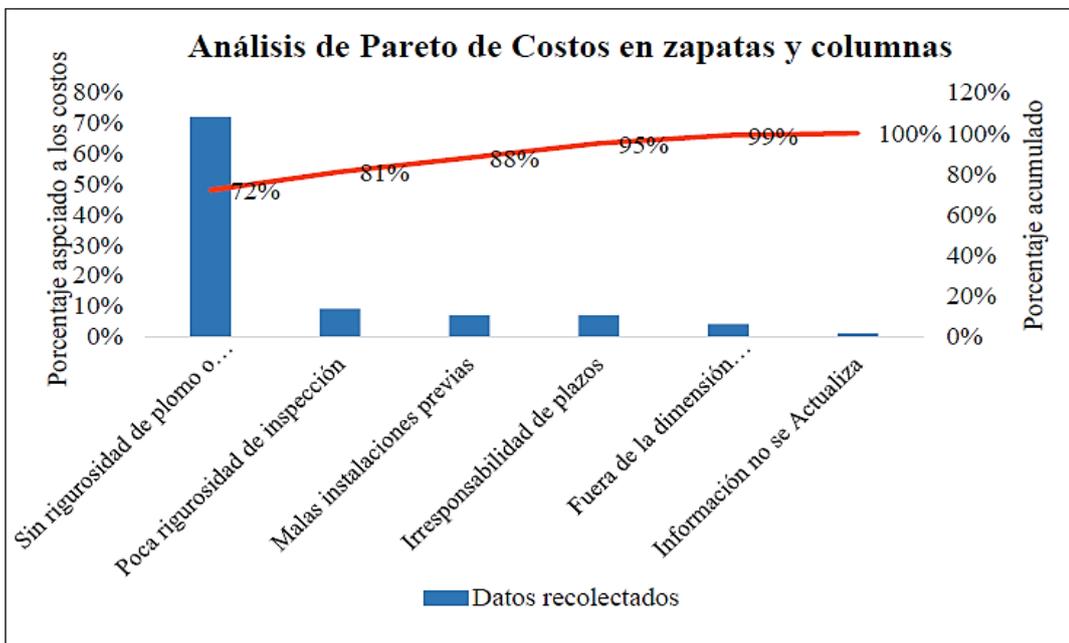


Figura 69

Análisis Pareto a porcentajes de costos asociados a cada tipo de error en losas y vigas de concreto.



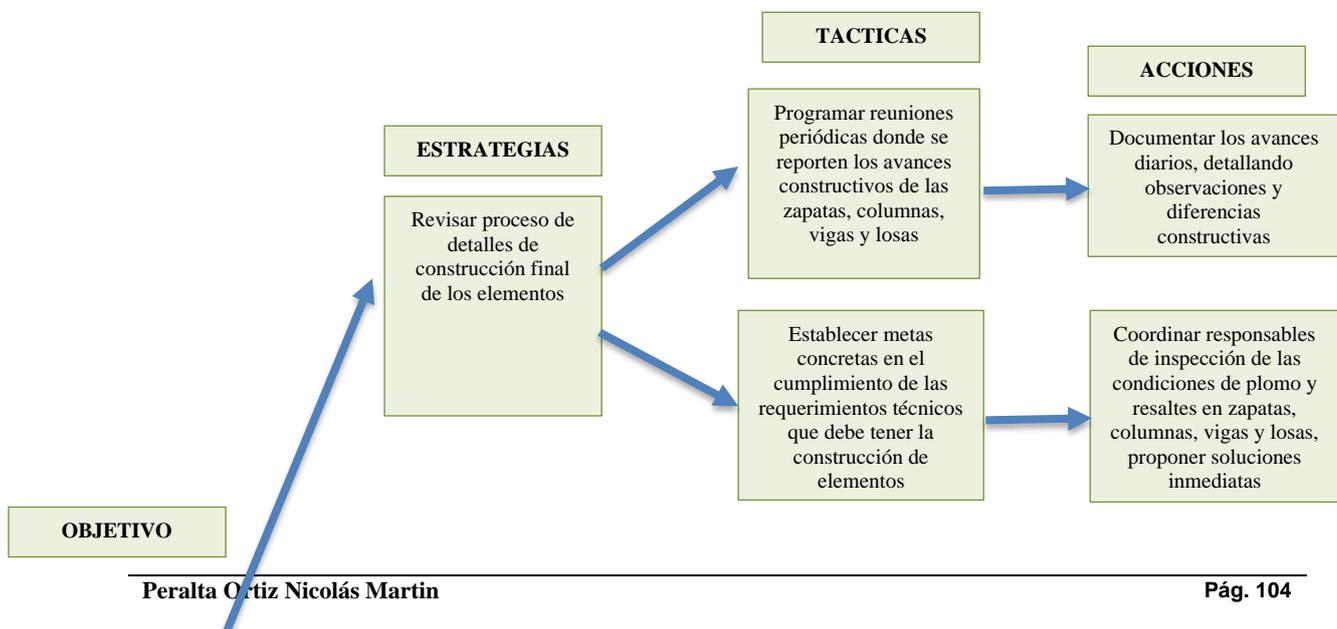
Etapa Mejora: Elementos de Hormigón no quedan en dimensiones específicas.

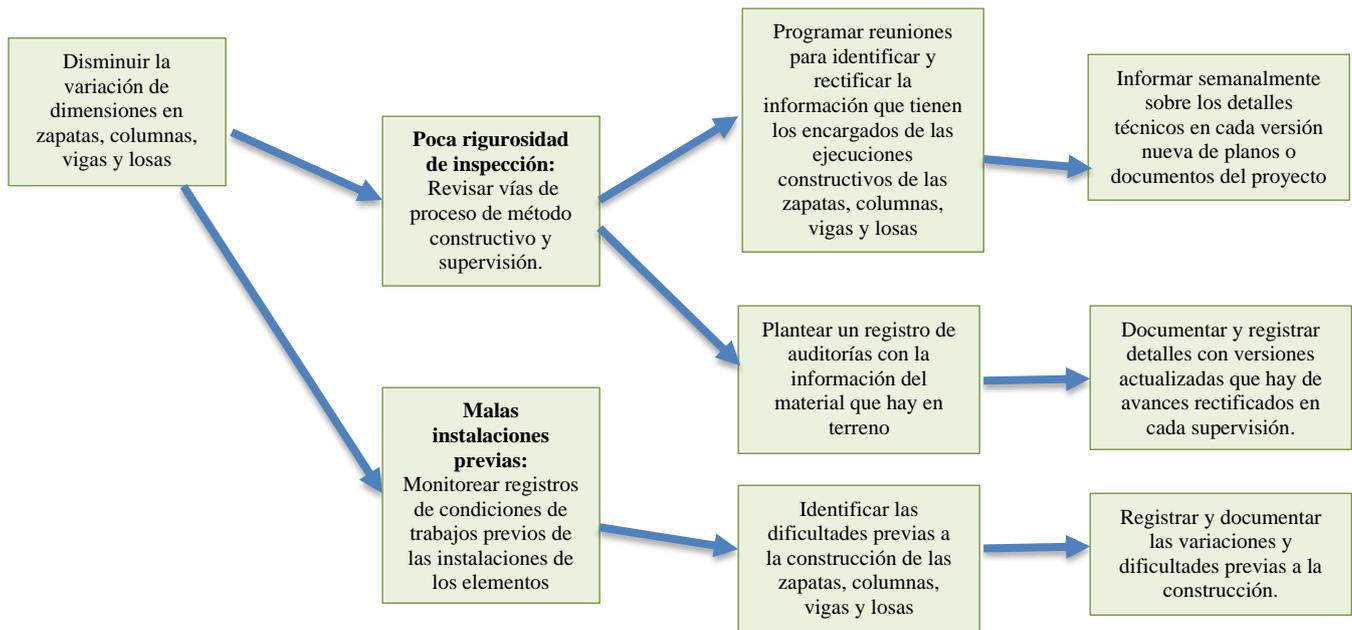
Con base en la fase de análisis, se consideró oportuno realizar recomendaciones de mejora ante la falta de coordinación en obra, el bajo desempeño del personal subcontratado y la información inexacta o desactualizada en obra.

Para organizar estas recomendaciones, se presenta un diagrama de árbol para desarrollar estas soluciones que aumentarán el nivel sigma del proceso y, por lo tanto, reducirán el costo de la no calidad.

Figura 70

Diagrama del árbol de soluciones para zapatas, columnas, vigas y losas



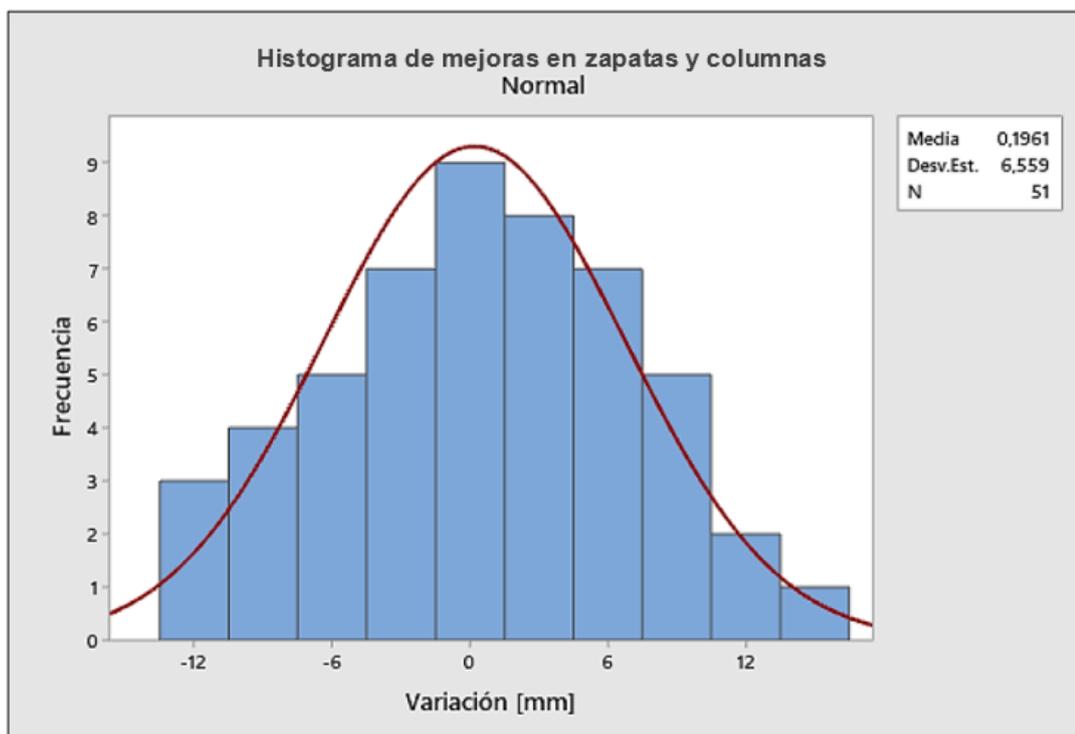


De acuerdo a las mejoras establecidas en la figura 70 se podrán estimar nuevos resultados de acuerdo a los errores en zapatas, columnas, vigas y losas estos basados en las diferencias con los planos de especificaciones técnicas.

Para lograr una mejora en el nivel sigma registrado se deberá realizar un plan de mejoramiento del defecto, para poder lograr la reducción de las variaciones y detalles en el producto final de vaceado de zapatas, columnas, vigas y losas.

Figura 71

Histograma de mejoras en zapatas y columnas



La mejora propuesta solo dará como resultado cambios de casi 10 mm. Esto se debe a la uniformidad de los componentes y su instalación y puede ser causado por cambios causados por el plomo o los reflejos de la columna de zapato y concreto. Debido a los factores anteriores, solo se tendrán en cuenta el 10 % de mutaciones y se convertirán las dimensiones intolerables.

Tabla 26

Datos de cálculo de nivel sigma en mejora en zapatas y columnas.

Media	0.1921
Desv. Est.	6.559
N.º Datos	51
Límite superior	10
Límite inferior	0
Nivel Sigma	1.55

Basado en un aumento en el nivel sigma de solo un 10 % de cambio dimensional, considere un nivel sigma de 1,58 que corresponde a un rendimiento del 54 % debido a las

grandes imprecisiones en el método de vaciado del concreto y al poco control sobre los factores del sitio, pero aun así un nivel significativo reducción de costos del 75,2 %, que también es la base para la conveniencia del presupuesto del proyecto.

La nueva distribución de errores en la partida de concreto en vigas y losas se muestra en la siguiente figura:

Figura 72

Histograma de mejoras en vigas y losas

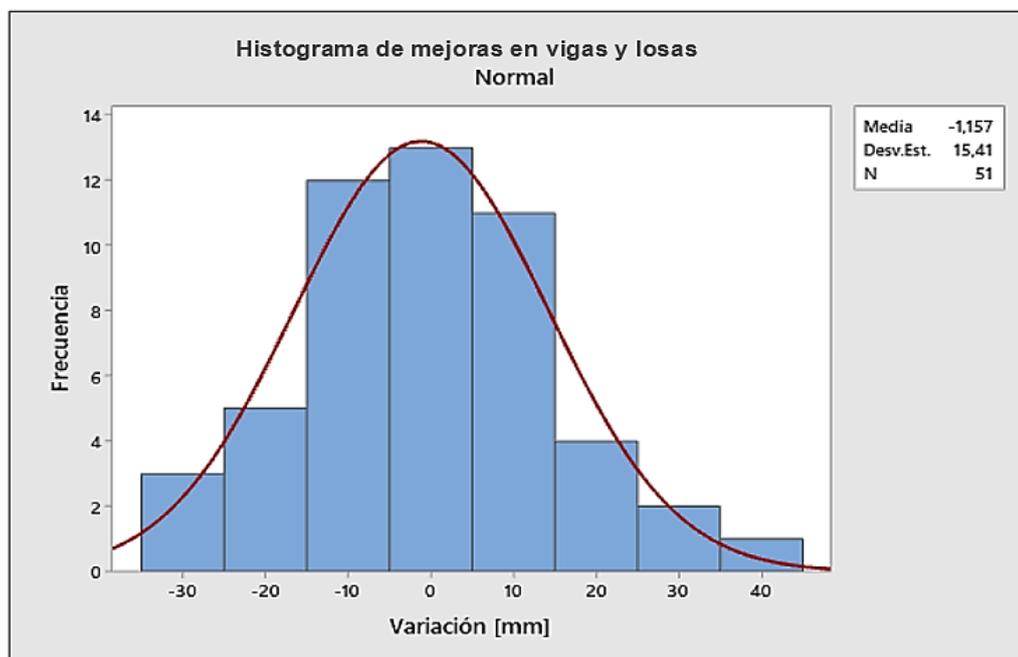


Tabla 27

Datos de cálculo de nivel sigma en mejora en vigas y losas.

Media	-1.157
Desv. Est.	15.41
N.º Datos	51
Límite superior	20
Límite inferior	0
Nivel Sigma	1.37

Al usar el nuevo valor sigma, se espera reducir los costos en un 72% a través de la colada de losas y vigas. Un nivel sigma de 1.38 tiene un desempeño del 46%, y se pueden seguir los pasos descritos en la Figura 72 para mejorar. Sin embargo, debido a la naturaleza de los datos y el método constructivo, la mejora será limitada debido a la inexactitud en las mediciones de los elementos de continuidad.

Resultados Etapa: Planificación y Gestión de materiales.

A continuación, se procede a analizar la planificación y gestión de materiales, los datos obtenidos son mostrados a continuación:

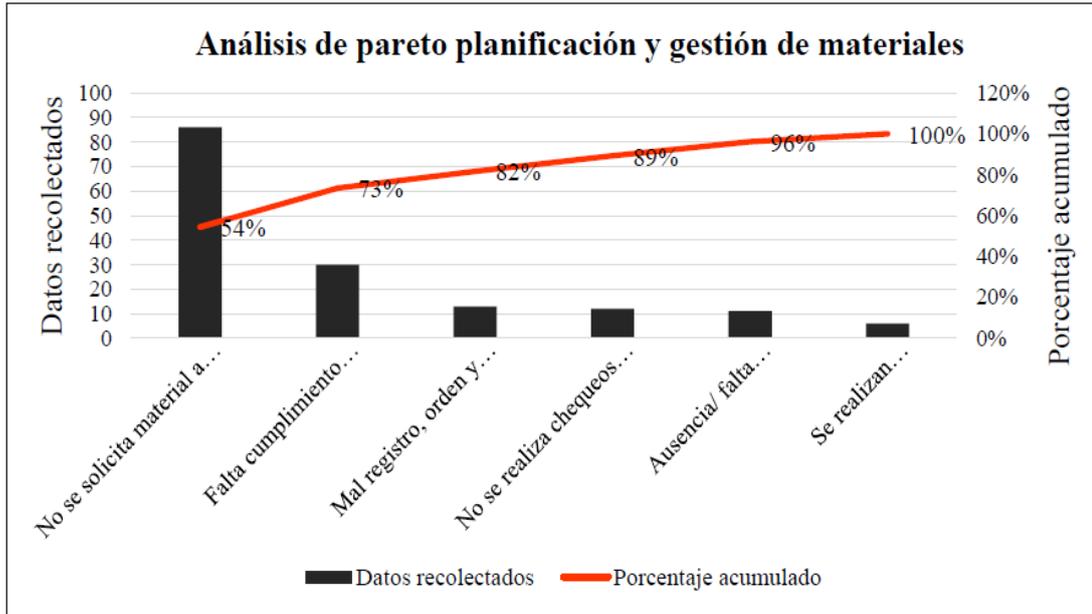
Tabla 28

Datos para análisis de pareto en planificación y gestión de materiales

Causa / Problema / Fenómeno	Datos recolectados	Porcentaje de costos asociados
No se solicita material a obra	86	78%
Falta cumplimiento según planilla de Control de procesos	30	4%
Mal registro, orden y administración de material en obra	13	6%
No se realiza chequeos digitales de actividades	12	0%
Ausencia/ falta responsabilidad del personal Subcontrato	11	11%
Se realizan procedimientos sin aprobación o inspección	6	1%

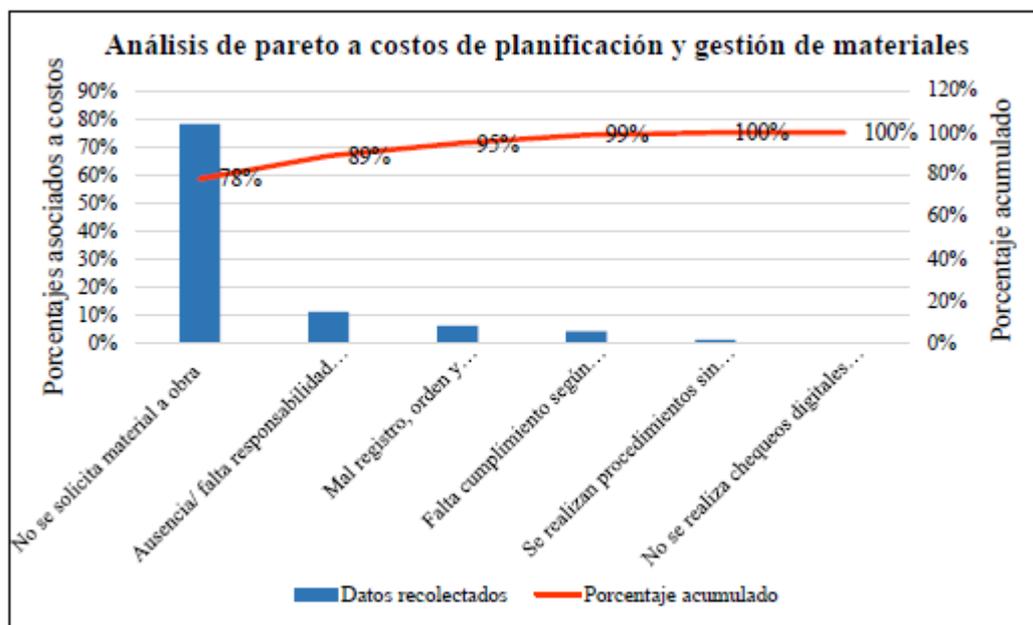
Figura 73

Gráfico de análisis de pareto para la planificación y gestión de materiales.



Según el análisis de Pareto, para mejorar el proceso de planificación y gestión de materiales en el proyecto, se deben abordar tres errores principales: falta de solicitud de materiales a obra, falta de personal subcontratado y mala logística y orden de materiales en obra. Estos errores representan por encima del 90% en costos de no calidad, como se ilustra en la figura 74. **Figura 74**

Distribución de costos en los errores de planificación y gestión de materiales.

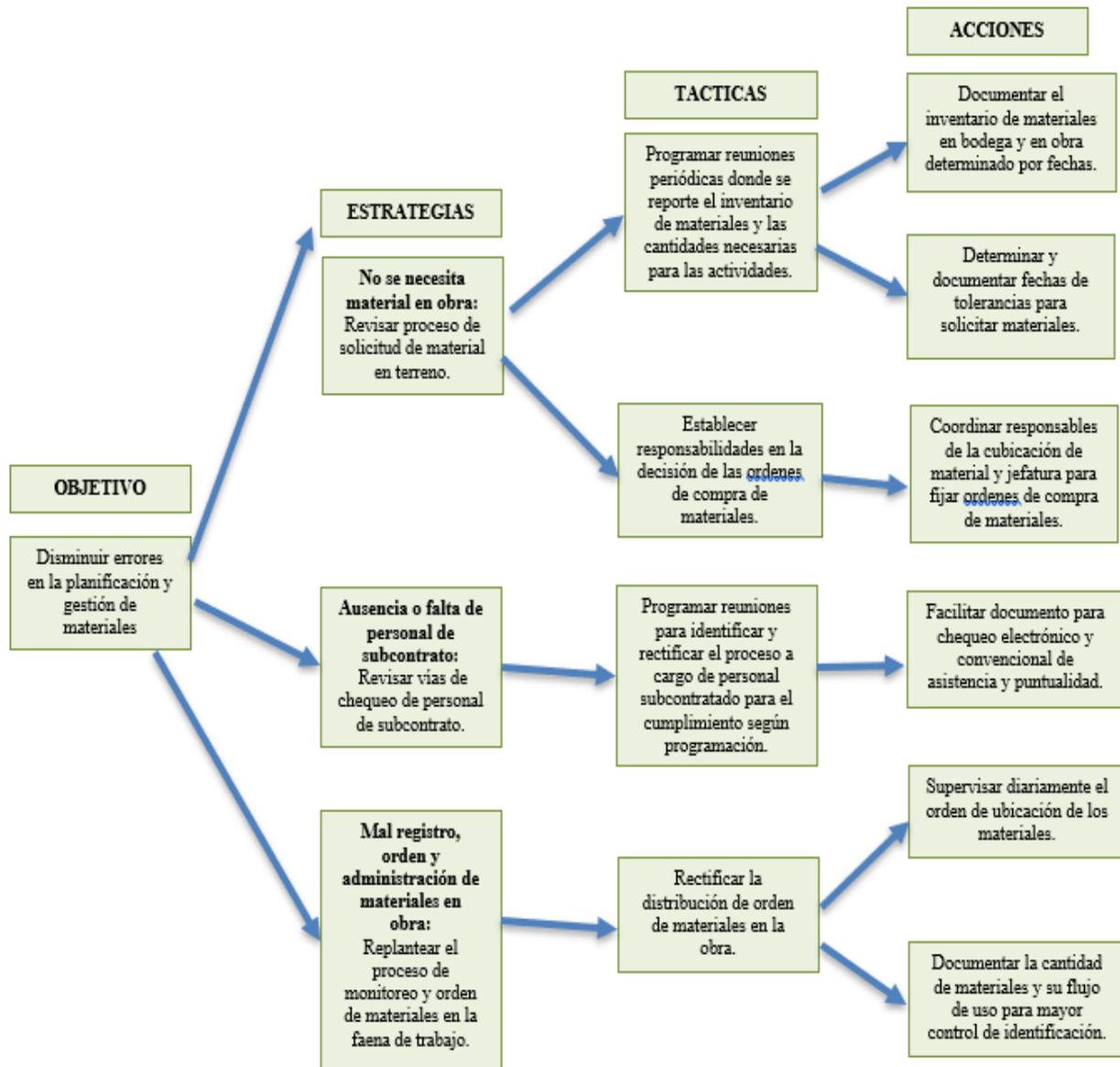


Etapa Mejora: Planificación y gestión de materiales.

Con base en la etapa de análisis, se planteó la necesidad de mejorar la planificación y el control de la gestión de materiales, teniendo en cuenta las mejoras relacionadas con la mala coordinación en obra, el mal desempeño de las actividades por parte de los subcontratistas y la información inexacta o desactualizada en obra. es Para organizar estas sugerencias, un diagrama de árbol ilustra la evolución de estas soluciones para mejorar el nivel sigma del proceso y, en consecuencia, reducir los costos de no calidad del proyecto.

Figura 75

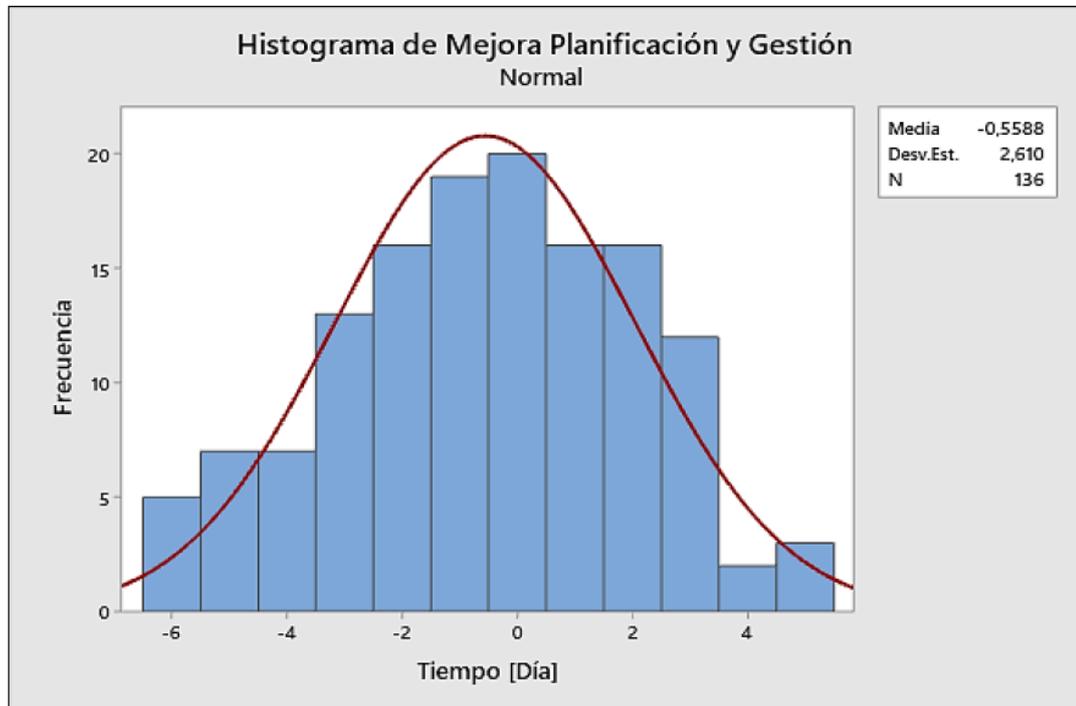
Diagrama del árbol de soluciones para la planificación y gestión de materiales



Se considera las mejoras obtenidas representadas en la figura 75 con el cual se estima un escenario positivo de los defectos según su gestión y planificación para los materiales, con la finalidad de disminuir la cantidad de errores. La mejora a aplicar en cuanto a los errores obtenidos en los estudios se considera a los costos relacionados y los errores frecuentes.

Figura 76

Histograma de datos en caso de mejora de proyecto en planificación y gestión



Se indica una concentración en cuanto a la distribución de errores y las posibles variaciones según la planificación y gestión de los materiales por los datos negativos, estos presentan un adelanto a la fecha cuando se considera un tiempo de holgura para los límites internos y los proveedores que se tiene en la constructora al momento de realizar ordenes en la compra de los materiales.

Se presenta una gráfica según los datos que se obtiene de la mejora en cuanto a la distribución normal, calculando el valor nuevo de la sigma.

Tabla 29

Cálculo de nivel Sigma en caso de mejora de proyecto de planificación y gestión.

Media	-0.5588
Desv. Est.	2.610
N.º Datos	158
Límite superior	7
Límite inferior	0
Nivel Sigma	2.9

Se considera un nuevo nivel en cuanto al sigma con el cual presenta un valor de 2.9 teniendo en consideración su rendimiento de 91.9% en cuanto a efectividad, presentando una reducción de costos al 55.2% del total presentando un reajuste para la efectividad y los plazos según la gestión en la compra de los materiales a utilizar.

A continuación, se mostrarán los resultados de la implementación de la herramienta carta balance.

Al aplicar las medidas correctivas según las distintas partidas y los análisis realizados a cada trabajador, se procedió con la recopilación de todos los datos que se obtuvieron en campo, con el fin de verificar si se presentó un mejoramiento hacia la partida de concreto.

Resultados de concreto en zapatas

Figura 77

Distribución del trabajo general

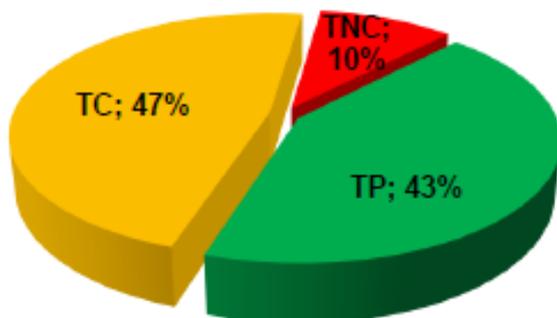


Tabla 30

Resultados de concreto en zapatas

Trabajo	Muestra	Resultado
Trabajo Productivo:	19%	43%
Trabajo Contributorio:	48%	47%
Trabajo No Contributorio:	33%	10%

En base a la figura 77 se puede observar un mejoramiento en los trabajos de productividad con un valor del 2.4%, en cuanto a los trabajos de contribución se presentó una minoría del 1% y los trabajos no contribuyentes un valor del 23% presentando una disminución.

Resultados de concreto en columnas

Figura 78

Distribución del trabajo general

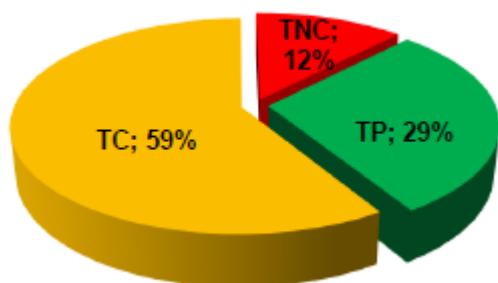


Tabla 31

Resultados de concreto en columnas

Trabajo	Muestra	Resultado
Trabajo Productivo:	21%	29%
Trabajo Contributorio:	51%	59%
Trabajo No Contributorio:	28%	12%

En base a la figura 78 se puede observar un mejoramiento en los trabajos de productividad con un valor del 7.0%, en cuanto a los trabajos de contribución se presentó un aumento del 8% y los trabajos no contribuyentes un valor del 16% presentando una disminución

Resultados de concreto en vigas

Figura 79

Distribución del trabajo general

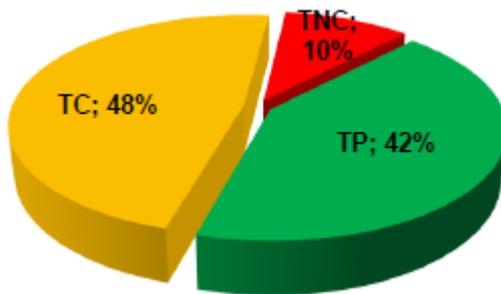


Tabla 32

Resultados de concreto en vigas

Trabajo	Muestra	Resultado
Trabajo Productivo:	21%	41%
Trabajo Contributorio:	49%	49%
Trabajo No Contributorio:	30%	10%

En base a la figura 79 se puede observar un mejoramiento en los trabajos de productividad con un valor del 20%, en cuanto a los trabajos de contribución se presentó una estabilidad del 49% y los trabajos no contribuyentes un valor del 20% presentando una disminución

Resultados de concreto en losas

Figura 80

Distribución del trabajo general

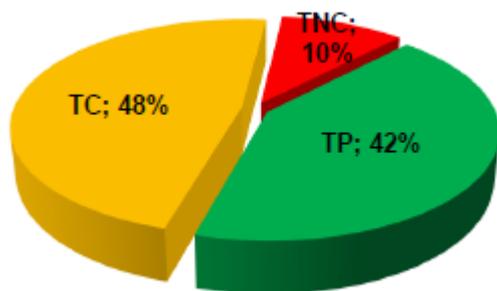


Tabla 33

Resultados de concreto en losas

Trabajo	Muestra	Resultado
Trabajo Productivo:	20%	42%
Trabajo Contributorio:	44%	48%
Trabajo No Contributorio:	36%	10%

En base a la figura 80 se puede observar un mejoramiento en los trabajos de productividad con un valor del 22%, en cuanto a los trabajos de contribución se presentó un aumento del 4% y los trabajos no contribuyentes un valor del 26% presentando una disminución

Resultados de la implementación de la herramienta diagrama de restricciones

Al realizar la implementación de las herramientas digitales para realizar diagramas de restricciones se realizó la prevención ante la falta de herramientas y materiales, siendo esto uno de ellos los andamios para la ejecución de actividades en obra, el cual permite que la ejecución de las tareas se dé en forma adecuada, llegando a cumplir el 80% del PPC establecido. En la figura 81 se muestra el stock de material y la figura 82 la llegada del material a obra.

Figura 81

Stock de materiales en obra



Figura 82

Llegada de cemento a obra



Resultados de la implementación de la herramienta diagrama de flujo

Mediante la implementación del diseño de bloques en lotes de concreto, de acuerdo a la implementación de estructuras de casco, se ha incrementado la productividad de los

trabajadores, se ha encontrado un buen tren de trabajo, se ha mejorado el control de calidad, se utilizan protocolos de liberación, para mejorar tiempos, mejora de los métodos constructivos y organización del trabajo.

El diagrama de flujo tiene como finalidad el plasmar en el área de campo todos los procesos que se desarrollaron para el proceso de construcción que se esquematizo según el diagrama, tratando de evitar la segregación al momento que se realiza la ejecución de partidas en cuanto al vaceado del concreto en el desplome, elementos y cumpliendo con el espaciamiento que se especifica en el expediente.

En la figura 83 se muestran las columnas sin presencia de cangrejas también bien aplomadas por ende se realizó un correcto proceso constructivo.

Figura 83

Elementos estructurales sin segregación y cangrejas



En la figura 84 se muestran el área de trabajo la cual se encuentra en orden para poder realizar un correcto alineado y distribución del acero esto basado de acuerdo a las especificaciones de los planos.

Figura 84

Alineando y distribuyendo el acero de forma correcta de acuerdo al plano



Resultados de la implementación de la herramienta diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa empleado en el desarrollo de las partidas presento una mejora significativa al momento de la ejecución, teniendo como identificación que las causas que tienen un bajo rendimiento también afectan al rendimiento de los trabajos y en consecuencia se obtiene una baja productividad de elaboración.

El diagrama de Ishikawa tiene como finalidad el identificar de manera general las causas que se generan ante la disminución de la productividad en la ejecución de las partidas de obra, se procedió a identificar las causas y posteriormente la solución correctiva.

En la figura 85 y 86 se muestra la capacitación del personal profesional esto con el fin de que la ejecución de las partidas sea realizada de manera correcta.

Figura 85

Solución de incompatibilidad de planos



Figura 86

Capacitación al plantel profesional



En la figura 87 y 88 se muestra la instrucción al personal y la retroalimentación de la ejecución de las diversas partidas.

Figura 87

Capacitación al plantel profesional



Figura 88

Capacitación al plantel profesional



En la figura 89 se muestra la limpieza y el orden en las áreas de trabajo, trabajar de esa manera ayuda a mejorar la ejecución de los trabajos, esto también permite mejorar el flujo de trabajo y optimizar los tiempos en la ejecución.

Figura 89

Área de trabajo limpio y ordenado



Porcentaje de plan cumplido (PPC) y curva “S”

Después de utilizar la herramienta PPC, se pudo observar una mejora significativa en la productividad semanal en comparación con la programada. La implementación de esta herramienta ha sido de gran ayuda para acelerar el proceso de verificación del progreso de la obra, lo cual se rige por las cláusulas del contrato que establecen que, en caso de retrasos sin motivo y el avance debe estar por debajo del 80% del progreso programado y se debe implementar un calendario acelerado.

Figura 90

Porcentaje de plan cumplido (PPC)

FECHA	SEMANA	PROGRAMADO				S / IGV	ACUM SIN IGC	PARCIAL %	ACUM %	ESTADO DE OBRA	
		S/IGV	ACUM. SIN IGV	PARCIAL %	ACUM %						
10/03/2022	0	0.00	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00	0.00%	0.00%		ATRASADO
17/03/2022	1	77,406.15	77,406.15	1.34%	1.34%	0.00	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	ATRASADO
24/03/2022	2	77,406.15	154,812.30	1.34%	2.67%	0.00	0.00	0.00%	0.00%	0.00%	ATRASADO
31/03/2022	3	77,406.15	232,218.45	1.34%	4.01%	232,218.45	232,218.45	4.01%	4.01%	100.00%	ATRASADO
MARZO	VAL-01	232,218.45	232,218.45	4.01%	4.01%	232,218.45	232,218.45	4.01%	4.01%	100.00%	ADELANTADO
07/04/2022	4	40,902.28	273,120.73	0.71%	4.72%	44,597.00	276,815.45	0.77%	4.78%	101.35%	ADELANTADO
14/04/2022	5	40,902.28	314,023.01	0.71%	5.43%	59,745.00	336,560.45	1.03%	5.81%	107.18%	ADELANTADO
21/04/2022	6	40,902.28	354,925.29	0.71%	6.14%	42,500.00	379,060.45	0.73%	6.55%	106.80%	ADELANTADO
28/04/2022	7	40,902.28	395,827.57	0.71%	6.85%	23,153.82	402,214.27	0.40%	6.95%	101.61%	ADELANTADO
ABRIL	VAL-02	163,609.12	395,827.57	2.83%	6.85%	169,995.82	402,214.27	2.94%	6.95%	101.61%	ADELANTADO
05/05/2022	8	41,196.51	437,024.08	0.71%	7.56%	90,000.76	492,215.03	1.55%	8.50%	112.63%	ADELANTADO
12/05/2022	9	41,196.51	478,220.59	0.71%	8.27%	95,645.68	587,860.71	1.65%	10.16%	122.93%	ADELANTADO
19/05/2022	10	41,196.51	519,417.10	0.71%	8.98%	136,453.58	724,314.29	2.36%	12.51%	139.45%	ADELANTADO
26/05/2022	11	41,196.51	560,613.61	0.71%	9.69%	134,356.14	858,670.43	2.32%	14.83%	153.17%	ADELANTADO
MAYO	VAL-03	164,786.04	560,613.61	2.85%	9.69%	456,456.16	858,670.43	7.89%	14.83%	153.17%	ADELANTADO
02/06/2022	12	114,036.62	674,650.23	1.97%	11.66%	52,598.18	911,268.61	0.91%	15.74%	135.07%	ADELANTADO
09/06/2022	13	114,036.62	788,686.85	1.97%	13.63%	45,457.21	956,725.82	0.79%	16.53%	121.31%	ADELANTADO
16/06/2022	14	114,036.62	902,723.47	1.97%	15.60%	41,479.92	998,205.74	0.72%	17.24%	110.58%	ADELANTADO
23/06/2022	15	114,036.62	1,016,760.09	1.97%	17.57%	99,152.33	1,097,358.07	1.71%	18.96%	107.93%	ADELANTADO
30/06/2022	16	114,036.62	1,130,796.71	1.97%	19.54%	163,687.83	1,261,045.90	2.83%	21.79%	111.52%	ADELANTADO
JUNIO	VAL-04	570,183.10	1,244,833.33	9.85%	19.54%	402,375.47	1,261,045.90	6.95%	22.69%	101.30%	ADELANTADO
07/07/2022	17	294,859.22	1,539,692.55	5.09%	24.63%	200,646.38	1,461,692.28	3.47%	25.25%	94.93%	ATRASADO
14/07/2022	18	294,859.22	1,834,551.77	5.09%	29.72%	250,642.16	1,712,334.44	4.33%	29.58%	93.34%	ATRASADO
21/07/2022	19	294,859.22	2,129,410.99	5.09%	34.81%	270,336.97	1,982,671.41	4.67%	34.25%	93.11%	ATRASADO
28/07/2022	20	294,859.22	2,424,270.21	5.09%	39.90%	300,000.00	2,282,671.41	5.18%	26.97%	64.39%	ATRASADO
JULIO	VAL-05	1,179,436.88	2,424,270.21	20.39%	39.90%	1,021,625.51	2,282,671.41	17.65%	40.34%	94.16%	ATRASADO

De la figura 90 y 91 se puede observar que la obra se encuentra ligeramente atrasado, pero por encima del 80% de lo programado, al no haberse implementado las medidas correctivas era muy probable que la obra cayera en acelerado.

Figura 91

Curva “S” mensual

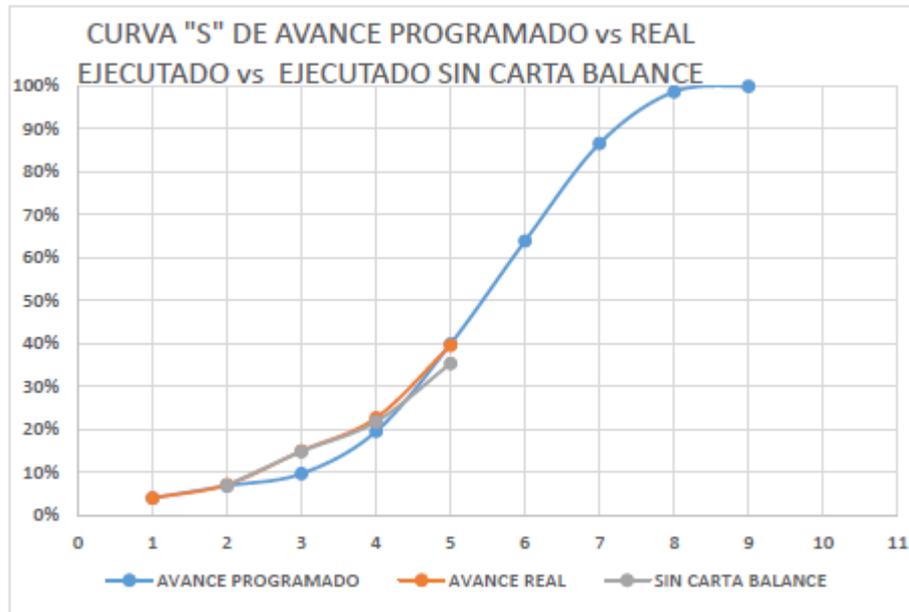


Tabla 34

Monto en soles y porcentaje de avance mensual

VALORIZACIÓN	AVANCE REAL				SIN APLICAR LAS MEDIDAS CORRECTIVAS			
	MENSUAL		ACUMULADO		MENSUAL		ACUMULADO	
Mes/ Inicio	S/.	%	S/.	%	S/.	%	S/.	%
10 al 31 de marzo 2022	232,218.45	4.01%	232,218.45	4.01%	232,218.45	4.01%	232,218.45	4.01%
07 al 28 de abril 2022	169,995.82	2.94%	402,214.27	6.95%	169,995.82	2.94%	402,214.27	6.95%
05 al 26 de mayo 2022	456,456.16	7.89%	858,670.43	14.84%	456,456.16	7.89%	858,670.43	14.84%
02 al 30 de junio 2022	402,375.47	6.95%	1,261,045.90	21.79%	402,375.47	6.95%	1,261,045.90	21.79%
07 al 28 de julio 2022	1,021,625.51	17.65%	2,282,671.41	39.44%	786,651.64	13.59%	2,047,697.54	35.38%

Según la tabla 30, se puede apreciar el progreso mensual de la obra en relación a lo planificado, tanto en porcentaje como en soles (S/). En el mes de julio, se aplicaron las correcciones necesarias que permitieron una valorización de S/ 1,021,646.52, lo que corresponde al 17.7% del avance total de la obra. Si no se hubieran aplicado estas medidas, la valorización habría sido de S/ 786,761.75, representando solo el 13.7% del avance total de la obra.

El monto proyectado aproximado sin aplicar las medidas correctivas se determinó por medio del rendimiento de la cuadrilla analizada, ya que mediante el análisis de la carta balance se observó un rendimiento del 25% por debajo del rendimiento programado.

Mediante una formula básica se puede calcular en cuanto con respecto a porcentaje mejoró la productividad.

Porcentaje de mejora en la productividad

$$Pmp = 1 - \frac{786,761.75}{1,021,646.52}$$

$$Pmp = 23\%$$

La implementación de la metodología lea construcción y las herramientas de la calidad contribuyó a una mejora por encima del 20% en el rendimiento de la construcción

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

En primera instancia identificamos que los procesos que analizamos generan costos altos debido a problemas de calidad en la construcción y gestión de materiales. A partir de los datos obtenidos, pudimos observar que los procesos siguen una distribución normal según el histograma, lo que permitió aplicar la metodología Six Sigma de manera efectiva. Al aplicar las herramientas estadísticas de cada etapa DMAMC, se determinó que los niveles de sigma eran bastante bajos, por lo que se implementaron mejoras sugeridas en un contexto simulado.

En segunda instancia, luego de la aplicación de la mejora del nivel sigma, se obtuvo una disminución superior al 70% en los gastos relacionados con la falta de conformidad en los procedimientos de construcción, así como una reducción del 40% en los atrasos de la administración de materiales. Estos logros incrementaron la eficacia y eficiencia de la compañía en general en referencia al proyecto y cumplieron con las normativas de calidad.

En tercera instancia podemos observar en tercer lugar que la aplicación constante de la metodología Lean Construction y las Herramientas de Calidad en este estudio de caso aumentó significativamente la confiabilidad de la planificación, como se evidenció en el incremento de la productividad a pesar de un inicio por debajo de lo programado. Gracias a la implementación de estas metodologías, se logró un rendimiento al 23% y un avance por encima del 80% del avance mensual.

Y por último en cuarta instancia la implementación del Diagrama de Ishikawa permitió identificar y solucionar las causas de la baja productividad, logrando un rendimiento superior. La herramienta PPC se utilizó para monitorear semanalmente las actividades con bajo rendimiento y aplicar medidas correctivas, lo que resultó en un 87% de actividades

cumplidas. La curva "S" se utilizó para monitorear el avance mensual de la productividad con respecto al plan programado.

Recomendaciones

De acuerdo a la primera y segunda conclusión podemos recomendar que la implementación exitosa de la metodología Six Sigma en proyectos de construcción implica establecer sistemas precisos de registro de errores que incluyan información detallada sobre el tipo de error, la cantidad de desviación en relación con los planos y una estimación del costo asociado. Además, es importante monitorear de cerca el rendimiento para poder mejorarlo y alcanzar niveles Six Sigma en las áreas de construcción y gestión, utilizando el método DMAMC de manera efectiva.

De acuerdo a la tercera conclusión podemos recomendar aplicar la Metodología Lean Construction para minimizar las pérdidas en la construcción y detectar actividades poco productivas, lo que ayuda a optimizar la productividad. Por lo tanto, se recomienda utilizar la herramienta Carta Balance para llevar un registro estadístico de las diferentes actividades de trabajo y analizarlas cuidadosamente.

Por último, de acuerdo a la cuarta conclusión podemos recomendar el uso de la herramienta de Análisis de Restricciones en todas las actividades laborales para garantizar un mejor control en el cumplimiento de las tareas programadas. Además, se debe hacer un seguimiento constante del porcentaje de plan cumplido para tener una medición precisa y controlar la información

REFERENCIAS

- Botero, Marcela; Arbeláez, Osiel. (2017). Método ANOVA utilizado para realizar el estudio de repetibilidad y reproducibilidad dentro del control de calidad de un sistema de medición. *Scientia et Technica*, Universidad Tecnológica de Pereira, 6.
- Cano, S. & Botero, L. & Rivera, L. (2017). Evaluación del desempeño de Lean Construction. *Revista Espacios*, 38(39), 30. Recuperado de <https://www.revistaespacios.com/a17v38n39/a17v38n39p30.pdf>
- Cortés, M. & Herrera, R. & Muñoz, F. (2020). Principales requerimientos de una herramienta TI basada en last planner® system. *Revista Ingeniería de Construcción*, 35(2), 126-134. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/345775014_Principales_requerimientos_de_una_herramienta_TI_basada_en_last_plannerR_system
- Hernández, A. (2018). Manual de buenas prácticas para incrementar la productividad en procesos de construcción. Recuperado de <https://revistaconstruir.com/wp-content/uploads/2018/12/manual-debuenas-pr%C3%A1cticas.pdf>
- Herrera, G. & Campo, J. & Bernal, J. & Richard, T. (2017). Modelo de teoría de restricciones con consideraciones de optimización y simulación – Un caso de estudio. *Revista Espacios*, 39(03), 10. Recuperado de <https://www.revistaespacios.com/a18v39n03/a18v39n03p10.pdf>
- Locher, D. (2017). Metodología LEAN en servicios generales, comerciales y administrativos. *Lean Office*, 1era edición. Recuperado de https://books.google.com.pe/books?id=W5UUDgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

- Muñoz, S. & Chinchay, B. & Gonzáles, A. (2020). Beneficios de la aplicación de Lean Construction en la industria de la construcción. Recuperado de <https://rci.cujae.edu.cu/index.php/rci/article/view/767/pdf>
- Pinochet, H. (2020). Diplomado de Gestión de Operaciones Modulo Gestión de CXlaidad y Six Sigma. Santiago: Escuela de Ingeniería UC.
- Marín, N. & Correa, L. (2020). Metodología Lean Construction en la mejora de la producción, caso de estudio: red de alcantarillado Av. Cieza De León - La Purísima. Revista Pakamuros, 8(3), 13-24. Recuperado de <http://revistas.unj.edu.pe/index.php/pakamuros/article/view/135/115>
- Porras, H. & Sánchez, O. & Galvis, J. (2014). Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual. Avances: Investigación en Ingeniería, 11(1), 32-53. Recuperado de <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.298>
- Pons, J. (2014). Introducción a Lean Construction. Fundación Laboral de la Construcción, 1a edición. Recuperado de <http://www.juanfelipepons.com/wpcontent/uploads/2017/02/Introduccion-al-Lean-Construction.pdf>
- Pulakka S. & Vares S. & Nykänen E. & Saari M. & Häkkinen T. (2016). Lean production of cost optimal wooden nZEB. Energy Procedi, 96, 202-211. Recuperado de <https://n9.cl/nbkp>

ANEXOS

Anexo 1. Formato de recolección de datos trabajadores carta balance

TRABAJADORES PARTICIPANTES EN LA CARTA BALANCE DE LA PARTIDA DE CONCRETO			
	Nombre	Código	DNI
1	Vilchez Reyna Alberto	Capataz	06051864
2	Chavez Gonzales Amilcar	Operario	44908405
3	Torres Sanchez Didier Paul	Operario	75862601
4	Cohen Torres Disney	Oficial	00023410
5	Ybañez Morales Edson Diego	Oficial	44202908
6	Calderon Rojas Franck Jordi	Operario Equipo Liviano	73122651
7	Bellido Luna Frank	Operario Equipo Liviano	70821119
8	Ponce Lagos Ivan Carlos	Peón	73060863
9	Torres Ñahuis Jhon Oswaldo	Peón	76633204

CARTA BALANCE N° 1 – MEDICION EN CAMPO

Proyecto: Remodelación del Pabellón 7 del centro comercial Minka, Callao – 2022

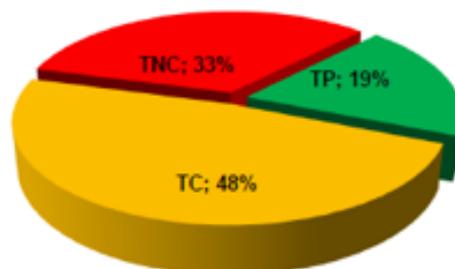
Elaborado por: Nicolás Martín Peralta Ortiz

ACTIVIDAD FECHA **14/06/2022**

Partida de Concreto f'c= 210 kg/cm2 para zapatas HH Inicio: 10.30 am

HH Fin: 11.40 am

MED	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	DI	TME	RI	TME	RI	RI	RI	TME	TME
2	DI	TME	RI	TME	E	RI	RI	TME	TME
3	TME	UC	E	UC	TME	TME	TME	TME	UC
4	DI	UC	E	UC	TME	TME	TME	TME	E
5	UC	TME	TME	DH	DH	TME	TME	UC	E
6	CV	E	TME	E	CV	CV	CV	UC	CV
7	CV	E	DH	E	CV	CV	CV	UC	CV
8	DI	VC	DH	DH	E	PCO	PCO	CV	TME
9	DI	VC	VC	VC	VC	PCO	PCO	CV	TME
10	DI	VC	VC	VC	VC	PCO	PCO	TME	E
11	DI	TR	VC	VC	VC	PCO	PCO	TME	E
12	UC	TR	E	VC	VC	PCO	PCO	UC	MV
13	UC	TR	E	VC	UC	PCO	PCO	UC	MV
14	DI	TR	VC	TR	VA	PCO	UC	TME	VA
15	TME	UC	VC	TR	E	PCO	PCO	TME	VC
16	DI	VC	VC	TR	E	PCO	PCO	TME	VC
17	DI	VC	UC	VC	UC	PCO	PCO	TME	VC
18	DI	UC	TR	VC	VC	UC	PCO	TME	VC
19	DI	UC	TR	E	VA	PCO	PCO	E	DH
20	UC	VC	DH	E	TR	PCO	PCO	VC	VC
21	DI	VC	UC	E	TR	PCO	PCO	VC	VC
22	DI	UC	VC	VC	VC	PCO	PCO	VC	VC
23	DI	VC	VC	VC	VC	PCO	PCO	VC	VC
24	UC	VC	VC	TME	TME	PCO	PCO	VC	VC
25	DI	VC	RI	TME	TME	PCO	PCO	VC	VC
26	DI	TME	RI	TME	E	RI	RI	TME	TME
27	TME	UC	E	UC	TME	TME	TME	TME	UC
28	DI	UC	UC	UC	TME	TME	TME	TME	E
29	UC	TME	TME	DH	DH	TME	TME	UC	E
30	UC	E	E	E	CV	PCO	PCO	UC	TME
31	DI	E	DH	E	E	PCO	PCO	TME	TME
32	TME	VC	VC	DH	E	PCO	PCO	TME	TME
33	TME	VC	VC	VC	VC	PCO	PCO	TME	TME
34	TME	VC	VC	VC	VC	PCO	PCO	TME	E
35	DI	TR	VC	VC	VC	PCO	PCO	TME	E
36	UC	TR	E	VC	VC	PCO	PCO	UC	MV
37	UC	TR	E	VC	UC	PCO	PCO	UC	MV
38	DI	TR	TR	TR	VA	PCO	UC	TME	VA
39	DI	UC	VC	TR	E	PCO	PCO	TME	VC
40	DI	VC	TME	VC	VC	PCO	PCO	TME	E



CARTA BALANCE N° 2 – MEDICION EN CAMPO																																											
Proyecto: Remodelación del Pabellón 7 del centro comercial Minka, Callao – 2022																																											
Elaborado por: Nicolás Martín Peralta Ortiz																																											
ACTIVIDAD	FECHA	26/06/2022																																									
Partida de Concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ para columnas	HH Inicio:	9.30 am																																									
	HH Fin:	10.40 am																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Trabajo productivo:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CC</td> <td>Colocado de concreto</td> </tr> <tr> <td>VDC</td> <td>Vibrado de concreto</td> </tr> <tr> <th></th> <th>Trabajo contributorio:</th> </tr> <tr> <td>PDC</td> <td>Preparado del concreto</td> </tr> <tr> <td>TDC</td> <td>Traslado del concreto</td> </tr> <tr> <td>VNC</td> <td>Verificación de nivel de vaciado de concreto</td> </tr> <tr> <td>THE</td> <td>Transporte de materiales, equipos y herramientas</td> </tr> <tr> <td>AA</td> <td>Armado de andamios</td> </tr> <tr> <td>CV</td> <td>Colocado de arnés y línea de vida</td> </tr> <tr> <td>RI</td> <td>Recibir instrucciones</td> </tr> <tr> <td>DI</td> <td>Dar instrucciones</td> </tr> <tr> <th></th> <th>Trabajo no contributorio:</th> </tr> <tr> <td>TR</td> <td>Trabajos rehechos</td> </tr> <tr> <td>SH</td> <td>Ir a SSHH en más de una ocasión</td> </tr> <tr> <td>UC</td> <td>Usar el celular</td> </tr> <tr> <td>DH</td> <td>Descansar o hacer hora</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>Esperas</td> </tr> </tbody> </table>					Trabajo productivo:	CC	Colocado de concreto	VDC	Vibrado de concreto		Trabajo contributorio:	PDC	Preparado del concreto	TDC	Traslado del concreto	VNC	Verificación de nivel de vaciado de concreto	THE	Transporte de materiales, equipos y herramientas	AA	Armado de andamios	CV	Colocado de arnés y línea de vida	RI	Recibir instrucciones	DI	Dar instrucciones		Trabajo no contributorio:	TR	Trabajos rehechos	SH	Ir a SSHH en más de una ocasión	UC	Usar el celular	DH	Descansar o hacer hora	E	Esperas				
	Trabajo productivo:																																										
CC	Colocado de concreto																																										
VDC	Vibrado de concreto																																										
	Trabajo contributorio:																																										
PDC	Preparado del concreto																																										
TDC	Traslado del concreto																																										
VNC	Verificación de nivel de vaciado de concreto																																										
THE	Transporte de materiales, equipos y herramientas																																										
AA	Armado de andamios																																										
CV	Colocado de arnés y línea de vida																																										
RI	Recibir instrucciones																																										
DI	Dar instrucciones																																										
	Trabajo no contributorio:																																										
TR	Trabajos rehechos																																										
SH	Ir a SSHH en más de una ocasión																																										
UC	Usar el celular																																										
DH	Descansar o hacer hora																																										
E	Esperas																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Actividad</th> <th>Nombre</th> <th>Código</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I</td> <td>Concreto</td> <td>Vilchez Reyna Alberto</td> <td>Capataz</td> </tr> <tr> <td>II</td> <td>Concreto</td> <td>Chávez Gonzales Amilcar</td> <td>Operario</td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>Concreto</td> <td>Torres Sánchez Didier Paul</td> <td>Operario</td> </tr> <tr> <td>IV</td> <td>Concreto</td> <td>Cohen Torres Disney</td> <td>Oficial</td> </tr> <tr> <td>V</td> <td>Concreto</td> <td>Ybañez Morales Edson Diego</td> <td>Oficial</td> </tr> <tr> <td>VI</td> <td>Concreto</td> <td>Calderón Rojas Franck Jordi</td> <td>Operario Equipo Liviano</td> </tr> <tr> <td>VII</td> <td>Concreto</td> <td>Bellido Luna Frank</td> <td>Operario Equipo Liviano</td> </tr> <tr> <td>VIII</td> <td>Concreto</td> <td>Ponce Lagos Ivan Carlos</td> <td>Peón</td> </tr> <tr> <td>IX</td> <td>Concreto</td> <td>Torres Ñahuis Jhon Oswldo</td> <td>Peón</td> </tr> </tbody> </table>					Actividad	Nombre	Código	I	Concreto	Vilchez Reyna Alberto	Capataz	II	Concreto	Chávez Gonzales Amilcar	Operario	III	Concreto	Torres Sánchez Didier Paul	Operario	IV	Concreto	Cohen Torres Disney	Oficial	V	Concreto	Ybañez Morales Edson Diego	Oficial	VI	Concreto	Calderón Rojas Franck Jordi	Operario Equipo Liviano	VII	Concreto	Bellido Luna Frank	Operario Equipo Liviano	VIII	Concreto	Ponce Lagos Ivan Carlos	Peón	IX	Concreto	Torres Ñahuis Jhon Oswldo	Peón
	Actividad	Nombre	Código																																								
I	Concreto	Vilchez Reyna Alberto	Capataz																																								
II	Concreto	Chávez Gonzales Amilcar	Operario																																								
III	Concreto	Torres Sánchez Didier Paul	Operario																																								
IV	Concreto	Cohen Torres Disney	Oficial																																								
V	Concreto	Ybañez Morales Edson Diego	Oficial																																								
VI	Concreto	Calderón Rojas Franck Jordi	Operario Equipo Liviano																																								
VII	Concreto	Bellido Luna Frank	Operario Equipo Liviano																																								
VIII	Concreto	Ponce Lagos Ivan Carlos	Peón																																								
IX	Concreto	Torres Ñahuis Jhon Oswldo	Peón																																								

CARTA BALANCE N° 2 – MEDICION EN CAMPO

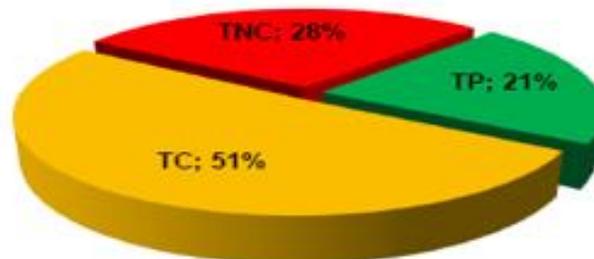
Proyecto: Remodelación del Pabellón 7 del centro comercial Minka, Callao – 2022

Elaborado por: Nicolás Martín Peralta Ortiz

ACTIVIDAD FECHA **26/06/2022**

Partida de Concreto f'c= 210 kg/cm ² para columnas	HH Inicio:	9.30 am
	HH Fin:	10.40 am

MED	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	DI	RI	UC	RI	RI	RI	RI	UC	UC
2	DI	RI	THE	THE	THE	THE	THE	THE	RI
3	E	THE	THE						
4	DI	THE	UC	THE	THE	THE	THE	THE	THE
5	DI	THE	THE	CV	CV	CV	CV	AA	AA
6	E	THE	THE	CC	CC	E	E	AA	AA
7	DI	RI	PDC	RI	RI	SH	TR	AA	AA
8	DI	RI	PDC	E	E	UC	E	AA	AA
9	UC	PDC	PDC	CC	CC	E	E	TDC	TDC
10	RI	PDC	UC	CC	CC	VDC	VDC	TDC	PDC
11	RI	PDC	PDC	CC	E	VDC	VDC	TDC	PDC
12	SH	PDC	PDC	CC	CC	VDC	E	RI	PDC
13	RI	E	UC	UC	UC	UC	CC	UC	SH
14	UC	PDC	PDC	CC	CC	VDC	VDC	TDC	UC
15	VNC	UC	PDC	CC	CC	VDC	VDC	UC	PDC
16	DI	PDC	PDC	CC	CC	SH	VDC	TDC	PDC
17	RI	UC	UC	E	E	VDC	E	SH	PDC
18	SH	PDC	PDC	CC	CC	VDC	VDC	E	E
19	VNC	PDC	E	CC	CC	VDC	VDC	TDC	TDC
20	DI	PDC	PDC	CC	CC	DH	DH	TDC	TDC
21	DI	PDC	PDC	CC	CC	UC	THE	E	PDC
22	VNC	E	E	CC	CC	THE	THE	TDC	E
23	DI	RI	RI	CC	SH	E	E	UC	THE
24	RI	PDC	PDC	E	E	VNC	VNC	DH	THE
25	DI	PDC	PDC	RI	RI	VNC	VNC	UC	UC
26	DI	PDC	UC	CC	CC	DH	VNC	TDC	TDC
27	VNC	PDC	PDC	SH	SH	VDC	VDC	DH	DH
28	VNC	RI	RI	CC	CC	VDC	VDC	UC	UC
29	VNC	PDC	PDC	THE	THE	SH	SH	RI	RI
30	VNC	PDC	PDC	CC	CC	UC	UC	TDC	TDC
31	DI	PDC	UC	E	E	VDC	VDC	E	E
32	DI	PDC	PDC	UC	UC	VDC	VDC	TDC	TDC
33	VNC	PDC	PDC	DH	CC	TR	TR	SH	TDC
34	DI	E	PDC	CC	DH	VDC	VDC	UC	UC
35	SH	PDC	PDC	CC	CC	VDC	VDC	TDC	TDC
36	VNC	PDC	SH	CC	E	VDC	E	TDC	DH
37	VNC	PDC	PDC	CC	CC	DH	VDC	UC	TDC
38	E	E	PDC	CC	CC	VDC	VDC	RI	RI
39	VNC	UC	UC	UC	UC	UC	VDC	THE	THE
40	VNC	THE	THE	THE	THE	VDC	VDC	THE	DH



CARTA BALANCE N° 3 – MEDICION EN CAMPO

Proyecto: Remodelación del Pabellón 7 del centro comercial Minka, Callao – 2022

Elaborado por: Nicolás Martín Peralta Ortiz

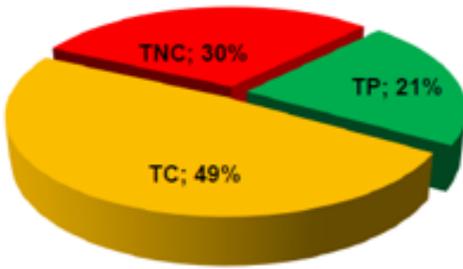
ACTIVIDAD	FECHA	05/07/2022
Partida de Concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ para vigas	HH Inicio:	10.30 am
	HH Fin:	11.40 am

Trabajo productivo:	
CC	Colocado de concreto
VB	Vibrado de concreto
VA	Verificación de Aplomo /Recubrimiento
Trabajo contributorio:	
MV	Movilización de vibradora
THE	Transporte de materiales, equipos y herramientas
CV	Colocado de arnés y línea de vida
RI	Recibir instrucciones
PCO	Preparado del concreto en obra
DI	Dar instrucciones
Trabajo no contributorio:	
TR	Trabajos rehechos
UC	Usar el celular
DH	Descansar o hacer hora
E	Esperas

	Actividad	Nombre	Código
I	Concreto	Vilchez Reyna Alberto	Capataz
II	Concreto	Chávez Gonzales Amilcar	Operario
III	Concreto	Torres Sánchez Didier Paul	Operario
IV	Concreto	Cohen Torres Disney	Oficial
V	Concreto	Ybañez Morales Edson Diego	Oficial
VI	Concreto	Calderón Rojas Franck Jordi	Operario Equipo Liviano
VII	Concreto	Bellido Luna Frank	Operario Equipo Liviano
VIII	Concreto	Ponce Lagos Ivan Carlos	Peón
IX	Concreto	Torres Ñahuis Jhon Oswldo	Peón

CARTA BALANCE N° 3 – MEDICION EN CAMPO											
Proyecto: Remodelación del Pabellón 7 del centro comercial Minka, Callao – 2022											
Elaborado por: Nicolás Martín Peralta Ortiz											
ACTIVIDAD						FECHA	05/07/2022				
Partida de Concreto f'c= 210 kg/cm2 para vigas						HH Inicio:	10.30 am				
						HH Fin:	11.40 am				

MED	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	DI	TME	RI	TME	RI	RI	RI	TME	TME
2	DI	TME	RI	TME	E	RI	RI	TME	TME
3	TME	UC	E	UC	TME	TME	TME	TME	UC
4	DI	UC	E	UC	TME	TME	TME	TME	E
5	UC	TME	TME	DH	DH	TME	TME	UC	E
6	CV	E	TME	E	CV	CV	CV	UC	CV
7	CV	E	DH	E	CV	CV	CV	UC	CV
8	DI	VC	DH	DH	E	PCO	PCO	CV	TME
9	DI	VC	VC	VC	VC	PCO	PCO	CV	TME
10	DI	VC	VC	VC	VC	PCO	PCO	TME	E
11	DI	TR	VC	VC	VC	PCO	PCO	TME	E
12	UC	TR	E	VC	VC	PCO	PCO	UC	MV
13	UC	TR	E	VC	UC	PCO	PCO	UC	MV
14	DI	TR	VC	TR	VA	PCO	UC	TME	VA
15	TME	UC	VC	TR	E	PCO	PCO	TME	VC
16	DI	VC	VC	TR	E	PCO	PCO	TME	VC
17	DI	VC	UC	VC	UC	PCO	PCO	TME	VC
18	DI	UC	TR	VC	VC	UC	PCO	TME	VC
19	DI	UC	TR	E	VA	PCO	PCO	E	DH
20	UC	VC	DH	E	TR	PCO	PCO	VC	VC
21	DI	VC	UC	E	TR	PCO	PCO	VC	VC
22	DI	UC	VC	VC	VC	PCO	PCO	VC	VC
23	DI	VC	VC	VC	VC	PCO	PCO	VC	VC
24	UC	VC	VC	TME	TME	PCO	PCO	VC	VC
25	DI	VC	RI	TME	TME	PCO	PCO	VC	VC
26	DI	TME	RI	TME	E	RI	RI	TME	TME
27	TME	UC	E	UC	TME	TME	TME	TME	UC
28	DI	UC	UC	UC	TME	TME	TME	TME	E
29	UC	TME	TME	DH	DH	TME	TME	UC	E
30	UC	E	E	E	CV	PCO	PCO	UC	TME
31	DI	E	DH	E	E	PCO	PCO	TME	TME
32	TME	VC	VC	DH	E	PCO	PCO	TME	TME
33	TME	VC	VC	VC	VC	PCO	PCO	TME	TME
34	TME	VC	VC	VC	VC	PCO	PCO	TME	E
35	DI	TR	VC	VC	VC	PCO	PCO	TME	E
36	UC	TR	E	VC	VC	PCO	PCO	UC	MV
37	UC	TR	E	VC	UC	PCO	PCO	UC	MV
38	DI	TR	TR	TR	VA	PCO	UC	TME	VA
39	DI	UC	VC	TR	E	PCO	PCO	TME	VC
40	DI	VC	TME	VC	VC	PCO	PCO	TME	E



TNC; 30%
TP; 21%
TC; 49%

CARTA BALANCE N° 4 – MEDICION EN CAMPO

Proyecto: Remodelación del Pabellón 7 del centro comercial Minka, Callao – 2022

Elaborado por: Nicolás Martín Peralta Ortiz

ACTIVIDAD	FECHA	05/07/2022
Partida de Concreto $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ para losa aligerada	HH Inicio:	10.30 am
	HH Fin:	11.40 am

	Trabajo productivo:
VC	Vaciado de concreto
VB	Vibrado de concreto
VA	Verificación de nivel recubrimiento
	Trabajo contributorio:
MV	Movilización de vibradora
THE	Transporte de materiales, equipos y herramientas
CV	Colocado de arnés y línea de vida
RI	Recibir instrucciones
PCO	Preparado del concreto en obra
DI	Dar instrucciones
	Trabajo no contributorio:
TR	Trabajos rehechos
UC	Usar el celular
DH	Descansar o hacer hora
E	Esperas

	Actividad	Nombre	Código
I	Concreto	Vilchez Reyna Alberto	Capataz
II	Concreto	Chávez Gonzales Amilcar	Operario
III	Concreto	Torres Sánchez Didier Paul	Operario
IV	Concreto	Cohen Torres Disney	Oficial
V	Concreto	Ybañez Morales Edson Diego	Oficial
VI	Concreto	Calderón Rojas Franck Jordi	Operario Equipo Liviano
VII	Concreto	Bellido Luna Frank	Operario Equipo Liviano
VIII	Concreto	Ponce Lagos Ivan Carlos	Peón
IX	Concreto	Torres Ñahuis Jhon Oswlido	Peón

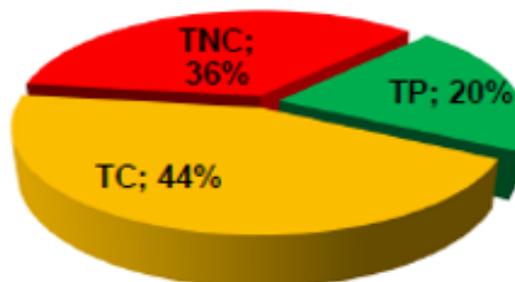
CARTA BALANCE N° 4 – MEDICION EN CAMPO

Proyecto: Remodelación del Pabellón 7 del centro comercial Minka, Callao – 2022

Elaborado por: Nicolás Martín Peralta Ortiz

ACTIVIDAD	FECHA	05/07/2022
Partida de Concreto f'c= 210 kg/cm2 para losa aligerada	HH Inicio:	10.30 am
	HH Fin:	11.40 am

MED	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	DI	TME	RI	TME	RI	RI	RI	TME	TME
2	DI	TME	RI	TME	E	RI	RI	TME	DH
3	DI	UC	E	UC	TME	TME	TME	TME	UC
4	DI	UC	E	UC	TME	TME	TME	TME	E
5	UC	TME	TME	DH	DH	TME	TME	UC	E
6	UC	E	TME	E	CV	PCO	PCO	UC	TME
7	DI	E	UC	E	E	PCO	PCO	TME	TME
8	DI	VC	DH	DH	E	PCO	PCO	TME	TME
9	DI	VC	VC	VC	VC	PCO	DH	TME	TME
10	DI	VC	VC	VC	VC	PCO	PCO	TME	E
11	DI	TR	VC	VC	VC	DH	PCO	TME	E
12	UC	TR	E	UC	VC	DH	PCO	UC	MV
13	UC	TR	E	VC	UC	PCO	PCO	UC	MV
14	DI	TR	VC	TR	VA	PCO	UC	TME	VA
15	DI	UC	VC	TR	E	UC	PCO	TME	VC
16	DI	E	VC	TR	E	UC	PCO	TME	VC
17	DI	VC	UC	VC	UC	PCO	UC	TME	DH
18	DI	UC	TR	VC	VC	PCO	PCO	TME	VC
19	RI	UC	TR	E	VA	PCO	PCO	E	DH
20	RI	VC	DH	E	TR	PCO	PCO	VC	VC
21	RI	VC	UC	E	TR	PCO	PCO	VC	VC
22	RI	UC	VC	VC	VC	PCO	UC	VC	VC
23	RI	DH	VC	VC	VC	PCO	PCO	DH	VC
24	DH	VC	VC	TME	TME	PCO	PCO	VC	VC
25	DH	VC	RI	TME	TME	PCO	PCO	VC	VC
26	DI	TME	RI	TME	E	RI	RI	TME	TME
27	DI	UC	E	UC	TME	TME	TME	TME	UC
28	DI	UC	UC	UC	TME	TME	TME	TME	E
29	UC	TME	TME	DH	DH	TME	TME	UC	E
30	UC	E	E	E	CV	PCO	PCO	UC	TME
31	DI	E	DH	E	E	PCO	PCO	TME	TME
32	DI	VC	VC	DH	E	TME	DH	TME	DH
33	DH	VC	UC	VC	VC	PCO	PCO	TME	TME
34	DH	E	VC	VB	VC	PCO	UC	TME	E
35	DI	TR	VC	VC	VC	TME	PCO	TME	E
36	UC	VB	E	VC	VC	PCO	PCO	UC	MV
37	UC	TR	VB	VC	UC	UC	PCO	DH	MV
38	DI	TR	TR	TR	VA	PCO	UC	TME	VA
39	DI	UC	VC	TR	VA	PCO	PCO	TME	VB
40	DI	UC	VC	TR	VA	PCO	PCO	TME	VB



Anexo 3. Panel Fotográfico

Figura 92

Falta de orden y limpieza en obra



Figura 93

Desorden en obra



Figura 94

Desorden y riesgo en obra materiales expuestos



Figura 95

Charla para mejorar el orden y limpieza



Figura 96

Capacitación del personal en las partidas de concreto



Figura 97

Mejorando el orden y limpieza en obra



Figura 98

Recolección de desperdicios y embolsado de los mismos

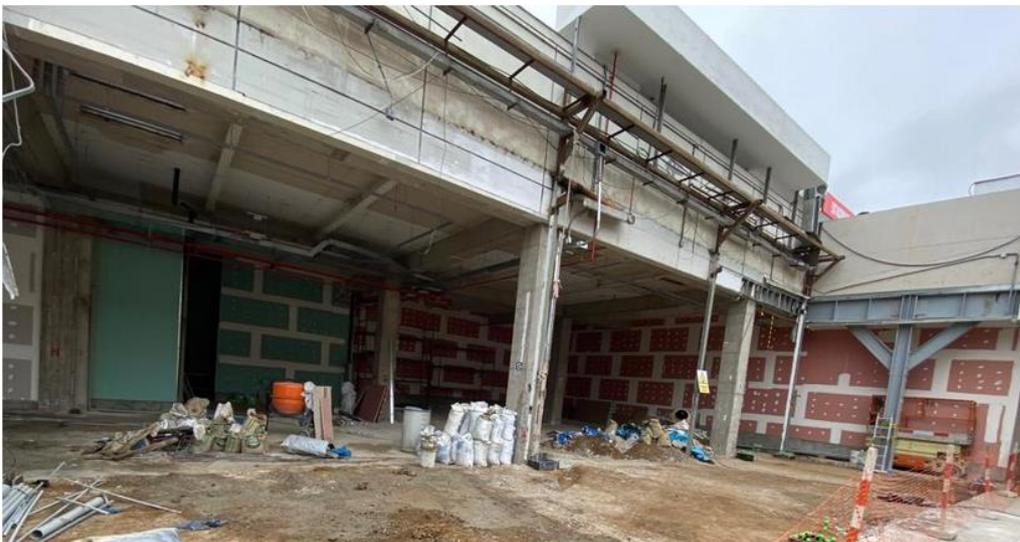


Figura 99

Area ordenada y delimitada para la ejecución de las partidas



Figura 100

Cavado de zapata



Figura 101

Solado de zapata corroborando medidas



Figura 102

Solado de zapata



Figura 103

Encofrado correcto de zapata esquinera



Figura 104

Encofrado correcto de zapata céntrica



Figura 105

Prueba de Slump para verificar el asentamiento del concreto



Figura 106

Llenado de probetas para verificar el $f'c$



Figura 107

Vaceado de zapata



Figura 108

Vaceado de zapata de manera correcta sin fallas

