

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	08-07-2021	B
Dependencia	Aprobado		Pág.	
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	SUBDIRECTOR ACADEMICO		1(161)	

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	Mario Rafael De Jesús Fonseca Mejía		
FACULTAD	Facultad de ingeniería		
PLAN DE ESTUDIOS	Maestría En Construcción		
DIRECTOR	Mtr. Javier Alfonso Cárdenas Gutiérrez Mtr. Nelson García Afanador		
TÍTULO DE LA TESIS	Metodología para el control de calidad en la construcción de elementos estructurales de edificaciones verticales, aplicada al caso de estudio del edificio laboratorios de física de la Universidad Francisco de Paula Santander Cúcuta		
TITULO EN INGLES	Methodology For Quality Control In The Construction Of Structural Elements Of Vertical Buildings, Applied To The Case Study Of The Physics Laboratories Building At The Francisco De Paula Santander University In Cúcuta.		
RESUMEN (70 palabras)			
<p>Los defectos estructurales ocurren debido a la falta de garantía de calidad y procesos de control de calidad, detalles de diseño deficientes y prácticas, métodos y mano de obra de secuencia de construcción deficientes en los sitios de construcción. Los defectos estructurales se pueden minimizar mejorando las prácticas de calidad en la construcción. Para minimizar los defectos estructurales, es muy importante comprender los defectos y las causas fundamentales.</p>			
RESUMEN EN INGLES			
<p>Structural defects occur due to lack of quality assurance and quality control processes, poor design details, and poor construction sequence practices, methods and workmanship at construction sites. Structural defects can be minimized by improving quality construction practices. To minimize structural defects, it is very important to understand the defects and root causes.</p>			
PALABRAS CLAVES	Metodología, Calidad, Estructurales, Construcción, Edificio.		
PALABRAS CLAVES EN INGLES	Methodology, Quality, Structural, Construction, Building.		
CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS: 167	PLANOS:	ILUSTRACIONES:	CD-ROM:



Metodología para el control de calidad en la construcción de elementos estructurales de edificaciones verticales, aplicada al caso de estudio del edificio laboratorios de física de la Universidad Francisco de Paula Santander Cúcuta

Mario Rafael De Jesús Fonseca Mejía

Facultad De Ingeniería, Universidad Francisco De Paula Santander Ocaña

Programa De Maestría En Construcción

Mtr. Javier Alfonso Cárdenas Gutiérrez

Mtr. Nelson García Afanador

26 octubre 2023

Índice

Capítulo 1. Metodología para el control de calidad en la construcción de elementos estructurales de edificaciones verticales, aplicada al caso de estudio del edificio laboratorios de física de la universidad Francisco de Paula Santander Cúcuta.....	8
1.2 Formulación del problema	10
1.3 Objetivos	10
1.3.1 General.	10
1.3.2 Objetivos específicos	11
1.4 Justificación.....	11
1.5 Delimitaciones.....	13
1.5.1 Geográficas.	14
1.5.2 Temporales.	14
1.5.3 Conceptuales.	14
1.5.4 Operativa.	14
Capítulo 2. Marco referencial	16
2.1 Marco histórico	16
2.1.1 Antecedentes	20
2.1.2 Desarrollo del concepto de Lean Construction	22
2.2 Marco conceptual	23
2.2.1 Mala calidad, defectos, retrabajos y mantenimiento.	24
2.2.2 Tamaño, naturaleza e impacto del retrabajo.	25
2.2.3 Six Sigma	26
2.3 Marco contextual.....	29
2.3.1 Nacimiento del Six Sigma.....	29
2.3.2 La estructura de soporte de Six Sigma.....	30
2.3.3 Metodología DMAIC	31
2.4 marco teórico.....	33
2.4.1 Especificar valor.....	33
2.4.2 Identificar y mapear el flujo de valor	33
2.4.3 Flujos.....	35

2.4.4 Pull	36
2.4.5 Perfección.....	37
2.5 Marco legal.....	38
Capítulo 3. Diseño Metodológico	40
3.1 Tipo de investigación	40
3.2 Seguimiento metodológico del proyecto.....	40
3.3 Población.....	41
3.4 Muestra.....	41
3.5 Técnicas de recolección de la información	41
3.6 Análisis de la información	42
Capítulo 4. Resultados	43
4.1. Evaluar los procesos constructivos de elementos estructurales en el proyecto Edificio Laboratorio de Física de la Universidad Francisco de Paula Santander Cúcuta, mediante la identificación de los requerimientos necesarios para la gestión y control de calidad. 43	
4.1.1 Descripción del proyecto.....	43
4.1.2 Localización del proyecto	43
4.1.3 Características generales del proyecto	44
4.1.4 Evaluación de los procesos constructivos con fines de gestión de calidad	45
4.2. Analizar el desempeño real del proyecto Edificio Laboratorio de Física de la Universidad Francisco de Paula Santander Cúcuta, con respecto a los principios que establece la Filosofía Lean Construction para identificar las fortalezas y debilidades del proyecto.	56
4.2.1 Identificación de los principios Lean	56
4.2.2 Recopilación de datos e información del proyecto	59
4.2.3 Identificación de desperdicios.....	71
4.2.4 Medición del desempeño.....	79
4.2.5 Identificación de fortalezas y debilidades	85
4.3. Proponer una metodología para la gestión y control de calidad en la construcción de elementos estructurales en edificaciones verticales apoyados en los principios del seis SIGMA. 100	
4.3.1 Seis SIGMA	101
4.3.2 Fundamentación de la metodología propuesta.....	104

4.3.3 Metodología propuesta.....	107
Conclusiones	114
Referencias	116

Lista de figuras

Figura 1 El viaje de calidad de China	16
Figura 2 El enfoque del griego en la ley	17
Figura 3 Localización del Proyecto.....	44
Figura 4 Duración del proyecto en semanas	64
Figura 5 Valor total del proyecto por capítulos.....	68
Figura 6 Diagrama de la metodología propuesta.....	108

Lista de tablas

Tabla 1. Modelo metodológico	40
Tabla 2. Evaluación de los procesos constructivos - Preliminares	47
Tabla 3. Evaluación de los procesos constructivos – Estructuras de concreto	50
Tabla 4. Cronograma de actividades del proyecto	60
Tabla 5. Presupuesto del proyecto	65
Tabla 6. Análisis de Pareto.....	70
Tabla 7. Identificación de desperdicios – Preliminares	72
Tabla 8. Identificación de desperdicios – Estructuras de concreto	72
Tabla 9. Medición del desempeño – Preliminares	82
Tabla 10. Medición del desempeño – Estructuras de concreto	83

Introducción

Al evaluar los resultados de la construcción y las estructuras de los edificios, la calidad de los edificios y el trabajo de construcción individual es un tema frecuente y legítimo. Para lograr la calidad requerida, la calidad debe estar predefinida por las características acordadas, los índices de las marcas de calidad y los valores de sus parámetros. Al mismo tiempo, es necesario conocer los procedimientos, las operaciones de trabajo que conducen al cumplimiento y los pasos que verificarán los parámetros de calidad y los criterios con los que evaluaríamos la calidad. La estructura construida es un producto asociado con la expectativa de una larga vida útil y durabilidad, generalmente en el rango de 50 a 100 años. Así, la relación entre la calidad y el tiempo es en gran medida decisiva, al igual que los intervalos de tiempo en los que se evaluará la calidad y la durabilidad. Para cumplir efectivamente con los requisitos de calidad, es necesario establecer procedimientos que traduzcan las necesidades de control de calidad en los lineamientos para las fases desde el diseño hasta la operación, mantenimiento y reparación de las estructuras.

Este trabajo de maestría busca elaborar una metodología para la gestión y control de calidad en la construcción de elementos estructurales en edificaciones verticales basado en la norma colombiana vigente NSR-10. Para ello se ha seleccionado como objeto de estudio el Laboratorio de Física de la Universidad Francisco de Paula Santander Cúcuta, al cual se le realizará la identificación de los requerimientos necesarios para la gestión y control de calidad en la construcción de sus elementos estructurales.

Capítulo 1. Metodología para el control de calidad en la construcción de elementos estructurales de edificaciones verticales, aplicada al caso de estudio del edificio laboratorios de física de la universidad Francisco de Paula Santander Cúcuta

1.1 Planteamiento del problema

Los defectos estructurales se consideran problemas recurrentes en la industria de la construcción. El término "defectos estructurales" o "structural defects" ha sido abordado por diferentes investigadores, quienes coinciden en mencionar esta situación como una deficiencia en las prácticas de diseño y construcción. Los defectos de diseño y construcción son aquellos que son causados por métodos de construcción no estándar, materiales deficientes y malas prácticas laborales.

Por lo general, los defectos estructurales ocurren debido a la falta de garantía de calidad y procesos de control de calidad, detalles de diseño deficientes y prácticas, métodos y mano de obra de secuencia de construcción deficientes en los sitios de construcción. Los defectos estructurales se pueden minimizar mejorando las prácticas de calidad en la construcción. Para minimizar los defectos estructurales, es muy importante comprender los defectos y las causas fundamentales.

Las malas prácticas de construcción y la negligencia, como la vibración inadecuada, la adición de cantidades inadecuadas de agua a la mezcla de concreto, el curado inadecuado y la supervisión técnica insuficiente pueden causar muchos defectos en el concreto. El diseño

adecuado de la mezcla, la colocación, el curado del concreto y la presencia de un contratista experimentado son factores esenciales para prevenir errores de construcción, además de un adecuado control de la calidad de los procesos desarrollados en obra.

Debido a la falta de calidad y supervisión en los proyectos de construcción vertical en Colombia, en los últimos años se han presentado una serie de edificaciones con alto riesgo de desplome y algunas derrumbadas, como lo es el caso del edificio el Portal Blas de Lezo II, de la ciudad de Cartagena, el cual el 17 de abril de 2017 colapso durante su etapa constructiva y según Pantoja (2019), dejó un saldo de 21 muertos y 22 heridos. Otro caso importante que deja ver la importancia de la gestión y control de calidad en la construcción de edificaciones verticales corresponde a la etapa 6 del edificio Space en la ciudad de Medellín, en donde según Yamin, et al. (2018) La principal causa del colapso estuvo asociada a las deficientes capacidades estructurales de las columnas del edificio en relación con las cargas muertas y de servicio impuestas al momento del colapso. La ocurrencia de altos asentamientos diferenciales, los altos esfuerzos de compresión en columnas principales, los trabajos de reparación que se realizaron minutos antes del colapso, y se identificó como probables causas secundarias y factores detonantes del colapso del edificio, la probable falla por cortante de vigas y la falla por compresión de tabiques durante las obras de reparación.

De acuerdo con lo anterior la gestión y control de calidad es uno de los factores principales que garantiza el éxito de un proyecto de construcción, razón por la cual con la presente propuesta de investigación se busca brindar herramientas metodológicas de supervisión y control de las diferentes etapas constructivas que conlleva a una edificación vertical, haciendo

énfasis en la etapa constructiva de elementos estructurales, como lo es la cimentación, columnas, vigas, losas, muros y escaleras.

1.2 Formulación del problema

El problema de investigación se plantea mediante los siguientes interrogantes:

- ¿Son considerados los principios de calidad en las edificaciones verticales de la ciudad de Cúcuta, en particular, el edificio Laboratorios de Física de la Universidad Francisco de Paula Santander?

- ¿Qué metodología para la gestión y control de calidad se adecuará mejor a la construcción de elementos estructurales de edificaciones verticales cumpliendo con la normatividad colombiana NSR-10?

1.3 Objetivos

1.3.1 General.

Diseñar una metodología para la gestión y control de calidad en la construcción de elementos estructurales en edificaciones verticales basado en la norma colombiana vigente NSR-10.

1.3.2 Objetivos específicos

- Evaluar los procesos constructivos de elementos estructurales en el proyecto Edificio Laboratorio de Física de la Universidad Francisco de Paula Santander Cúcuta, mediante la identificación de los requerimientos necesarios para la gestión y control de calidad.

- Analizar el desempeño real del proyecto Edificio Laboratorio de Física de la Universidad Francisco de Paula Santander Cúcuta, con respecto a los principios que establece la Filosofía Lean Construction para identificar las fortalezas y debilidades del proyecto.

- Proponer una metodología para la gestión y control de calidad en la construcción de elementos estructurales en edificaciones verticales apoyados en los principios del seis SIGMA.

1.4 Justificación

Los defectos de construcción han seguido desconcertando a la industria de la construcción durante años. Son una de las causas más comunes de disputas en la industria. Los defectos de construcción pueden ser el resultado de un defecto en la mano de obra, los materiales de diseño o la falla del sistema. Estos defectos conducen a fallas en partes del edificio o la estructura que se está construyendo. Los defectos de construcción son una amenaza para la seguridad del edificio y pueden provocar daños a la persona o a la propiedad.

Para evitar realmente que ocurran defectos de construcción, primero se deben comprender las fuentes de los defectos. Los ejemplos más comunes de defectos de calidad en la

construcción incluyen; grietas en el techo, tuberías con fugas, sistemas eléctricos defectuosos y muchos otros. Materiales de baja calidad, falta de auditoría, falta de supervisión adecuada, complejidad del diseño, concepto de diseño, entre otros, son algunas de las fuentes comunes de defectos de construcción. La peor fuente del defecto a veces se debe a que no existe un sistema de calidad que rija el proyecto o incluso en la empresa. La falta del sistema puede impulsar a posibles pérdidas de flujo financiero del proyecto.

El control de calidad de la construcción está en el corazón de la industria de la construcción. Los proyectos de construcción crean y entregan los activos y la infraestructura en los que las personas confían para moverse y llevar a cabo la vida de manera segura. Debido a esto, cada suministro, cada equipo y cada actividad realizada en proyectos de construcción deben llevarse a cabo de tal manera que la calidad pueda estar casi garantizada. Y donde no se pueda, debe haber pruebas adecuadas para detectar estos percances y rectificarlos antes del final del proyecto o el final de esa fase de obras.

En el campo estructural, generalmente se pueden diferenciar tres categorías de control de calidad, que son Inspección por parte del funcionario local de construcción, Observaciones estructurales e Inspecciones Especiales Estructurales. En el primer caso la inspección por parte del Oficial de Construcción Local se proporcionará en varios intervalos durante el proyecto. Estas inspecciones son de naturaleza general y generalmente están relacionadas con los cimientos, pisos, losas, marcos y otros componentes no estructurales. Las inspecciones del funcionario de construcción son para hacer cumplir el código de construcción local y verificar el cumplimiento general del trabajo que se está completando, no son una inspección detallada.

Por otra parte, las observaciones estructurales realizadas por el Profesional de Diseño implican una revisión general a intervalos apropiados durante la construcción. El objetivo es monitorear periódicamente la calidad del trabajo del contratista y determinar si el trabajo está procediendo de acuerdo con los documentos del contrato. La observación estructural no implica inspecciones detalladas ni revisión continua del proyecto. Y finalmente, las inspecciones especiales estructurales son una revisión ordenada por el código IBC de conexiones estructurales, elementos y sistemas específicos en el proyecto. El Inspector Especial Estructural puede ser cualquier persona calificada que tenga el conocimiento, la experiencia o la certificación requerida para garantizar que los artículos construidos cumplan con los documentos de construcción.

Para el desarrollo de la investigación, se utiliza el proyecto en ejecución Edificio laboratorio de física de la Universidad Francisco de Paula Santander Cúcuta, y la importancia por la cual se escoge este proyecto radica porque se encuentra en su etapa inicial y es una construcción de uso Institucional, la cual cuenta con estudios previos y una supervisión que regula el cumplimiento de las especificaciones técnicas. Para fines investigativos es un claro ejemplo en donde se puede evaluar la gestión y el control de calidad implementado con relación al control de calidad ideal de acuerdo con el cumplimiento del marco normativo colombiano.

1.5 Delimitaciones

1.5.1 Geográficas.

Con respecto a la delimitación geográfica, la investigación tiene una etapa experimental, que se localiza geográficamente en el municipio de Cúcuta Norte de Santander. El aporte investigativo, tiene como rango de aplicación, todo el territorio colombiano, en donde se exija la norma NSR-10.

1.5.2 Temporales.

Dado que el proyecto contempla la etapa constructiva de una edificación vertical, como base para la obtención de la información preliminar, se estima una duración de 8 a 10 meses, en donde se logre evidenciar gran parte del proceso constructivo de los elementos estructurales de la edificación.

1.5.3 Conceptuales.

Con relación a la delimitación conceptual, la investigación se basa en el estudio de la gestión y el control de calidad en la construcción elementos estructurales en edificaciones verticales, haciendo énfasis, en la cimentación, vigas, columnas, losas de entrepiso, escaleras y muros portantes.

1.5.4 Operativa.

Dado a la importancia que representa la gestión y el control de calidad en una construcción, la investigación se basa en la documentación y análisis de las practicas utilizadas para el control de calidad y el proceso constructivo durante la ejecución del proyecto Edificio Laboratorio de física de la Universidad Francisco de Paula Santander Cúcuta, específicamente

en la construcción de los elementos estructurales como lo son la cimentación, vigas, columnas, losas de entrepiso, escaleras y muros portantes. Durante la documentación y análisis se identifican los factores de riesgo que puede conllevar el debido proceso constructivo y que repercuten de forma directa o indirecta en la calidad del producto final (elemento estructural construido); también se realiza una comparación del plan de gestión de calidad implementado en el proyecto objeto de estudio, con relación a la gestión de calidad Ideal, de acuerdo al cumplimiento de los parámetros establecidos por norma y a la buenas prácticas constructivas. Como resultado de la investigación se obtienen unos criterios metodológicos que permiten al constructor o al encargado de la supervisión, conocer a profundidad el mano en relación al control de la calidad y a la buenas practicas de los procesos constructivos en edificaciones verticales.

Capítulo 2. Marco referencial

2.1 Marco histórico

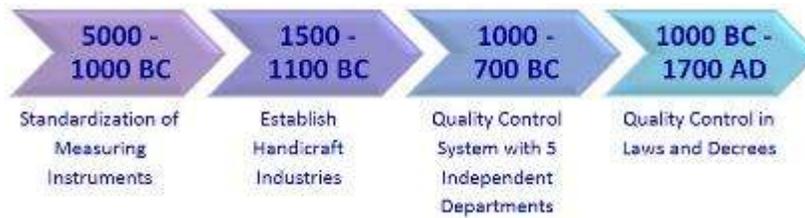
Si bien a muchos les gustaría pensar que la calidad en la construcción comenzó en el pasado reciente (1970 y 80), en realidad, nuestros procesos y enfoques de calidad actuales son la culminación de varios miles de años de desarrollo e implementación. De hecho, en el año 700 aC, China tenía un conjunto integral de estándares, inspecciones y capacitación para proporcionar repetibilidad de piezas de alta calidad.

Al observar la historia de la calidad, hay un desarrollo lógico en todo el mundo, comenzando en China y progresando a Grecia, Roma y, finalmente, el norte de Europa.

China: Una base clave para los Sistemas de Calidad chinos fue el hecho de que fueron gobernados bajo una estructura de dinastía (poder central) desde alrededor de 2000 aC hasta 1911. Es la burocracia de la estructura de la dinastía lo que llevó a sus programas de calidad en toda su economía. Varios puntos clave con respecto al desarrollo de la calidad de la construcción se muestran en la Figura 1.

Figura 1

El viaje de calidad de China



Elementos adicionales como la planificación de la producción (eficiencia), la división del trabajo en talleres, el reclutamiento y la capacitación de artesanos, el control de costos y el examen y la custodia impregnan toda la creación e implementación de la calidad en China.

Grecia: El enfoque griego de la calidad era que el arquitecto era responsable del diseño y la construcción del proyecto, con una gran dependencia de las leyes y contratos formales, como se destaca en la Figura 2.

Figura 2

El enfoque del griego en la ley



Roma: En la antigua Roma, el poder estaba altamente centralizado y para mantener el prestigio, la clase dominante tenía que ofrecer condiciones de vida aceptables (estándar mínimo) para la población en general con el fin de obtener el consentimiento de las poblaciones y así legitimar sus propias posiciones.

Una forma sencilla de describir esto era "*panem et circenses*" o simplemente pan y circo, dando a la población comida y entretenimiento, sus necesidades básicas y exhibiciones organizadas de opulencia urbana y entretenimiento masivo. Esto también requirió un crecimiento continuo (conquistar a otros) para alimentar el crecimiento central y las necesidades (un montón de esclavos).

- Roma era un imperio de constructores que requería una amplia estandarización, planificación y ejecución maestras, y el uso de instrumentos y métodos de medición.
- 300 aC – todavía hay partes de la Vía Apia original en existencia hoy en día – esto es parte de la calzada romana. En pocas palabras, los romanos habían creado un sistema

de pavimentación en el año 300 aC. Además, este fue el mismo período de tiempo de construcción de acueductos masivos para asegurar el acceso de agua de alta calidad a las personas en las ciudades.

- 105 a. C.: un decreto que especificaba los términos contractuales de entrega, pago y evaluación de la integridad estructural para un proyecto de construcción.
- La calidad se basaba en una distribución de responsabilidades – usted informaba y era responsable ante su supervisor inmediato – una estructura muy jerárquica.
- 500 dC – Los romanos fabricaban ladrillos para su uso en la construcción. Esto incluyó el uso de sellos de ladrillo y contratos para rastrear la responsabilidad.
- 100 dC – el uso de hormigón para crear enormes bóvedas y cúpulas.
- A lo largo de la historia, los romanos utilizaron un enfoque de patio de construcción para organizar la construcción en oficios que secuenciaban el trabajo de uno a otro, por ejemplo, primero el marco de la pared, luego el yeso y finalmente el enlucido.

Norte de Europa: En todo el norte de Europa, el uso de gremios fue el principal medio para establecer y mantener la calidad. Alrededor del año 1000 D.C. hay evidencia de "marcas" hechas por albañiles para identificar quién hizo qué trabajo. Para el año 1400 D.C, esto llevó a las personas a confiar en los materiales "sellados" en paquetes y simplemente comprar "tal cual", ya que confiaban en la calidad recibida.

Hacia 1000-1800 los gremios son los sindicatos originales donde era ilegal practicar un oficio a menos que pertenecieras al gremio. Esto se aplicó estrictamente y proporcionó el

aprendizaje que pensamos hoy en día en los sindicatos. Las marcas que utilizaban típicamente incluían crestas del gremio y la ciudad de origen.

En el año 1300 Hay evidencia en la industria textil de regulaciones bien definidas para el aseguramiento de la calidad. Hacia 1380, se iniciaron marcas de agua en papel para definir la calidad y dar garantía de calidad al comprador. Y en 1880 se empezó a implementar la inscripción de "made in..." y marcas registradas formalizadas en ley.

El valor de aprender y comprender la historia de la calidad con respecto a la construcción proporciona una base sólida para todos los programas de calidad actuales y futuros en la construcción.

2.1.1 Antecedentes

Los problemas crónicos de la construcción son bien conocidos: baja productividad, calidad insuficiente, mala coordinación, altos costos, etc. Se han propuesto varias soluciones para abordar partes de estos problemas. Sin embargo, estas tienden a ser versiones de procedimientos adoptados por el sector manufacturero y modificados para adaptarse a las condiciones de la industria de la construcción. Por ejemplo, se ha defendido el aseguramiento de la calidad como estrategia para afrontar la mala calidad. Otras sugerencias incluyeron una integración computarizada del diseño y las adquisiciones como remedio para la baja productividad y el intercambio electrónico de datos para la mala coordinación.

El informe Construction 21 (C21) (1999) revisó el estado de la industria de la construcción y criticó su desempeño. Una de las recomendaciones del informe para mejorar la eficiencia de la industria de la construcción es que la industria adopte la construcción lean (LC) como una de las tendencias globales emergentes y recomienda su implementación para garantizar la competitividad y relevancia de la industria de la construcción. Actualmente, Lean Production (LP), que enfatiza las importantes teorías y principios relacionados con los procesos de producción, se está desarrollando e implementando en la industria manufacturera (Shingo, 1992; Schonberger, 1990; Plossl, 1991) para rectificar la situación actual.

Koskela (1993) revisó los conceptos, principios y métodos de LP y analizó su aplicabilidad en la construcción. También descubrió que entre el 6 y el 10% del coste total de los proyectos en Suecia y EE.UU. son residuos. Melles (1994) encontró que los instrumentos de LP existen en la construcción; sin embargo, impone un cambio real de actitud para utilizarlos para ser delgado. Koskela (1992) criticó la construcción convencional por preocuparse únicamente por gestionar tareas y descuidar los flujos. Esta es la razón principal por la que la construcción se caracteriza por una alta proporción de actividades que no añaden valor. Un estudio de caso realizado en EE. UU. en 1998 muestra beneficios notables de implementar LC:

- Los tiempos de construcción de oficinas se reducen un 25% en 18 meses
- El diseño esquemático se reduce de 11 semanas a 2 semanas.
- Aumentos de facturación del 15-20% (Contratación del Pacífico)
- Clientes satisfechos que buscan repetir pedidos
- Reducción de costos del proyecto

2.1.2 Desarrollo del concepto de Lean Construction

La producción ajustada (LP) fue desarrollada por el sistema de producción de Toyota en la década de 1950, dirigido por el ingeniero Ohno, quien se comprometió a eliminar el desperdicio. El término "lean" fue acuñado por el equipo de investigación que trabajaba en la producción automotriz internacional para contrastarla con las formas de producción artesanal y en masa.

El concepto central detrás de LP es permitir el flujo de pasos de trabajo que crean valor y al mismo tiempo eliminar los pasos que no aportan valor, es decir, el desperdicio, centrándose en tiempos de ciclo rápidos. Cuando se eliminan los residuos del proceso de producción, los tiempos de ciclo disminuyen hasta que se alcanzan los límites físicos. Sin embargo, las actividades que añaden valor se mejoran primero mediante la mejora continua interna y el ajuste de la maquinaria existente. Sólo después de que se hayan materializado estos potenciales de mejora, se considerarán implicaciones importantes en nuevas tecnologías.

El objetivo principal del LP en japonés es Muda, es decir, evitar la pérdida de tiempo, dinero, equipo, etc. La construcción ajustada (LC) acepta los criterios de diseño de sistemas de producción de Ohno como estándar de perfección. Los residuos se definen por los criterios de desempeño del sistema de producción. No cumplir con los requisitos únicos del cliente es un desperdicio. La evidencia del desperdicio en términos de Ohno es abrumadora. Los residuos en la construcción y la manufactura surgen del mismo pensamiento centrado en la actividad.

Howell (1999) sostiene que existe la necesidad de mantener la presión sobre cada actividad para asegurar la mejora continua mediante la reducción del costo y la duración de cada actividad.

La teoría, los principios y las técnicas Lean, en conjunto, proporcionan la base para una nueva forma de gestión de proyectos. Desde sus orígenes en la gestión de la producción, LC ha producido mejoras significativas, especialmente en proyectos complejos, inciertos y rápidos. LC es una nueva forma de diseñar y construir instalaciones de capital. El objetivo de LC es satisfacer mejor las demandas del cliente y mejorar drásticamente el proceso de Arquitectura/Ingeniería/Construcción (AEC), así como el producto. LC aboga por la consideración simultánea del desarrollo de productos y procesos.

La gestión de la construcción bajo el método Lean es diferente de la práctica contemporánea típica porque:

- Tiene un conjunto claro de objetivos para el proceso de entrega.
- Está dirigido a maximizar el rendimiento para el cliente a nivel de proyecto.
- Diseña simultáneamente productos y procesos.
- Aplica control de producción durante toda la vida del proyecto.

2.2 Marco conceptual

La calidad de un edificio tiene profundos impactos en el rendimiento, los usuarios y la comunidad. La calidad de los proyectos de construcción está determinada por una variedad de

factores, incluido el método de adquisición, los métodos de construcción, los materiales, las competencias del equipo de diseño y construcción, los factores climáticos y el tipo de cliente.

2.2.1 Mala calidad, defectos, retrabajos y mantenimiento.

No existe consenso sobre la definición de “mala calidad” en las edificaciones. Defectos, retrabajo, mala calidad, enganchones, falta de calidad, desviación e incumplimiento se han utilizado indistintamente para denotar mala calidad. Juran (1999) definió la calidad como “adecuación para el propósito”. Calidad implica brindar satisfacción al cliente y cumplir con los estándares requeridos.

También se define como el cumplimiento de los requisitos del cliente; falta de defectos; falta de retrabajo; finalización a tiempo y dentro del presupuesto. Calidad significa cero defectos, entrega dentro del presupuesto y tiempo sin desperdicio. Los defectos dificultan el desempeño funcional de los edificios y servicios. Los defectos influyen en la satisfacción de los ocupantes/clientes y dan lugar a disputas y litigios entre clientes/usuarios, desarrolladores y organizaciones de mantenimiento. La mala calidad puede manifestarse dentro de una estructura, tejido, servicios y otras instalaciones. Los defectos que se produzcan durante cualquiera de las fases de diseño y construcción reducirán la duración del mantenimiento del edificio.

El período de mantenimiento es el período entre una reparación y la siguiente o anterior reparación. El marco de gestión del mantenimiento sistémico, como explicó Olanrewaju, tiene como objetivo aumentar la duración del mantenimiento de los edificios. Un período de

mantenimiento más corto reducirá la disponibilidad y el rendimiento del edificio y aumentará los costos de mantenimiento.

2.2.2 Tamaño, naturaleza e impacto del retrabajo.

La calidad de un edificio puede verse afectada durante cualquiera de los procesos de diseño del edificio. Sin embargo, la mayoría de los problemas de mala calidad se instigan o aumentan durante la fase de construcción de los proyectos. Muchos problemas de calidad inducidos por el diseño pueden reducirse o corregirse durante la fase de construcción. Muchas empresas constructoras grandes y medianas tienen una “gestión de calidad” interna o un departamento o unidad de garantía/control de calidad dedicado al control de la calidad de los proyectos (Jong et al., 2019). El departamento es estratégico para la supervivencia de las empresas. Sin embargo, a pesar de las diversas medidas para aumentar la calidad de los proyectos de construcción, los índices de mala calidad son dominantes en los sectores de la construcción a nivel mundial. Por ejemplo, el estudio de Palaneeswaran (2006) mostró que el costo de la mala calidad en Hong Kong podría oscilar entre el 5 y el 20% del valor del contrato original (Wen et al., 2020).

Las investigaciones muestran que el retrabajo se origina en factores de diseño y construcción. En Irán, Heravi y Jafari (2014) señalaron que el nivel óptimo de costo de mala calidad era el 7,4% del costo total del proyecto. En Nigeria, el costo de la mala calidad fue del 4,5% del costo del proyecto (Oyewobi y Ogunsemi, 2010). Aunque la investigación no discutió las causas de la reelaboración, indicó que las causas de la reelaboración variaban entre países y

estaban relacionadas con las actividades de diseño y construcción. Los datos empíricos de un estudio sudafricano también revelaron que el costo de volver a trabajar con respecto al valor del contrato original fue del 5,12 % (Simpeh et al., 2015). Los datos empíricos que involucran a contratistas, consultores, firmas de topografía y firmas de arquitectura revelaron que el retrabajo representó el 24,94% del crecimiento del cronograma de construcción en Singapur (Hwang y Yang, 2014).

En Suecia, Josephson y Hammarlund (1999) estimaron que el costo de retrabajo en proyectos de construcción oscilaba entre el 2 y el 4%. La investigación encontró que el costo de corregir una falla de calidad era aproximadamente el 6% del costo de producción y retrasaba los proyectos hasta en un 11%. Según la investigación, los retrabajos fueron causados por factores de diseño, gestión del sitio, errores, omisiones, tipos de adquisiciones y condiciones climáticas. Un estudio realizado en Malasia mostró que el costo de la no conformidad en las obras de construcción era entre el 5 y el 6% del costo total del proyecto, según Abdul-Rahman et al. (1996). Un estudio reciente en Malasia realizado por Yap et al. (2017) también llegaron a un valor similar de entre 3,1 y 6,0% del valor del proyecto. Investigaciones recientes en Portugal mostraron que el costo del retrabajo podría llegar hasta el 7% del monto del contrato (dos Reis Almeida, 2011). Las investigaciones han demostrado que el coste de la calidad en Dubai es del 1,3% (Abdelsalam y Gad, 2009).

2.2.3 Six Sigma

La industria de la construcción juega un papel importante en el crecimiento económico de cualquier nación (Andújar-Montoya et al., 2015). La industria de la construcción es la industria de mayor auge en todo el mundo (Wang & Zhong, 2017). El sector de la construcción se considera una industria de servicios que genera empleo sustancial y proporciona impulso de crecimiento a otros sectores manufactureros. Además, la gestión de la construcción y la tecnología son los dos factores clave que influyen en el desarrollo del sector de la construcción (Chen & Chang, 2020).

Hoy en día, el objetivo crítico de la industria de la construcción es completar el proyecto a tiempo y dentro de los costos y presupuesto programados. Junto con esta necesidad de mejorar la calidad y la satisfacción del cliente, se ha prestado considerable atención en los últimos años, por lo que el único enfoque que puede cumplir con todos los requisitos de la industria de la construcción es utilizar conceptos Six Sigma en la industria de la construcción (Juliani & de Oliveira, 2020). El Six Sigma es una técnica de mejora de la calidad de los productos con el fin de garantizar la satisfacción del cliente. El resultado de Six Sigma será un aumento de la eficiencia, una mejora en el rendimiento y el control de los problemas de rendimiento minimizando así defectos, riesgos y desviaciones (Sabet et al., 2016).

Six sigma es una técnica de mejora de la calidad basada en estadísticas que Motorola utilizó por primera vez en la década de 1980 por Bill Smith de Motorola para reducir costos, aumentar la calidad mejorando el proceso y reducir el tiempo de producción. Recibió poca publicidad hasta finales de los años 1990 (Siddiqui et al., 2016). Six Sigma resulta de la aplicación de una nueva forma de técnica de gestión a la construcción. Las características

esenciales de Six Sigma incluyen un conjunto claro de objetivos para el proceso de entrega, destinado a maximizar el rendimiento para el cliente a nivel de proyecto, diseño simultáneo, construcción y la aplicación del control del proyecto durante todo el ciclo de vida del proyecto, desde el diseño hasta la entrega (Ishak et al., 2019).

Six sigma es un enfoque cuantitativo de mejora con el objetivo de limitar los defectos de cualquier proceso, especialmente un objetivo numérico de 3,4 defectos por millón de oportunidades (DPMO). Se dice que Six Sigma es más fácil de aplicar que muchos otros programas de gestión de calidad porque proporciona información sobre el cambio necesario y los programas para ejecutarlo. DMAIC es una técnica basada en datos de Six Sigma que se utiliza para mejorar los procesos. Aporta estructura al proceso de mejora y ayuda a los equipos a explorar posibles soluciones, decidir un curso de acción e implementar el control del proceso. DMAIC es un acrónimo de Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. En resumen, estos 5 pasos son los siguientes (Ishak et al., 2019; Nagi & Altarazi, 2017; Uluskan, 2016).

- Definir (D): Identificar el problema y las cuestiones que causan la disminución de la satisfacción del cliente.
- Medida (M): Recopilar datos del proceso
- Analizar (A): Evaluar el proceso actual, identificar las causas fundamentales del problema.
- Mejorar (I): Actuar sobre los datos para cambiar el proceso de mejora.
- Control (C): Monitorear el proceso para sostener la ganancia.

2.3 Marco contextual

Six sigma es una metodología estructurada destinada a aumentar la calidad y reducir las imperfecciones (Manual, 2006). La efectividad de esta herramienta está documentada por un estudio reciente (Kumar, Nowicki, Ramirez-Marquez, & Verma, 2008) que afirma que, entre las técnicas disponibles para mejorar la calidad corporativa, six sigma es la que tiene mayor impacto en el desempeño (Chen et al., 2017).

2.3.1 Nacimiento del Six Sigma

Motorola fue la primera empresa en implementar el enfoque seis sigma (Floris, 2005); el alcance de la innovación fue tal que llevó a Motorola a ganar el Premio Malcom Baldrige en 1995. Motorola logró ganar el premio gracias a un camino iniciado en 1979, cuando Art Sundry, director general de la compañía, en una reunión anunció que la decepcionante situación económica. Los resultados se debieron a la baja calidad del producto. Robert Galvin, presidente de Motorola, decidió poner en marcha un importante proyecto para mejorar la calidad y reducir costes, confiándolo a un equipo de 23 ingenieros liderados por Mikel Harry (futuro fundador de Six Sigma Academy) (Isa & Usmen, 2015; Sreedharan V et al., 2018).

En un momento en que se pensaba que se requerían costos más altos para mejorar la calidad, Harry demostró que mejorar la calidad del proceso correspondía a una mejor calidad del producto y costos reducidos. A raíz de esta experiencia, Harry escribió un documento titulado “El camino de ladrillos amarillos hacia Six Sigma” donde recogió las pautas para la aplicación

de la metodología Six Sigma. En 1993, Galvin reconoció la eficacia de la metodología al documentar ahorros de 2.200 millones de dólares en cuatro años; por lo tanto, decidió establecer el Instituto de Investigación Motorola Six Sigma en Illinois (Erdil et al., 2018; Ullah et al., 2017).

2.3.2 La estructura de soporte de Six Sigma

Una de las principales actividades para la culminación exitosa de un proyecto six sigma radica en la creación de una estructura eficiente y organizada; Esto implica la presencia de personas con diversos roles:

- Líder: suele ser alguien en la cima de la empresa; tiene la tarea de identificar áreas de mejora y articularlas en proyectos operativos; además, deberá coordinar e integrar diversos proyectos y supervisar mediante evaluaciones y reuniones mensuales.

- Champion: normalmente es un alto ejecutivo y tiene el rol de gerente de desarrollo de proyectos (Ho, Chang, & Wang, 2008); debe proporcionar líneas estratégicas a los grupos de mejora de su propia área y asegurar la coordinación entre los grupos y el líder (Conti & De Risi, 2001). El campeón tiene la tarea básica de vincular el directorio de la empresa con la estructura operativa, que comprende el cinturón verde y el cinturón negro. A los defensores a menudo se unen expertos en procesos (propietarios de procesos) (Markarian, 2008) y apoyan la coordinación de actividades en sus áreas de responsabilidad (Sreeram & Thondiyath, 2015).

- Cinturón negro: trabajan a tiempo completo en el desarrollo de uno o más proyectos (Glomer, 2006). Conocen muy bien el método seis sigma y las herramientas técnicas (Linderman, Schroeder, Zaheer y Choo, 2003).

- Cinturón verde: tienen un papel puramente operativo en la organización corporativa. Tienen una preparación técnica equiparable a la del cinturón negro; la diferencia radica en el tiempo dedicado a los proyectos (alrededor del 40%).

Los cinturones verde y negro deben tener una serie de habilidades de gestión para completar con éxito sus tareas. En particular, necesitan conocer la tecnología empresarial específica, así como las herramientas típicas de la metodología (Tartari, 2005).

Los equipos de desarrollo de proyectos suelen estar compuestos por 4/5 personas (Nassimbeni, Sartor y Orzes, 2014); Además del cinturón verde y el cinturón negro, también hay expertos de la industria.

2.3.3 Metodología DMAIC

Six sigma es un método estructurado basado en directrices; tiene un enfoque rígido y formalizado para abordar malentendidos y minimizar la subjetividad tanto como sea posible (Ishak et al., 2019).

El método más común para aplicar Six Sigma es definir, medir, analizar, mejorar, controlar (DMAIC), que involucra cinco fases para la descripción, análisis y resolución de problemas críticos. Tiene como objetivo mejorar productos o procesos ya existentes dentro de la empresa. Existe otra metodología, el diseño para Six Sigma (DFSS), que tiene como objetivo diseñar un producto/proceso reduciendo al máximo sus costes manteniendo una alta calidad. Este capítulo presentará la metodología DMAIC ya que es la más común y DFSS se origina en ella (Chen et al., 2017).

Las cinco fases del método DMAIC son (Yeh, Cheng y Chi, 2007) las siguientes:

(1) Definir: implica el análisis del problema a resolver, la recogida de la voz del cliente, la selección de proyectos de mejora teniendo en cuenta su impacto en la estrategia y el esfuerzo necesario para alcanzar los objetivos.

(2) Medida: se identifican las medidas a estudiar, se define el plan de recopilación de datos y se miden el desempeño actual y objetivo.

(3) Analizar: es una fase que comprende diferentes metodologías y herramientas estadísticas para analizar los datos recogidos y plantear posibles soluciones.

(4) Mejorar: las soluciones se eligen teniendo en cuenta varios aspectos (beneficios, riesgos, costes, dificultades de implementación, etc.).

(5) Control: se evalúa la tendencia de los procesos de negocio a los que se ha aplicado Six Sigma para valorar si se logran los resultados deseados; También se tiene en cuenta la posibilidad de trasladar la solución identificada a otras áreas.

2.4 marco teórico

En el entorno empresarial en el que se consideran que las técnicas lean tienen éxito.

Surgen cinco principios clave:

2.4.1 Especificar valor

El valor se define por las necesidades finales del cliente a través de herramientas como la gestión del valor, el despliegue de funciones de calidad y la simulación. Estos definirán atributos que son características que brindan satisfacción al cliente y son creados por los MC. La construcción debe adoptar un enfoque en el producto que permita iniciar un diálogo a largo plazo sobre la naturaleza del valor y cómo el producto lo entrega. El cliente requiere un edificio que se adapte a su propósito y que ofrezca una buena relación calidad-precio (Goh & Goh, 2019). La visión que sugiere este producto y orientación al cliente no es nueva. Se han aludido algunos aspectos en muchos informes anteriores, pero las ideas no han sido desarrolladas por la industria. En la construcción, especificar el valor viene antes que el diseño (Othman et al., 2020).

2.4.2 Identificar y mapear el flujo de valor

El flujo de valor identifica todos aquellos pasos necesarios para fabricar un producto. Identificar el flujo de valor, la forma en que se obtiene el valor, establece cuándo y cómo se deben tomar las decisiones. La técnica clave detrás del flujo de valor es el mapeo de procesos

por una razón muy específica: la de comprender cómo se incorpora el valor al producto de construcción desde el punto de vista del cliente (Vilventhan et al., 2019).

Los mapas de flujo de valor pueden entenderse como diagramas de flujo de procesos que identifican qué lanzamientos de acción funcionan para la siguiente operación. El mapeo trae opciones a la superficie y aumenta la posibilidad de maximizar el rendimiento durante la construcción. Normalmente, los mapas se preparan a nivel de proyecto y luego se descomponen para comprender mejor cómo el diseño de los sistemas de planificación, logística y operación trabajan juntos para respaldar el valor para el cliente (Du et al., 2016).

A nivel estratégico, ofrece una perspectiva para definir lo que se debe hacer. Al adoptar este enfoque de arriba hacia abajo, la idea de identificar flujos de valor como la estructura y la envolvente del edificio y considerar cómo se diseñarán, suministrarán y construirán estos sistemas, ofrece una forma diferente de organizar la construcción (Chen & Chang, 2020; Vilventhan et al., 2019).

A un nivel más táctico, el mapa del flujo de valor puede identificar dónde se encuentran los desperdicios en un proceso particular y este análisis del proceso muestra cómo se puede lograr el flujo de valor de manera más efectiva. Un conjunto de todas las acciones específicas necesarias para lograr que un producto específico pase por:

- Tarea de resolución de problemas desde el concepto hasta el diseño detallado y la ingeniería hasta el lanzamiento de producción.

- Tareas de gestión de la información que van desde la toma del pedido hasta la programación detallada y la entrega.
- Tarea de transformación física desde materias primas hasta productos terminados en manos del cliente.

2.4.3 Flujos

Los flujos se caracterizan por el tiempo, el costo y el valor. Los recursos (mano de obra, materiales y equipos de construcción) y los flujos de información son las unidades básicas de análisis en LC. Hay flujos controlables e incontrolables. Flujos controlables como materiales o instrucciones desde el almacén o dirección respectivamente. Flujos incontrolables, como el suministro de recursos e información de diseño por parte de los proveedores (Oakland & Marosszeky, 2017).

Estratégicamente, el flujo se ocupa de lograr una ruta holística a través de los medios por los cuales se desarrolla un producto. Ataca la fragmentación inherente a la industria actual al revelar que es un gran despilfarro. Muchos han reconocido este despilfarro y se considera que la principal solución es la asociación. Bennett (2002) señala que las primeras etapas de asociación son requisitos previos necesarios para mejorar la construcción. Sin embargo, la asociación sigue siendo sólo una solución parcial (Sunindijo, 2015).

Lean trabaja para eliminar lugares donde se interrumpe el trabajo de valor agregado sobre material o información. En la construcción, esto puede significar reempaquetar el trabajo

para que partes del proyecto puedan continuar sin completar otras y/o asegurar que los recursos se entreguen en el orden requerido y se transporten directamente al lugar de instalación para evitar una doble manipulación (Willar et al., 2015).

Los problemas de construcción se deben a la negligencia de los caudales. El proceso constructivo es visto como un conjunto de actividades, cada una de ellas es controlada y mejorada como tal. Los métodos de gestión convencionales como el Método de la Ruta Crítica (CPM) deterioran los flujos al violar los principios del proceso, diseño y mejora del flujo. Se concentran en actividades de conversión. El problema resultante en la construcción tiende a agravarse y perpetuarse (Keshk et al., 2018).

Bajo el pensamiento lean, es posible mejorar reduciendo las incertidumbres en el flujo de trabajo. Rediseñar el sistema de planificación a nivel de asignación es la clave para garantizar un flujo de trabajo confiable y este paso debe implementarse temprano.

2.4.4 Pull

A nivel estratégico, pull identifica la necesidad real de entregar el producto al cliente tan pronto como lo necesita. El proceso de construcción tradicional empuja al cliente a un proceso de desarrollo a menudo prolongado donde prevalecen los riesgos y las incertidumbres. El principio de pull sugiere una decisión donde la capacidad de definir rápidamente lo que el cliente necesita de un edificio en relación con su negocio y posteriormente personalizarlo y entregarlo de manera más predecible cuando el cliente lo requiera (Alencastro et al., 2018).

Es necesario minimizar tres tipos de inventarios:

- Material y diseño.
- Mano de obra y sus herramientas.
- Producto de trabajo intermedio que no ha sido explotado.

2.4.5 Perfección

Este es un nivel estratégico clave porque lo que define es la necesidad de que esta forma de trabajar y organizar los productos de la construcción se convierta en una forma de vida con una cultura inherente. Alcanzar la perfección significa considerar constantemente lo que se está haciendo; cómo se está haciendo y aprovechar la experiencia y el conocimiento de todos los involucrados en los procesos para mejorarlo y cambiarlo. Una vez realizada la mejora continua (en japonés: Kaizen) y eliminado el desperdicio a lo largo del proceso de flujo, la perfección es la dulce recompensa definitiva que las empresas pueden lograr. En esencia, LC es un sistema de ejecución de proyectos basado en la confiabilidad y la rápida entrega de valor (Zhou et al., 2015).

Herramientas y técnicas como el kaizen, la ingeniería simultánea y las alianzas estratégicas con los proveedores son en esencia el resultado de aplicar estos cinco principios fundamentales a lo que ya se está haciendo a nivel táctico. Los elementos esenciales de LC pueden examinarse por separado, pero los beneficios sólo pueden lograrse mediante un enfoque holístico de todos los elementos (Androwis et al., 2018).

2.5 Marco legal

La gestión de calidad en proyectos de construcción, edificaciones verticales y elementos estructurales en Colombia se rige por un marco legal y normativo que busca garantizar la seguridad, durabilidad y adecuado funcionamiento de las estructuras construidas. A continuación, se presenta un resumen de las leyes, reglamentos y normativas clave que aplican en este contexto:

Constitución Política de Colombia (1991): La Constitución establece el deber del Estado de garantizar la seguridad y calidad de las construcciones para proteger la vida y la integridad de los ciudadanos.

Ley 400 de 1997 - Ley de Construcción: Esta ley establece los principios fundamentales para la regulación de la construcción en Colombia, incluyendo la necesidad de cumplir con estándares de calidad y seguridad.

Ley 1480 de 2011 - Estatuto del Consumidor: Esta ley garantiza los derechos de los consumidores, incluyendo la calidad de los productos y servicios, lo cual se aplica a la construcción de viviendas y edificaciones.

Norma Técnica Colombiana (NTC) 45: Esta norma establece los requisitos técnicos para la construcción sismo resistente en Colombia.

Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10: Este reglamento establece los criterios de diseño, construcción y control de calidad de estructuras sismo resistentes en Colombia.

Decreto 1077 de 2015 - Reglamentación Técnica de Construcción Sostenible: Establece requisitos para la construcción sostenible, promoviendo prácticas ambientalmente responsables y eficiencia energética.

Reglamentación sobre Control de Calidad en la Construcción: Existen regulaciones y normativas específicas para el control de calidad en la construcción, que abarcan desde la selección de materiales hasta la ejecución de pruebas y la certificación de estructuras.

Normas Internacionales de Calidad: Colombia también adopta normas internacionales de calidad para productos y materiales de construcción, como las emitidas por la ISO (Organización Internacional de Normalización).

Capítulo 3. Diseño Metodológico

3.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación planteada es de carácter cuantitativo cuyo objetivo consiste en emplear diferentes herramientas correccionales para el diseño de una metodología para la gestión y control de calidad en la construcción de elementos estructurales en edificaciones verticales basado en la norma colombiana vigente NSR-10. Para ello se ha seleccionado como objeto de estudio el Laboratorio de Física de la Universidad Francisco de Paula Santander Cúcuta, al cual se le realizará la identificación de los requerimientos necesarios para la gestión y control de calidad en la construcción de sus elementos estructurales.

3.2 Seguimiento metodológico del proyecto

En la tabla 1 se indica el conjunto de indicadores y actividades por objetivos que permiten realizar un seguimiento metodológico al proyecto.

Tabla 1

Modelo metodológico

Objetivos De La Investigación	Actividades Por Objetivo	Indicador Por Actividad
Obj 1. Evaluar los procesos constructivos de elementos estructurales en el proyecto Edificio Laboratorio de Física de la Universidad Francisco de Paula Santander Cúcuta, mediante la identificación de los requerimientos necesarios para la gestión y control de calidad.	Act 1. Analizar los pliegos de condiciones y especificaciones para la construcción del laboratorio	Ind 1. Criterios constructivos y Especificaciones
	Act 2. Identificar los procesos constructivos y el manual de operación para el desarrollo de las actividades constructivas	Ind 2. Ruta de proceso
	Act 3. Identificar los criterios de control de calidad para la correcta ejecución del elemento estructural	Ind 3. Parámetros de calidad

Obj 2. Analizar el desempeño real del proyecto Edificio Laboratorio de Física de la Universidad Francisco de Paula Santander Cúcuta, con respecto a los principios que establece la Filosofía Lean Construction para identificar las fortalezas y debilidades del proyecto.	Act 1. Realizar una revisión de los expedientes técnicos de las obras ejecutadas en el desarrollo del proyecto	Ind 4. Matriz de valoración
	Act 2. Realizar un análisis de Pareto para identificar los procesos críticos	Ind 2. Diagrama de Pareto
	Act 3 Elaborar un diagrama de avance del proyecto relacionando el tiempo y el costo	Ind 3. Diagrama de avance
Obj 3. Proponer una metodología para la gestión y control de calidad en la construcción de elementos estructurales en edificaciones verticales apoyados en los principios del seis SIGMA.	Act 1. Recopilar los datos obtenidos	Ind 5. Compilación de resultados
	Act 2. Definir los parámetros de la metodología apoyados en los principios del seis SIGMA	Ind 6. Parámetros de la metodología

3.3 Población

La población corresponde a las edificaciones verticales construidas en la ciudad de Cúcuta siguiendo la norma NSR-10

3.4 Muestra

La muestra seleccionada son los elementos estructurales desarrollados en la construcción del edificio laboratorios de física de la universidad Francisco de Paula Santander Cúcuta.

3.5 Técnicas de recolección de la información

La técnicas de observación para el desarrollo del proyecto incluyen lo siguiente:

- Análisis documental
- Revisión de informes técnicos
- Parametrización de modelo

3.6 Análisis de la información

Para el desarrollo del análisis de información se plantea lo siguiente:

- Análisis de parámetros
- Diagramas

Capítulo 4. Resultados

4.1. Evaluar los procesos constructivos de elementos estructurales en el proyecto Edificio Laboratorio de Física de la Universidad Francisco de Paula Santander Cúcuta, mediante la identificación de los requerimientos necesarios para la gestión y control de calidad.

4.1.1 Descripción del proyecto

El trabajo desarrollado se derivó de la ejecución del contrato No. 03 - 2022, suscrito el 26 de febrero de 2021 correspondiente a “CONSTRUCCION DE ESTRUCTURA, MAMPOSTERIA E INSTALACIONES ELECTRICAS Y ELECTRICIDAD DEL EDIFICIO DE LABORATORIOS DE FISICA DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER” con una duración de 270 días calendario iniciando el 11 de febrero de 2022 y fecha de entrega el 9 de diciembre de 2022.

4.1.2 Localización del proyecto

El proyecto está ubicado en la Universidad Francisco de Paula Santander en su sede principal ubicada en el municipio de Cúcuta, Norte de Santander, es un proyecto que se encuentra localizado en la zona sur del campus universitario sobre la avenida Gran Colombia, es un edificio designado para los laboratorios de física de la Universidad Francisco de Paula Santander en la cual estará ocupado por oficinas, salones y laboratorios para la ejecución de las

actividades diarias de dicho apartamento. En la figura XX se puede apreciar un cuadrado rojo que indica la ubicación exacta del edificio.

Figura 3

Localización del Proyecto



4.1.3 Características generales del proyecto

El proyecto “CONSTRUCCION DE ESTRUCTURA, MAMPOSTERIA E INSTALACIONES ELECTRICAS Y ELECTRICIDAD DEL EDIFICIO DE LABORATORIOS DE FISICA DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER”, consiste en el levantamiento de la estructura en concreto del edificio y la mampostería e instalación eléctrica, sanitaria e hidráulica de esta. Cuenta además con una zona de descarte para la acumulación del material esterilizado y desechado para su posterior retiro del campus universitario, cumpliendo los protocolos de bioseguridad.

Una vez firmada el acta de inicio el 11 de febrero del contrato de obra No. 03 - 2022, se inició el proceso de la construcción de estructura, mampostería e instalaciones eléctricas para el edificio de laboratorios de física. El proyecto consta de 8 capítulos que estaban estipulados en el contrato inicial, organizados de la siguiente manera:

- El primer capítulo hace referencia a las obras preliminares.
- El segundo capítulo hace consta de toda la estructura de concreto del edificio.
- El tercer capítulo involucra la mampostería y pañete de la obra.
- El cuarto capítulo contempla la impermeabilización de la cubierta.
- El quinto capítulo, referente a las instalaciones hidráulicas y sanitarias del edificio.
- El sexto capítulo trata de las instalaciones eléctricas.
- En el séptimo capítulo contiene los acabados, áreas interiores y exteriores de la estructura.
- En el octavo capítulo hace referencia a los pisos y enchapes de los cuales solo se ejecutó el alistado de piso.

4.1.4 Evaluación de los procesos constructivos con fines de gestión de calidad

Se llevó a cabo una Evaluación de los Procesos Constructivos con el propósito de gestionar la calidad en el desarrollo del proyecto de construcción. En este contexto, se aplicaron formatos de seguimiento y control, los cuales habían sido diseñados específicamente para abordar cada una de las etapas de los procesos constructivos.

Durante el proceso de Evaluación de los Procesos Constructivos, se realizaron verificaciones exhaustivas y evaluaciones detalladas de cada una de las actividades involucradas. Aspectos cruciales, tales como dimensiones, alineaciones, calidad de los materiales, aplicación de medidas de seguridad y cumplimiento de las regulaciones pertinentes, fueron observados y analizados.

Cualquier observación o desviación identificada durante la evaluación fue debidamente registrada en las secciones designadas para "Observaciones Generales". En la sección destinada a "Acciones Correctivas", se registraron las medidas que se sugirieron para abordar cualquier problema o área de mejora identificada, asegurando así la toma de medidas necesarias para garantizar la calidad y la integridad de los procesos constructivos.

La aplicación de los formatos y la realización de la Evaluación de los Procesos Constructivos han sido pasos esenciales en la búsqueda de mantener el control riguroso sobre cada aspecto del proceso constructivo, en línea con los estándares de calidad y los objetivos de seguridad establecidos.

En la tabla 2 y 3 se indica la aplicación de la evaluación para los ítems de actividades preliminares y Concreto, en el anexo 1 se indican las demás actividades.

Tabla 2.

Evaluación de los procesos constructivos - Preliminares

Proceso Constructivo	Verificaciones y Evaluaciones	Si	No	Observaciones Generales	Acciones Correctivas	Registro fotográfico
1. Localización y Replanteo	- Verificación de medidas y ubicaciones en el terreno.	X		La actividad se llevó a cabo según el manual de procesos constructivos	Ninguna	
	- Confirmación de coincidencia con planos de diseño.		X	Fue necesario realizar ajustes menores en la localización ajustando al terreno del proyecto	Ajuste de los ejes y niveles del proyecto	
	- Alineación correcta de ejes y niveles.	X		La actividad se llevó a cabo según el manual de procesos constructivos	Ninguna	
	- Ausencia de interferencias en áreas marcadas.	X		La actividad se llevo a cabo según el manual de procesos constructivos	Ninguna	
2. Cerramiento	- Inspección de materiales utilizados (tipo y calidad).	X		La actividad se llevo a cabo según el manual de procesos constructivos	Ninguna	
	- Verificación de dimensiones y niveles según planos.	X		La actividad se llevo a cabo según el manual de procesos constructivos	Ninguna	

	- Cumplimiento de dimensiones y profundidades.	X	Fue necesario ajustar la profundidad de excavación	Ajuste en la profundidad de excavación
3. Excavación Manual	- Estabilidad de las paredes excavadas.	X	La actividad se llevó a cabo según el manual de procesos constructivos	Ninguna
	- Uso adecuado de medidas de seguridad.	X	La actividad se llevó a cabo según el manual de procesos constructivos	Ninguna
	- Maquinaria adecuada y sin daños al entorno.	X	La actividad se llevó a cabo según el manual de procesos constructivos	Ninguna
4. Excavación Mecánica	- Cumplimiento de dimensiones y profundidades según diseño.	X	Fue necesario ajustar la profundidad de excavación	Ajuste en la profundidad de excavación
	- Implementación de medidas de seguridad.	X	La actividad se llevó a cabo según el manual de procesos constructivos	Ninguna
	- Calidad y uniformidad del relleno.	X	La actividad se llevó a cabo según el manual de procesos constructivos	Ninguna
5. Compactación de Relleno Manualmente	- Evaluación de la compactación manual.	X	La actividad se llevó a cabo según el manual de procesos constructivos	Ninguna
	- Verificación de compactación en capas.	X	La actividad se llevó a cabo según el manual de procesos constructivos	Ninguna



6. Sub-base Granular	- Calidad y características del material de sub-base.	X	La actividad se llevó a cabo según el manual de procesos constructivos	Ninguna
	- Espesor de sub-base según especificaciones.	X	La actividad se llevó a cabo según el manual de procesos constructivos	Ninguna
	- Evaluación de la compactación de la sub-base.	X	La actividad se llevó a cabo según el manual de procesos constructivos	Ninguna
7. Base Granular	- Calidad y tipo de material de base.	X	La actividad se llevó a cabo según el manual de procesos constructivos	Ninguna
	- Espesor de base cumpliendo con diseño.	X	La actividad se llevó a cabo según el manual de procesos constructivos	Ninguna
	- Evaluación de la compactación de la base.	X	La actividad se llevó a cabo según el manual de procesos constructivos	Ninguna
8. Retiro de Escombros a Escombrera	- Retiro regular de escombros y residuos.	X	La actividad se llevó a cabo según el manual de procesos constructivos	Ninguna
	- Cumplimiento de regulaciones ambientales.	X	La actividad se llevó a cabo según el manual de procesos constructivos	Ninguna



	- Ubicación adecuada y seguridad en la escombrera.	X		La actividad se llevó a cabo según el manual de procesos constructivos	Ninguna
Observaciones Generales	El desarrollo de las obras preliminares se desarrolló cumpliendo con el tiempo de entrega, los lineamientos del manual de procesos constructivos y los estándares pactados para el proyecto				
Acciones Correctivas	Fue necesario ajustar por menores de la localización y sobre las profundidades de excavación debido a las condiciones reales del terreno				

Tabla 3.

Evaluación de los procesos constructivos – Estructuras de concreto

Proceso Constructivo	Verificaciones y Evaluaciones	Si	No	Observaciones Generales	Acciones Correctivas	Registro fotográfico
2. Estructuras en Concreto						
2.1 Concreto Solado Espesor E=0.075 m	- Verificar la calidad del concreto utilizado. - Confirmar el espesor de 0.075 metros.	X		La actividad se llevó a cabo según el manual de procesos constructivos	- Coordinar con el proveedor de concreto para obtener una mezcla adecuada. - Verificar y documentar el espesor del solado.	
	- Evaluar la uniformidad del solado.	X		La actividad se llevó a cabo según el manual de procesos constructivos	- Realizar pruebas de compresión adicionales.	
2.2 Concreto Ciclopeo 3000 PSI con Formaleta	- Verificar la calidad del concreto		X	- Se observan burbujas de aire en el concreto.	- Revisar el proceso de mezclado y	

	ciclopeo.		vibrado.
	- Confirmar el uso de formalete adecuado.	X	Se encontró poca eficiencia en el manejo del equipo
	- Verificar calidad del concreto de zapatas.	X	- Las zapatas presentan grietas superficiales.
2.3 Concreto Zapatas 3000 PSI inc. Formaleta	- Confirmar el uso de formalete adecuado.	X	La actividad se llevó a cabo según el manual de procesos constructivos
			- Capacitar al personal en técnicas de vibrado.
			- Realizar pruebas de integridad estructural.
			- Reforzar las zapatas según especificaciones.
2.4 Concreto Pedestal	- Evaluar la calidad del concreto utilizado.	X	- Se detectan huecos en el concreto.
			- Realizar reparaciones de parcheo en huecos.



2.5 Concreto Vigas de Amarre de Cimentación

- Verificar la calidad del concreto de vigas.

X

- Las vigas no están alineadas adecuadamente.

- Realizar mediciones y ajustes en la alineación.



2.6 Columna Concreto 3000 PSI

- Verificar la calidad del concreto de columnas.

X

La actividad se llevó a cabo según el manual de procesos constructivos

Ninguna



2.7 Concreto de Pantallas

- Evaluar la calidad del concreto de pantallas.

X

La actividad se llevó a cabo según el manual de procesos constructivos

Ninguna



2.8 Acero de Refuerzo $\geq 1/2"$

- Inspeccionar la calidad y tamaño del acero.
- Algunas barras de refuerzo están dobladas.
- Reemplazar las barras de refuerzo dañadas.

X



2.9 Acero de Refuerzo $< 1/2"$

- Inspeccionar la calidad y tamaño del acero.
- Falta de cobertura adecuada en algunas áreas.
- Aplicar una capa adicional de concreto.

X



2.10 Placa Aligerada H=0.40 cm

- Verificar el espesor de la placa aligerada.
- Espesor de placa aligerada no es uniforme.
- Realizar nivelación y compactación adecuadas.

X



2.11 Antepiso E=0.07 m incluye Malla Elect.	<ul style="list-style-type: none"> - Confirmar el espesor de 0.07 metros. - Evaluar la instalación de la malla eléctrica. 	X X	<ul style="list-style-type: none"> - Se observan irregularidades en la malla <p>La actividad se llevó a cabo según el manual de procesos constructivos</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Reemplazar la malla defectuosa <p>Ninguna</p>
2.12 Concreto Fondo Foso	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar la calidad del concreto de fondo. 	X	<p>La actividad se llevó a cabo según el manual de procesos constructivos</p>	Ninguna
2.13 Concreto Escalera 3000 PSI	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar la calidad del concreto de escalera. 	X	<p>La actividad se llevó a cabo según el manual de procesos constructivos</p>	Ninguna
2.14 Concreto Muros y Losas Tanque	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluar la calidad del concreto 	X	<p>La actividad se llevó a cabo según el manual de procesos</p>	Ninguna



Subterráneo utilizado. constructivos

2.15 Columnetas
12x25 sin
Refuerzo

- Inspeccionar el
tamaño y calidad
de columnetas.

X

La actividad se llevó
a cabo según el
manual de procesos
constructivos

Ninguna



2.16 Anclajes

- Verificar la
instalación
correcta de los
anclajes.

X

La actividad se llevó
a cabo según el
manual de procesos
constructivos

Ninguna



**Observaciones
Generales**
**Acciones
Correctivas**

Es necesario realizar algunos ajustes e intervenciones para asegurar la calidad de las obras de concreto

Se llevaron a cabo los ajustes correspondientes sin afectar el tiempo de ejecución del proyecto

4.2. Analizar el desempeño real del proyecto Edificio Laboratorio de Física de la Universidad Francisco de Paula Santander Cúcuta, con respecto a los principios que establece la Filosofía Lean Construction para identificar las fortalezas y debilidades del proyecto.

El análisis del desempeño real de un proyecto de construcción de un edificio a la luz de los principios de la Filosofía Lean Construction implica evaluar cómo se están aplicando y cumpliendo estos principios en todas las etapas del proyecto. La Filosofía Lean Construction se basa en la optimización de procesos y la eliminación de desperdicios para lograr una mayor eficiencia, calidad y satisfacción del cliente en la industria de la construcción. En este sentido a continuación se indican los pasos que se llevaron a cabo para realizar dicho análisis:

4.2.1 Identificación de los principios Lean

Inicialmente es necesario comprender los principios fundamentales de Lean Construction. Estos incluyen la eliminación de desperdicios, el enfoque en el flujo de trabajo continuo, la mejora constante, la colaboración y comunicación efectiva, la entrega justo a tiempo y la maximización del valor para el cliente (Dixit et al., 2017; Sreeram & Thondiyath, 2015).

Los principios de Lean Construction se basan en la eliminación de desperdicios y la maximización del valor para el cliente. El objetivo es lograr una entrega más rápida, eficiente y rentable de los proyectos de construcción. Algunos de los principios clave incluyen la mejora continua, la colaboración entre los miembros del equipo, la planificación y programación detallada, la reducción de la variabilidad y la eliminación de actividades que no agregan valor (Dixit et al., 2017).

El principio "Specify Value" de Lean Construction se refiere a la necesidad de definir el valor desde la perspectiva del cliente y establecer los atributos que satisfacen sus necesidades. Esto se logra a través de herramientas como la gestión del valor, el despliegue de la función de calidad y la simulación. La especificación del valor es un enfoque centrado en el cliente que permite un diálogo a largo plazo sobre la naturaleza del valor y cómo el producto lo entrega. En el contexto de la construcción, especificar el valor es un paso previo al diseño y es fundamental para garantizar que el proyecto cumpla con las necesidades del cliente y ofrezca una buena relación calidad-precio (Erdil et al., 2018).

El principio "Identify and Map the Value Stream" se refiere a la necesidad de identificar todos los pasos necesarios para crear un producto y establecer cómo se realiza el valor. Esto implica la creación de un mapa de flujo de valor que identifica los procesos que agregan valor y los que no lo hacen. El objetivo es comprender cómo se construye el valor en el producto desde la perspectiva del cliente y cómo se pueden tomar decisiones para maximizar el rendimiento durante la construcción (Wu et al., 2016). El mapa de flujo de

valor es una herramienta que ayuda a identificar dónde se encuentra el desperdicio en un proceso y cómo se puede lograr el flujo de valor de manera más efectiva (Wu et al., 2016).

El principio "Flows" se refiere a la necesidad de gestionar los flujos de recursos (como mano de obra, materiales y equipos de construcción) e información en un proyecto de construcción. Los flujos se caracterizan por el tiempo, el costo y el valor, y son la base de análisis en Lean Construction. El objetivo es eliminar interrupciones en el trabajo que agregan valor a los materiales o la información, y asegurar que los recursos se entreguen en el orden requerido y se transporten directamente al lugar de instalación para evitar la manipulación doble. La gestión de los flujos implica la planificación y programación detallada, la reducción de la variabilidad y la eliminación de actividades que no agregan valor (Wu et al., 2016).

El principio "Pull" de Lean Construction se refiere a la necesidad de producir y entregar productos solo cuando el cliente los necesita. En lugar de empujar productos hacia el cliente, el principio "Pull" implica que el cliente tire del producto a través del proceso de construcción. Esto se logra a través de una planificación y programación detallada que permite la entrega de materiales y recursos solo cuando son necesarios para la siguiente etapa del proceso de construcción. El objetivo es reducir el tiempo de espera y minimizar la variabilidad en el proceso de construcción (Sreedharan V et al., 2018). El principio "Pull" también implica la necesidad de comprender las necesidades del cliente y personalizar el producto para satisfacer esas necesidades (Wu et al., 2016).

Finalmente, El principio "Perfection" se refiere a la necesidad de buscar la mejora continua en todos los aspectos del proceso de construcción. El objetivo es crear una cultura de mejora continua en la que todos los miembros del equipo de construcción estén comprometidos con la eliminación de desperdicios y la mejora de la calidad y la eficiencia. Esto implica la necesidad de establecer objetivos claros y medibles, y de involucrar a todos los miembros del equipo en la identificación y eliminación de desperdicios. El principio "Perfection" también implica la necesidad de aprender de los errores y de compartir el conocimiento adquirido para mejorar el proceso de construcción en el futuro. En resumen, el principio "Perfection" se trata de buscar la excelencia en todo lo que se hace y de nunca conformarse con el status quo (Wu et al., 2016).

4.2.2 Recopilación de datos e información del proyecto

Como parte del análisis es necesario reunir diferentes datos relacionados con el proyecto, como el tiempo requerido para cada actividad, los recursos utilizados, los costos asociados y cualquier problema o retraso que haya ocurrido durante el proceso de construcción. Es por ello que en la tabla 4 se indica el cronograma de las actividades desarrolladas.

	INTERIORES		
3,4	PAÑETE DE EXTERIORES 1:4		
3,5	PAÑETE ELEMENTOS LINEALES DE FACHADA		
3,6	FILOS Y DILATACIONES		
3,7	MESON EN CONCRETO (ancho = 0,60m)		
	4 IMPERMEABILIZACION		
4,1	MORTERO DE NIVELACION 6 CM		
4,2	MURO DE ANTEPECHO		
4,3	VIGA CINTA 10X12 SIN REFUERZO		
4,4	MANTO ASFALTICO		
4,5	DOMO ACRILICO 5,00*1,00 m		
	INSTALACIONES HIDRAULICAS Y SANITARIAS		
	5		
5.1	PUNTO AGUA FRIA, 1/2"		
5.2	REGISTRO DE 3/4"		
5.3	TUBERIA PVC, 1/2"		
5.4	TUBERIA PVC, 3/4"		
5.5	TUBERIA PVC 1 RDE 21 - 200 PSI		
5.6	TUBERIA PVC 1, 1/2" RDE 21 UZ		
5.7	PUNTO SANITARIO PVC 2-3"		
5.8	PUNTO SANITARIO PVC (SIFON)		
5.9	PUNTO SANITARIO PVC 4" (L)		
5.1	0 TUBERIA PVC 2" SANITARIA		
5.1	1 TUBERIA PVC 3" SANITARIA		
5.1	2 TUBERIA PVC 4" SANITARIA		
5.1	3 TUBERIA PVC 2" VENTILACION		
5.1	4 BAJANTES DE AGUAS LLUVIAS 4"		
5.1	5 REJILLAS DE PISO		
5.1	6 CAJA DE INSPECCION		
5,1	7 DESAGUE DE AIRES ACONDICIONADOS		
	6 INSTALACIONES ELECTRICAS		
6,1	MALLA PUESTA A TIERRA PARA TABLEROS		
6,2	AVISOS EN ACRILICO DE SEGURIDAD Y PELIGRO		
6,3	CAJA DE INSPECCION TRIFASICA BAJA TENSION 60*60 CM		

6,4	GABINETE PRINCIPAL PARA SEIS TOTALIZADORES CON BARRAJE DE 200 AMP			
6,5	TABLERO TRIFASICO CON ESPACIO PARA TOTALIZADOR DE PISOS DE 24 CIRCUITOS PISO			
6,6	TABLERO TRIFASICO CON ESPACIO PARA TOTALIZADOR DE PISOS DE 12 CIRCUITOS			
6,7	TABLERO TRIFASICO CON ESPACIO PARA TOTALIZADOR DE PISOS DE 24 CIRCUITOS PARA AIRES ACONDICIONADOS			
6,8	ACOMETIDA DE CABLE #8 PARA TABLEROS REGULADO			
6,9	ACOMETIDA DE CABLE #2 PARA TABLEROS GENERAL			
6,1	ACOMETIDA DE CABLE #6 PARA 0 TABLEROS MOTOBOMBAS			
6,1	ACOMETIDA DE CABLE #1/0 PARA 1 TABLEROS DE A.A.			
6,1	ACOMETIDA DE CABLE #4/0 PARA 2 GABINETE PRINCIPAL.			
6,1	TOTALIZADORES TIPO PESADO 3X125 3 AMP REGULABLES			
6,1	TOTALIZADORES TIPO PESADO 3X50 4 AMP REGULABLES			
6,1	SALIDA PARA LUMINARIA TUBERIA MTE O SHC40 LIBRE DE HALOGENOS 5			
6,1	ACOMETIDA DEL TABLERO PRINCIPAL A TABLERO REGULADO 5 CABLE # 4 6			
6,1	ACOMETIDA DE RED TRENZADA REGULADA EN CABLE #12 ROJO, BLANCO VERDE 7			
6,1	ACOMETIDA DE RED TRENZADA REGULADA EN CABLE #12 NEGRO, BLANCO VERDE 8			
6,1	SALIDA PARA TOMAS REGULADOS 110V NARANJA 9			
6,2	SALIDA PARA TOMAS 110V NORMAL 0			
7 ACABADO AREAS INTERIORES Y EXTERIORES				
7,1	PASTA DE EXTERIORES			
7,2	PINTURA EXTERIOR			
7,3	PASTA DE ELEMENTOS LINEALES EXTERIORES			
7,4	PINTURA LINEAL EXTERIOR			

8 PISOS Y ENCHAPES	
8,1	ALISTADO DE PISO E=0,04m
8,2	ANDEN EN CONCRETO E=0,10m CON MALLA ELECTROSOLDADA

A partir de valores de la tabla, se desarrolló un gráfico que resume la información de la duración de las actividades (Figura 4). El valor máximo de la duración de las actividades es 154 semanas, correspondiente a las instalaciones hidráulicas y sanitarias. El valor mínimo es 9 semanas, correspondiente a la impermeabilización.

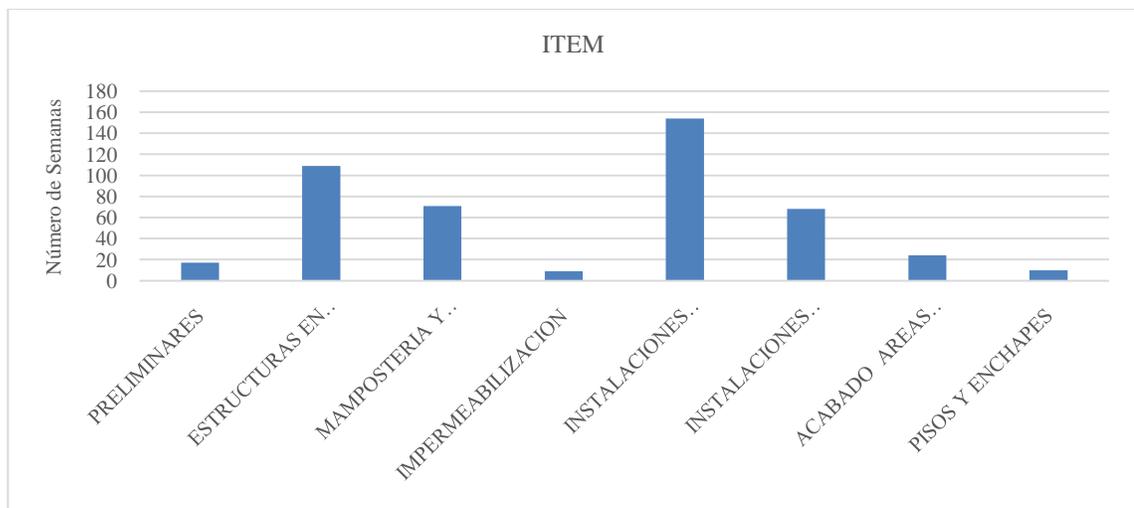
Así mismo, la media aritmética de la duración de las actividades es 70.25 semanas, lo que indica el promedio de tiempo que se tarda en realizar cada actividad. La mediana de la duración de las actividades es 69.5 semanas, lo que indica el valor que divide a los datos en dos partes iguales. El 50% de las actividades tienen una duración menor o igual a la mediana y el otro 50% tiene una duración mayor o igual a la mediana. La moda de la duración de las actividades es 10 semanas, lo que indica el valor más frecuente en los datos. Solo una actividad tiene esta duración: los pisos y enchapes.

El rango de la duración de las actividades es 145 semanas, lo que indica la diferencia entre el valor máximo y el mínimo. Esto muestra que hay una gran variabilidad en los tiempos de las actividades. La desviación estándar de la duración de las actividades es 46.67 semanas, lo que indica la dispersión de los datos alrededor de la media. Una desviación estándar alta implica que los datos están muy alejados de la media, mientras que una desviación estándar baja implica que los datos están muy cerca de la media.

El coeficiente de variación de la duración de las actividades es 0.66, lo que indica la relación entre la desviación estándar y la media. Este coeficiente se usa para comparar la variabilidad entre diferentes conjuntos de datos que tienen diferentes unidades o medias. Un coeficiente de variación alto implica una mayor variabilidad relativa, mientras que un coeficiente de variación bajo implica una menor variabilidad relativa.

Figura 4

Duración del proyecto en semanas



Así mismo también se desarrolló el análisis del presupuesto del proyecto, identificando en valor unitario y el valor total de cada una de las actividades que corresponden a los 8 capítulos del proyecto como se indica en la tabla 5.

Tabla 5.

Presupuesto del proyecto

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	PRELIMINARES				
1.1	LOCALIZACION - REPLANTEO OBRA ARQUITECTON.	M2	955,0	3.083,00	2.944.265,00
1.2	CERRAMIENTO TELA FIB. TEJIDA H=2.10 M-SINB	ML	200	14.669,00	2.933.800,00
1.3	EXCAVACION MANUAL	M3	100	48.998,00	4.899.800,00
1.4	EXCAVACION MECANICA	M3	137	15.258,00	2.090.346,00
1.5	COMPACTACION DE RELLENO MANUALMENTE	M3	140	48.980,00	6.857.200,00
1.6	SUB-BASE GRANULAR	M3	50	57.714,00	2.885.700,00
1.7	BASE GRANULAR	M3	60	83.133,00	4.987.980,00
1.8	RETIRO DE ESCOMBROS A ESCOMBRERA	M3	157	30.999,00	4.866.843,00
2	ESTRUCTURAS EN CONCRETO				
2.1	CONCRETO SOLADO ESPESOR E=0.075 M	M2	62	47.675,00	2.955.850,00
2.2	CONCRETO CICLOPEO 3000 PSI CON FORMAleta	M3	85	534.182,00	45.405.470,00
2.3	CONCRETO ZAPATAS 3000 PSI INC. FORMAleta	M3	31	690.620,00	21.409.220,00
2.4	CONCRETO PEDESTAL	M3	7	825.550,00	5.778.850,00
2.5	CONCRETO VIGAS DE AMARRE DE CIMENTACION	M3	16	766.568,00	12.265.088,00
2.6	COLUMNA CONCRETO 3000 PSI	M3	25	997.198,00	24.929.950,00
2.7	CONCRETO DE PANTALLAS	M3	33	997.198,00	32.907.534,00
2.8	ACERO DE REFUERZO $\geq 1/2"$	KG	38.155	7.997,00	305.125.535,00
2.9	ACERO DE REFUERZO $< 1/2"$	KG	17.000	7.997,00	135.949.000,00
2.10	PLACA ALIGERADA H=0.40 CM	M2	800	236.768,00	189.414.400,00
2.11	ANTEPISO E=0.07 M INCLUYE MALLA ELECT.	M2	183	44.966,00	8.228.778,00
2.12	CONCRETO FONDO FOSO	M3	1	997.198,00	997.198,00
2.13	CONCRETO ESCALERA 3000 PSI	M3	10	1.052.319,00	10.523.190,00
2.14	CONCRETO MUROS Y LOSAS TANQUE SUBTERRANEO 4000 PSI	M3	21	1.053.028,00	22.113.588,00
2.15	COLUMNETAS 12X25 SIN REFUERZO	ML	600	34.632,00	20.779.200,00
2.16	ANCLAJES	UND	800	20.774,00	16.619.200,00
3	MAMPOSTERIA Y PAÑETES				
3.1	MURO DE BLOQUE No. 5	M2	650	32.570,00	21.170.500,00
3.2	PAÑETE DE INTERIORES 1:5	M2	650	19.566,00	12.717.900,00
3.3	PAÑETE ELEMENTOS LINEALES INTERIORES	ML	325	11.720,00	3.809.000,00
3.4	PAÑETE DE EXTERIORES 1:4	M2	650	23.307,00	15.149.550,00
3.5	PAÑETE ELEMENTOS LINEALES DE FACHADA	ML	325	13.974,00	4.541.550,00
3.6	FILOS Y DILATACIONES	ML	520	5.527,00	2.874.040,00
3.7	MESON EN CONCRETO (ancho = 0,60m)	ML	11	94.844,00	1.043.284,00

4 IMPERMEABILIZACION					
4,1	MORTERO DE NIVELACION 6 CM	M2	200	39.257,00	7.851.400,00
4,2	MURO DE ANTEPECHO	ML	62	26.035,00	1.614.170,00
4,3	VIGA CINTA 10X12 SIN REFUERZO	ML	62	31.182,00	1.933.284,00
4,4	MANTO ASFALTICO	M2	236	39.830,00	9.399.880,00
4,5	DOMO ACRILICO 5,00*1,00 m	UND	1	2.887.471,00	2.887.471,00
5 INSTALACIONES HIDRAULICAS Y SANITARIAS					
5.1	PUNTO AGUA FRIA, 1/2"	PTO	27	112.200,00	3.029.400,00
5.2	REGISTRO DE 3/4"	UND	12	46.879,00	562.548,00
5.3	TUBERIA PVC, 1/2"	ML	36	13.503,00	486.108,00
5.4	TUBERIA PVC, 3/4"	ML	30	15.467,00	464.010,00
5.5	TUBERIA PVC 1 RDE 21 - 200 PSI	ML	36	18.930,00	681.480,00
5.6	TUBERIA PVC 1, 1/2" RDE 21 UZ	ML	60	43.196,00	2.591.760,00
5.7	PUNTO SANITARIO PVC 2-3"	PTO	14	93.802,00	1.313.228,00
5.8	PUNTO SANITARIO PVC (SIFON)	PTO	10	93.802,00	938.020,00
5.9	PUNTO SANITARIO PVC 4" (L)	PTO	12	132.816,00	1.593.792,00
5.10	TUBERIA PVC 2" SANITARIA	ML	72	25.399,00	1.828.728,00
5.11	TUBERIA PVC 3" SANITARIA	ML	72	35.801,00	2.577.672,00
5.12	TUBERIA PVC 4" SANITARIA	ML	80	45.042,00	3.603.360,00
5.13	TUBERIA PVC 2" VENTILACION	ML	69	27.238,00	1.879.422,00
5.14	BAJANTES DE AGUAS LLUVIAS 4"	ML	114	34.629,00	3.947.706,00
5.15	REJILLAS DE PISO	UND	12	7.609,00	91.308,00
5.16	CAJA DE INSPECCION	UND	2	749.972,00	1.499.944,00
5.17	DESAGUE DE AIRES ACONDICIONADOS	ML	108	\$ 81.819	8.836.452,00
6 INSTALACIONES ELECTRICAS					
6,1	MALLA PUESTA A TIERRA PARA TABLEROS	UND	1	\$ 4.389.002	4.389.002,00
6,2	AVISOS EN ACRILICO DE SEGURIDAD Y PELIGRO	UND	6	\$ 135.133	810.798,00
6,3	CAJA DE INSPECCION TRIFASICA BAJA TENSION 60*60 CM	UND	3	\$ 1.335.202	4.005.606,00
6,4	GABINETE PRINCIPAL PARA SEIS TOTALIZADORES CON BARRAJE DE 200 AMP	UND	1	\$ 11.316.581	11.316.581,00
6,5	TABLERO TRIFASICO CON ESPACIO PARA TOTALIZADOR DE PISOS DE 24 CIRCUITOS PISO	UND	2	\$ 3.406.291	6.812.582,00
6,6	TABLERO TRIFASICO CON ESPACIO PARA TOTALIZADOR DE PISOS DE 12 CIRCUITOS	UND	2	\$ 2.286.041	4.572.082,00
6,7	TABLERO TRIFASICO CON ESPACIO PARA TOTALIZADOR DE PISOS DE 24 CIRCUITOS PARA AIRES ACONDICIONADOS	UND	2	\$ 3.406.291	6.812.582,00
6,8	ACOMETIDA DE CABLE #8 PARA TABLEROS REGULADO	ML	30	\$ 105.557	3.166.710,00

6,9	ACOMETIDA DE CABLE #2 PARA TABLEROS GENERAL	ML	75	\$ 233.290	17.496.750,00
6,10	ACOMETIDA DE CABLE #6 PARA TABLEROS MOTOBOMBAS	ML	85	\$ 109.720	9.326.200,00
6,11	ACOMETIDA DE CABLE #1/0 PARA TABLEROS DE A.A.	ML	98	\$ 445.841	43.692.418,00
6,12	ACOMETIDA DE CABLE #4/0 PARA GABINETE PRINCIPAL.	ML	68	\$ 490.860	33.378.480,00
6,13	TOTALIZADORES TIPO PESADO 3X125 AMP REGULABLES	UND	4	\$ 1.439.020	5.756.080,00
6,14	TOTALIZADORES TIPO PESADO 3X50 AMP REGULABLES	UND	2	\$ 519.736	1.039.472,00
6,15	SALIDA PARA LUMINARIA TUBERIA MTE O SHC40 LIBRE DE HALOGENOS	UND	188	\$ 190.521	35.817.948,00
6,16	ACOMETIDA DEL TABLERO PRINCIPAL A TABLERO REGULADO 5 CABLE # 4	ML	20	\$ 144.355	2.887.100,00
6,17	ACOMETIDA DE RED TRENZADA REGULADA EN CABLE #12 ROJO, BLANCO VERDE	ML	250	\$ 30.359	7.589.750,00
6,18	ACOMETIDA DE RED TRENZADA REGULADA EN CABLE #12 NEGRO, BLANCO VERDE	ML	250	\$ 30.359	7.589.750,00
6,19	SALIDA PARA TOMAS REGULADOS 110V NARANJA	UND	30	\$ 130.492	3.914.760,00
6,20	SALIDA PARA TOMAS 110V NORMAL	UND	30	\$ 113.130	3.393.900,00
7	ACABADO AREAS INTERIORES Y EXTERIORES				
7,1	PASTA DE EXTERIORES	M2	650	29.482,00	19.163.300,00
7,2	PINTURA EXTERIOR	M2	650	8.485,00	5.515.250,00
7,3	PASTA DE ELEMENTOS LINEALES EXTERIORES	ML	325	15.584,00	5.064.800,00
7,4	PINTURA LINEAL EXTERIOR	ML	325	5.065,00	1.646.125,00
8	PISOS Y ENCHAPES				
8,1	ALISTADO DE PISO E=0,04m	M2	756	38.000,00	28.728.000,00
8,2	ANDEN EN CONCRETO E=0,10m CON MALLA ELECTROSOLDADA	M2	292	60.041,00	17.531.972,00
	COSTO DIRECTO				1.300.202.950,00
	ADMINISTRACION 20%				260.040.590,00
	UTILIDAD 10%				130.020.295,00
	COSTO TOTAL				1.690.263.835,00

A partir de estos datos se elabora una grafica (Figura 5) que resume los valores por capitulo. El valor máximo del valor total de los ítems es 855.402.051,00, correspondiente a las estructuras en concreto. El valor mínimo es 23.686.205,00, correspondiente a la

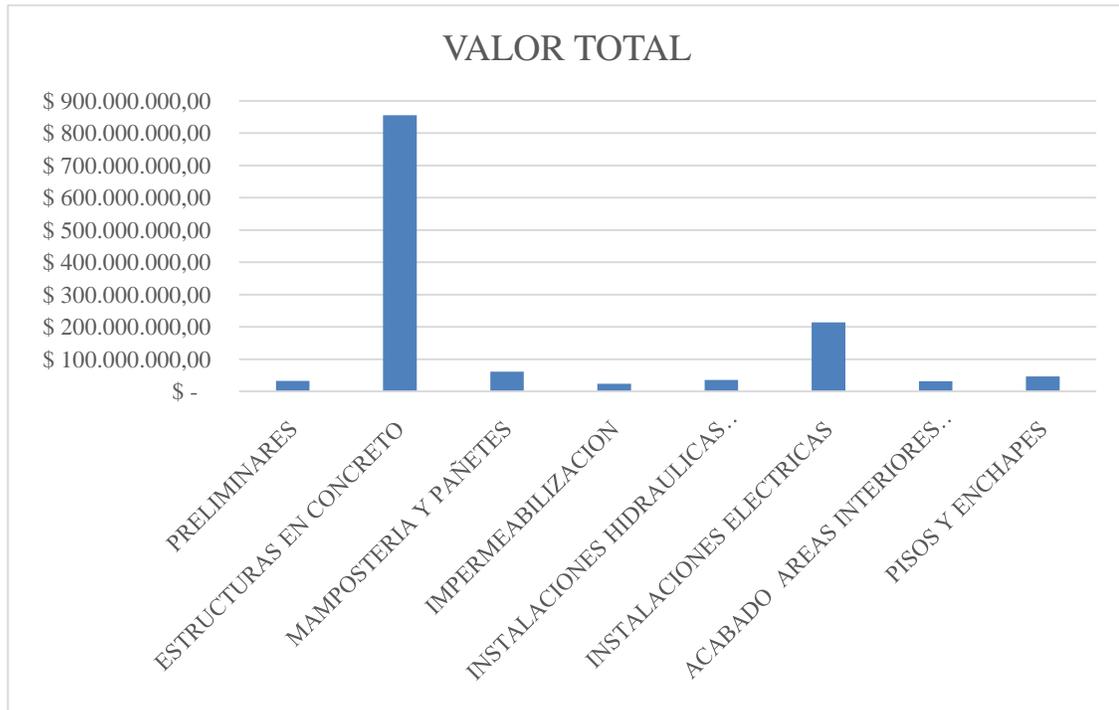
impermeabilización. Así mismo, la media aritmética del valor total de los ítems es \$ 162.650.618,75, lo que indica el promedio de costo que se invierte en cada ítem. La mediana del valor total de los ítems es \$ 44.092.455,00, lo que indica el valor que divide a los datos en dos partes iguales.

La moda del valor total de los ítems no existe, lo que indica que no hay ningún valor que se repita en los datos. Todos los ítems tienen un valor total diferente. El rango del valor total de los ítems es \$ 831.715.846,00, lo que indica la diferencia entre el valor máximo y el mínimo. Esto muestra que hay una gran variabilidad en los costos de los ítems.

La desviación estándar del valor total de los ítems es \$ 264.457.291,87, lo que indica la dispersión de los datos alrededor de la media. Y el coeficiente de variación del valor total de los ítems es 1.63, lo que indica la relación entre la desviación estándar y la media.

Figura 5

Valor total del proyecto por capítulos



Adicionalmente se elabora un análisis de Pareto, el cual es una herramienta que permite identificar los factores más importantes que contribuyen a un efecto o problema. Se basa en el principio de Pareto, que afirma que el 80% de los efectos se debe al 20% de las causas.

Para realizar un análisis de Pareto para los datos del presupuesto, se deben seguir los siguientes pasos:

- Ordenar los ítems de mayor a menor según el valor total.
- Calcular el porcentaje que representa cada ítem sobre el valor total del presupuesto.

- Calcular el porcentaje acumulado de cada ítem, sumando el porcentaje del ítem actual con el del anterior.
- Dibujar un gráfico de barras con los ítems en el eje horizontal y el valor total en el eje vertical. Las barras deben estar ordenadas de mayor a menor según el valor total.
- Dibujar una línea que represente el porcentaje acumulado de cada ítem, usando el eje vertical derecho.
- Identificar el punto donde la línea cruza el 80% del eje vertical. Este punto indica el número de ítems que contribuyen al 80% del valor total del presupuesto.

Para los datos del proyecto el resultado del análisis de Pareto sería el siguiente:

Tabla 6.

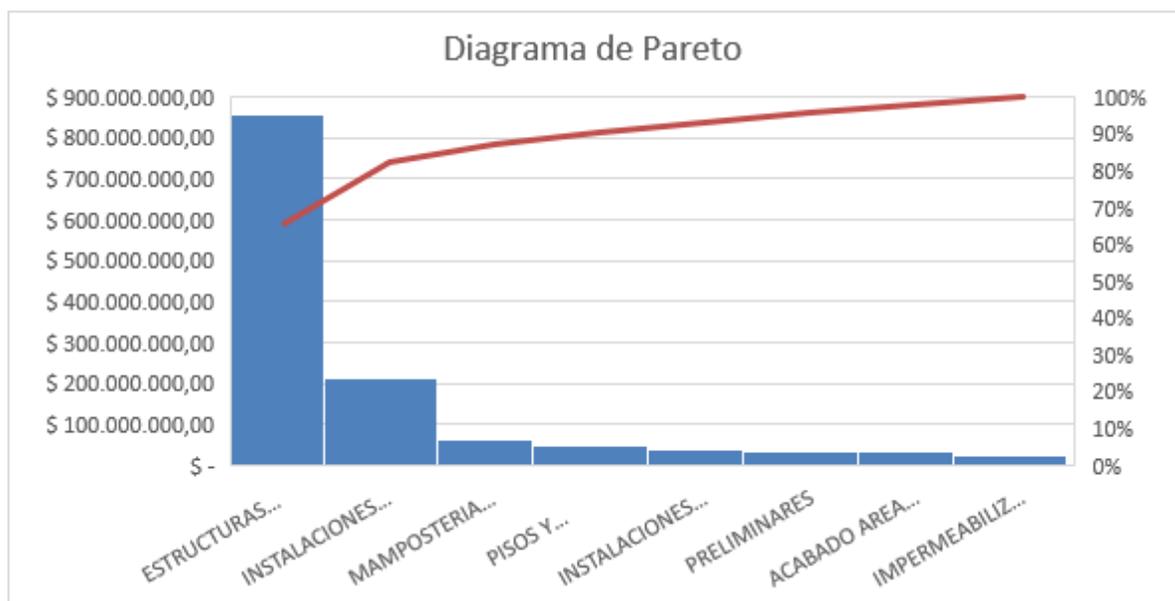
Análisis de Pareto

Ítem	Valor total	Porcentaje	Porcentaje acumulado
ESTRUCTURAS EN CONCRETO	\$ 855.402.051,00	65,8%	65,8%
INSTALACIONES ELECTRICAS	\$ 213.768.551,00	16,4%	82,2%
PRELIMINARES	\$ 32.465.934,00	2,5%	84,7%
MAMPOSTERIA Y PAÑETES	\$ 61.305.824,00	4,7%	89,4%
IMPERMEABILIZACION	\$ 23.686.205,00	1,8%	91,3%
INSTALACIONES HIDRAULICAS Y SANITARIAS	\$ 35.924.938,00	2,8%	94,0%
ACABADO AREAS INTERIORES Y EXTERIORES	\$ 31.389.475,00	2,4%	96,4%
PISOS Y ENCHAPES	\$ 46.259.972,00	3,6%	100,0%

Como se puede observar estructuras en concreto representan el mayor porcentaje (superior al 80%) del valor total del presupuesto, mientras que los demás ítems representan menos del 20%. El punto donde la línea cruza el 80% se corresponde a las estructuras de concreto como se aprecia en la figura 6.

Figura 6

Diagrama de Pareto



4.2.3 Identificación de desperdicios

Esta parte del análisis corresponde a evaluar si hay desperdicios en el proceso, como sobreproducción, tiempos de espera, exceso de inventario, procesos innecesarios, movimientos innecesarios, defectos y subutilización de talento (Panuwatwanich & Nguyen,

2017). Estos desperdicios deben ser identificados y cuantificados. En las tablas 7 y 8 se indica el análisis realizado para los ítem de actividades preliminares y estructuras de concreto. En el anexo 2, se indican los demás capítulos del proyecto.

Tabla 7.

Identificación de desperdicios – Preliminares

ACTIVIDAD	DESPERDICIOS POTENCIALES	IMPACTO
1. PRELIMINARES		
1.1 LOCALIZACION - REPLANTEO OBRA	Sobreproducción (materiales en exceso), Procesos innecesarios (replanteo innecesario)	Aumento de costos, Retrasos
1.2 CERRAMIENTO TELA FIB. TEJIDA	Exceso de inventario (tela fibrosa)	Costos de almacenamiento
1.3 EXCAVACION MANUAL	Espera (trabajadores esperando equipo)	Aumento de tiempo de producción
1.4 EXCAVACION MECANICA	Sobreproducción (excavación en exceso)	Aumento de costos
1.5 COMPACTACION DE RELLENO MANUAL	Movimientos innecesarios (desplazamiento), Tiempos de espera (espera para compactar)	Aumento de tiempo y costos
1.6 SUB-BASE GRANULAR	Exceso de inventario (materiales), Procesos innecesarios (sobrepreparación)	Costos de almacenamiento, Aumento de costos
1.7 BASE GRANULAR	Sobreproducción (uso excesivo de material)	Aumento de costos
1.8 RETIRO DE ESCOMBROS A ESCOMBRERA	Sobreproducción (más escombros de lo necesario)	Aumento de costos

Tabla 8.

Identificación de desperdicios – Estructuras de concreto

ACTIVIDAD	DESPERDICIOS POTENCIALES	IMPACTO
2. ESTRUCTURAS EN CONCRETO		

2.1 CONCRETO SOLADO ESPESOR E=0.075 M	Sobreproducción (concreto en exceso), Defectos (mala calidad)	Aumento de costos, Retrabajos
2.2 CONCRETO CICLOPEO 3000 PSI CON FORMALETA	Sobreproducción (concreto en exceso), Procesos innecesarios (formaleteo excesivo)	Aumento de costos, Retrasos
2.3 CONCRETO ZAPATAS 3000 PSI INC. FORMALETA	Sobreproducción (concreto en exceso), Procesos innecesarios (formaleteo excesivo)	Aumento de costos, Retrasos
2.4 CONCRETO PEDESTAL	Sobreproducción (más concreto del necesario), Defectos (mala calidad)	Aumento de costos, Retrabajos
2.5 CONCRETO VIGAS DE AMARRE DE CIMENTACION	Sobreproducción (concreto en exceso), Defectos (mala calidad)	Aumento de costos, Retrabajos
2.6 COLUMNA CONCRETO 3000 PSI	Sobreproducción (concreto en exceso), Defectos (mala calidad)	Aumento de costos, Retrabajos
2.7 CONCRETO DE PANTALLAS	Sobreproducción (concreto en exceso), Defectos (mala calidad)	Aumento de costos, Retrabajos
2.8 ACERO DE REFUERZO $\geq 1/2"$	Exceso de inventario (acero), Movimientos innecesarios (transporte innecesario de acero)	Costos de almacenamiento, Aumento de tiempo y costos
2.9 ACERO DE REFUERZO $< 1/2"$	Exceso de inventario (acero), Movimientos innecesarios (transporte innecesario de acero)	Costos de almacenamiento, Aumento de tiempo y costos
2.10 PLACA ALIGERADA H=0.40 CM	Sobreproducción (más placas de lo necesario)	Aumento de costos
2.11 ANTEPISO E=0.07 M INCLUYE MALLA ELECT.	Sobreproducción (más material eléctrico), Procesos innecesarios (instalación innecesaria)	Aumento de costos
2.12 CONCRETO FONDO FOSO	Sobreproducción (concreto en exceso), Defectos (mala calidad)	Aumento de costos, Retrabajos
2.13 CONCRETO ESCALERA 3000 PSI	Sobreproducción (concreto en exceso), Defectos (mala calidad)	Aumento de costos, Retrabajos

2.14 CONCRETO MUROS Y LOSAS TANQUE SUBTERRANEO 4000 PSI	Sobreproducción (concreto en exceso), Defectos (mala calidad)	Aumento de costos, Retrabajos
2.15 COLUMNAS 12X25 SIN REFUERZO	Sobreproducción (más concreto del necesario)	Aumento de costos
2.16 ANCLAJES	Exceso de inventario (anclajes), Movimientos innecesarios (transporte innecesario de anclajes)	Costos de almacenamiento, Aumento de tiempo y costos

Propuesta de mejoras planteadas:

Para cada actividad identificada, se proponen algunas mejoras para reducir los desperdicios potenciales y mitigar los impactos asociados. A continuación se describe por actividades las propuestas realizadas y su impacto.

Actividad 1.1: Localización - Replanteo Obra

Mejora: Realizar un estudio detallado de la ubicación antes del replanteo para reducir la necesidad de ajustes posteriores.

Impacto Esperado: Reducción de costos y tiempos de producción.

Actividad 1.2: Cerramiento Tela Fibrosa Tejida

Mejora: Implementar un sistema de gestión de inventario para controlar y reducir el exceso de tela fibrosa.

Impacto Esperado: Reducción de costos de almacenamiento y minimización de inventarios.

Actividad 1.3: Excavación Manual

Mejora: Coordinar adecuadamente la disponibilidad de equipos y trabajadores para evitar tiempos de espera.

Impacto Esperado: Disminución del tiempo de producción y aumento de la eficiencia.

Actividad 1.4: Excavación Mecánica

Mejora: Utilizar tecnologías de medición para determinar la cantidad de excavación necesaria y evitar excesos.

Impacto Esperado: Reducción de costos al evitar excavaciones innecesarias.

Actividad 1.5: Compactación de Relleno Manual

Mejora: Planificar y programar la compactación de manera eficiente para minimizar los tiempos de espera.

Impacto Esperado: Reducción de costos y tiempos de producción.

Actividad 1.6: Sub-Base Granular

Mejora: Calcular con precisión la cantidad de material requerido para evitar sobrepreparación y exceso de inventario.

Impacto Esperado**: Reducción de costos de almacenamiento y minimización de desperdicios.

Actividad 1.7: Base Granular

Mejora: Utilizar mediciones y cálculos precisos para determinar la cantidad necesaria de material.

Impacto Esperado: Reducción de costos al evitar el uso excesivo de material.

Actividad 1.8: Retiro de Escombros a Escombrera

Mejora: Establecer un sistema eficiente de gestión de escombros para evitar la generación de más residuos de los necesarios.

Impacto Esperado: Reducción de costos asociados al retiro de escombros.

Actividad 2.1: Concreto Solado Espesor $E=0.075$ M

Mejora: Realizar cálculos precisos para determinar la cantidad exacta de concreto necesaria.

Impacto Esperado: Reducción de costos y evitación de retrabajos.

Actividad 2.2: Concreto Ciclopeo 3000 PSI con Formaleta

Mejora: Utilizar mediciones y cálculos precisos para evitar la sobreproducción de concreto y reducir el uso excesivo de formaleteo.

Impacto Esperado: Reducción de costos y tiempos de producción.

Actividad 2.3: Concreto Zapatas 3000 PSI Inc. Formaleta

Mejora: Calcular con precisión la cantidad de concreto necesario y optimizar el proceso de formateo.

Impacto Esperado: Reducción de costos y evitación de retrabajos.

Actividad 2.4: Concreto Pedestal

Mejora: Realizar cálculos detallados para evitar la sobreproducción de concreto y garantizar la calidad.

Impacto Esperado: Reducción de costos y minimización de retrabajos.

Actividad 2.5: Concreto Vigas de Amarre de Cimentación

Mejora: Utilizar mediciones precisas para determinar la cantidad exacta de concreto requerida.

Impacto Esperado: Reducción de costos y evitación de retrabajos.

Actividad 2.6: Columna Concreto 3000 PSI

Mejora: Calcular con precisión la cantidad de concreto necesaria y asegurar la calidad del material.

Impacto Esperado: Reducción de costos y minimización de retrabajos.

Actividad 2.7: Concreto de Pantallas

Mejora: Realizar cálculos detallados para evitar la sobreproducción de concreto y garantizar la calidad.

Impacto Esperado: Reducción de costos y minimización de retrabajos.

Actividad 2.8 y 2.9: Acero de Refuerzo

Mejora: Implementar un sistema de gestión de inventario para controlar y reducir el exceso de acero.

Impacto Esperado: Reducción de costos de almacenamiento y minimización de inventarios.

Actividad 2.10: Placa Aligerada H=0.40 CM

Mejora: Realizar cálculos precisos para determinar la cantidad exacta de placas necesarias.

Impacto Esperado: Reducción de costos y evitación de retrabajos.

Actividad 2.11: Antepiso E=0.07 M Incluye Malla Elect.

Mejora: Planificar y programar la instalación de material eléctrico de manera eficiente para evitar procesos innecesarios.

Impacto Esperado**: Reducción de costos y tiempos de producción.

Actividad 2.12, 2.13 y 2.14: Concreto Fondo Foso, Escalera 3000 PSI, Muros y Losas
Tanque Subterráneo 4000 PSI

Mejora: Realizar cálculos detallados para evitar la sobreproducción de concreto y garantizar la calidad.

Impacto Esperado: Reducción de costos y minimización de retrabajos.

Actividad 2.15: Columnas 12X25 Sin Refuerzo

Mejora: Calcular con precisión la cantidad de concreto necesaria para evitar la sobreproducción.

Impacto Esperado: Reducción de costos.

Actividad 2.16: Anclajes

Mejora: Implementar un sistema de gestión de inventario para controlar y reducir el exceso de anclajes.

Impacto Esperado: Reducción de costos de almacenamiento y minimización de inventarios.

4.2.4 Medición del desempeño

En esta parte del análisis se compara los datos recopilados con los objetivos del proyecto y los principios de Lean Construction. Se miden indicadores clave de desempeño, como la eficiencia del flujo de trabajo, los tiempos de ciclo, la utilización de recursos, la calidad del trabajo y la satisfacción del cliente.

El procedimiento para la medición del desempeño consistió en:

1. Preparación de la Evaluación:

- a. Reunir al equipo de encargados de calidad del proyecto.
- b. Distribuir la lista de actividades de construcción y los indicadores a evaluar.
- c. Establecer el rango de puntuación de 1 a 5, donde 1 indica un bajo acople entre el indicador y el objetivo, y 5 indica un alto acople.

2. Definición de Indicadores y Objetivos:

- a. Para cada actividad de construcción, revisar los indicadores propuestos por la filosofía Lean Construction:

- Eficiencia del Flujo de Trabajo
- Cumplimiento de Plazos
- Utilización de Recursos
- Calidad del Trabajo
- Satisfacción del Cliente

- b. Establecer los objetivos específicos del proyecto para cada indicador.

3. Mesa de Trabajo y Evaluación:

- a. Conducir una reunión con los encargados de calidad del proyecto para discutir y evaluar las actividades.

- b. Para cada actividad, fomentar la discusión sobre el nivel de acople entre el indicador y el objetivo del proyecto.

c. Asignar una puntuación entre 1 y 5 para cada indicador, reflejando el grado de alineación entre el objetivo y la ejecución real de la actividad.

4. Registro de Evaluaciones:

a. Documentar las puntuaciones asignadas a cada actividad y su correspondiente indicador.

b. Mantener un registro detallado de las discusiones y justificaciones para las puntuaciones asignadas.

5. Análisis de Resultados:

a. Revisar las puntuaciones asignadas y analizar las áreas que requieren mejora.

b. Identificar tendencias y patrones en las evaluaciones para implementar acciones correctivas o mejoras en las actividades de construcción.

6. Implementación de Mejoras:

a. Basándose en las evaluaciones, elaborar un plan de acción para implementar mejoras en las actividades con puntuaciones más bajas.

b. Asignar responsabilidades específicas para llevar a cabo las mejoras y establecer plazos.

7. Seguimiento y Reevaluación:

a. Monitorear la implementación de las mejoras y realizar un seguimiento de su impacto en el desempeño de las actividades.

b. Programar reuniones periódicas para reevaluar las actividades y ajustar las puntuaciones según corresponda.

8. Informe de Resultados:

a. Preparar un informe detallado que incluya las evaluaciones de las actividades, las puntuaciones asignadas y las acciones tomadas para mejorar el desempeño.

b. Compartir el informe con el equipo de proyecto y otras partes interesadas según sea necesario.

Este procedimiento asegura una evaluación sistemática y fundamentada del desempeño de las actividades de construcción, permitiendo la identificación de áreas de mejora y la implementación de acciones correctivas para garantizar la alineación con los objetivos del proyecto. En las tablas 9 y 10 se indican la medición de desempeño realizada. Y en el anexo 2 se indica el análisis realizado para las demás actividades.

Tabla 9.

Medición del desempeño – Preliminares

Actividad	Indicador de Desempeño	Objetivo del Proyecto	Puntuación (1-5)
1.1 LOCALIZACIÓN - REPLANTEO OBRA	Eficiencia del Flujo de Trabajo	Consiste en la colocación y estacionamiento de la obra.	3
	Cumplimiento de Plazos		4
	Utilización de Recursos		4
	Calidad del Trabajo		5

	Satisfacción del Cliente		5
	Eficiencia del Flujo de Trabajo		3
1.2 CERRAMIENTO TELA FIB. TEJIDA H=2.10 M-SINB	Cumplimiento de Plazos	Se realiza la instalación de cerramiento en tela verde para aislar la zona de trabajo.	3
	Utilización de Recursos		4
	Calidad del Trabajo		5
	Satisfacción del Cliente		4
	Eficiencia del Flujo de Trabajo		3
1.3 EXCAVACIÓN MANUAL	Cumplimiento de Plazos	Excavación manual de las zapatas.	3
	Utilización de Recursos		3
	Calidad del Trabajo		5
	Satisfacción del Cliente		3
	Eficiencia del Flujo de Trabajo		3
1.4 EXCAVACIÓN MECÁNICA	Cumplimiento de Plazos	Excavación mecánica de las zapatas	3
	Utilización de Recursos		5
	Calidad del Trabajo		5
	Satisfacción del Cliente		3
	Eficiencia del Flujo de Trabajo		3
1.5 COMPACTACIÓN DE RELLENO MANUALMENTE	Cumplimiento de Plazos	Se compacta el relleno que se depositó en las excavaciones de las zapatas.	4
	Utilización de Recursos		4
	Calidad del Trabajo		5
	Satisfacción del Cliente		5
	Eficiencia del Flujo de Trabajo		5
1.6 SUB-BASE GRANULAR	Cumplimiento de Plazos	Colocación de subbase granular para el piso del edificio	5
	Utilización de Recursos		4
	Calidad del Trabajo		4
	Satisfacción del Cliente		4
	Eficiencia del Flujo de Trabajo		5
1.7 BASE GRANULAR	Cumplimiento de Plazos	Colocación de base granular para el piso del edificio.	3
	Utilización de Recursos		3
	Calidad del Trabajo		4
	Satisfacción del Cliente		3
	Eficiencia del Flujo de Trabajo		5
1.8 RETIRO DE ESCOMBROS A ESCOMBRERA	Cumplimiento de Plazos	Retiros de escombros en volquetas de 7M3	4
	Utilización de Recursos		4
	Calidad del Trabajo		5
	Satisfacción del Cliente		4
	Eficiencia del Flujo de Trabajo		4

Tabla 10.

Medición del desempeño – Estructuras de concreto

Actividad	Indicador de Desempeño	Objetivo del Proyecto	Puntuación (1-5)
2.1 CONCRETO SOLADO	Eficiencia del Flujo de Trabajo	Concreto solado para	5

ESPESOR E=0.075 M	Cumplimiento de Plazos	las vigas de	4
	Utilización de Recursos	cimentación del	5
	Calidad del Trabajo	edificio.	3
	Satisfacción del Cliente		5
2.2 CONCRETO CICLOPEO 3000 PSI CON FORMALETA	Eficiencia del Flujo de Trabajo		4
	Cumplimiento de Plazos	Concreto ciclópeo para	3
	Utilización de Recursos	mayor compactación y	4
	Calidad del Trabajo	soporte del terreno para	3
	Satisfacción del Cliente	el edificio.	5
2.3 CONCRETO ZAPATAS 3000 PSI INC. FORMALETA	Eficiencia del Flujo de Trabajo		3
	Cumplimiento de Plazos	Concreto de zapatas del	4
	Utilización de Recursos	edificio.	4
	Calidad del Trabajo		5
	Satisfacción del Cliente		5
2.4 CONCRETO PEDESTAL	Eficiencia del Flujo de Trabajo		4
	Cumplimiento de Plazos	Concreto pedestal de	4
	Utilización de Recursos	las columnas del	5
	Calidad del Trabajo	edificio.	4
	Satisfacción del Cliente		4
2.5 CONCRETO VIGAS DE AMARRE DE CIMENTACION	Eficiencia del Flujo de Trabajo		4
	Cumplimiento de Plazos	Concreto de vigas de	4
	Utilización de Recursos	amarre del edificio	5
	Calidad del Trabajo		3
	Satisfacción del Cliente		3
2.6 COLUMNA CONCRETO 3000 PSI	Eficiencia del Flujo de Trabajo		4
	Cumplimiento de Plazos	Concreto de columnas	3
	Utilización de Recursos	del edificio.	5
	Calidad del Trabajo		3
	Satisfacción del Cliente		5
2.7 CONCRETO DE PANTALLAS	Eficiencia del Flujo de Trabajo		3
	Cumplimiento de Plazos	Concreto de pantallas	4
	Utilización de Recursos	del edificio	5
	Calidad del Trabajo		3
	Satisfacción del Cliente		3
2.8 ACERO DE REFUERZO \geq 1/2"	Eficiencia del Flujo de Trabajo	Contempla el hierro	4
	Cumplimiento de Plazos	mayor a 1/2 utilizado	4
	Utilización de Recursos	en la estructura, tanto	4
	Calidad del Trabajo	como pantallas y	3
	Satisfacción del Cliente	columnas como para la	4
2.9 ACERO DE REFUERZO $<$ 1/2"	Eficiencia del Flujo de Trabajo	placa.	5
	Cumplimiento de Plazos	Contempla el hierro	4
	Utilización de Recursos	menor a 1/2 utilizado	5
	Calidad del Trabajo	en la estructura, tanto	5
	Satisfacción del Cliente	como pantallas y	4
		columnas como para la	5
		placa.	4

2.10 PLACA ALIGERADA H=0.40 CM	Eficiencia del Flujo de Trabajo		3
	Cumplimiento de Plazos	Instalación de cada una de las placas que tiene la estructura	5
	Utilización de Recursos		3
	Calidad del Trabajo		3
	Satisfacción del Cliente		3
Eficiencia del Flujo de Trabajo			4
2.11 ANTEPISO E=0.07 M INCLUYE MALLA ELECT.	Cumplimiento de Plazos	Instalación del antepiso del primer piso con malla electro soldada.	5
	Utilización de Recursos		4
	Calidad del Trabajo		3
	Satisfacción del Cliente		5
	Eficiencia del Flujo de Trabajo		
2.12 CONCRETO FONDO FOSO	Cumplimiento de Plazos	Instalación de concreto del fondo del foso del ascensor	5
	Utilización de Recursos		5
	Calidad del Trabajo		4
	Satisfacción del Cliente		5
	Eficiencia del Flujo de Trabajo		
2.13 CONCRETO ESCALERA 3000 PSI	Cumplimiento de Plazos	Involucra la instalación la escalera en todos los pisos del edificio.	5
	Utilización de Recursos		3
	Calidad del Trabajo		5
	Satisfacción del Cliente		4
	Eficiencia del Flujo de Trabajo		
2.14 CONCRETO MUROS Y LOSAS TANQUE SUBTERRANEO 4000 PSI	Cumplimiento de Plazos	Instalación de concreto de muros y losas de tanque subterráneo	5
	Utilización de Recursos		4
	Calidad del Trabajo		3
	Satisfacción del Cliente		5
	Eficiencia del Flujo de Trabajo		
2.15 COLUMNAS 12X25 SIN REFUERZO	Cumplimiento de Plazos	Instalación de las columnetas para darle un mejor soporte a los muros de bloque N°5	4
	Utilización de Recursos		4
	Calidad del Trabajo		4
	Satisfacción del Cliente		3
	Eficiencia del Flujo de Trabajo		
2.16 ANCLAJES	Cumplimiento de Plazos	Anclajes de las columnetas con epoxico.	4
	Utilización de Recursos		3
	Calidad del Trabajo		5
	Satisfacción del Cliente		4
	Eficiencia del Flujo de Trabajo		

4.2.5 Identificación de fortalezas y debilidades

Posteriormente se realiza un análisis de cómo se están aplicando los principios Lean en el proyecto. Se identifican las áreas en las que el proyecto está alineado con los

principios y está logrando resultados eficientes y de alta calidad. También se identifica las áreas donde se están presentando desafíos y se desvía de los principios Lean (Chen et al., 2017).

A continuación, se presenta una identificación de fortalezas y debilidades en la aplicación de los principios Lean en las actividades de Preliminares del proyecto:

Fortalezas:

- **Eficiencia del Flujo de Trabajo:** En general, se observa una eficiencia en el flujo de trabajo de las actividades de Preliminares, lo que ha permitido cumplir con los plazos establecidos.
- **Cumplimiento de Plazos:** Las actividades de Preliminares se han completado dentro de los plazos previstos, lo que demuestra una planificación adecuada y una gestión del tiempo efectiva.
- **Utilización de Recursos:** Se ha logrado una buena utilización de los recursos disponibles, evitando la sobreutilización o el desperdicio de materiales y mano de obra.
- **Satisfacción del Cliente:** Aunque no se mencionan datos específicos, la satisfacción del cliente se considera una fortaleza cuando no se informan problemas importantes o quejas.

Debilidades y Desafíos:

- Exceso de Inventario: Puede haber un riesgo de exceso de inventario en las actividades de Preliminares, especialmente en la adquisición de materiales, lo que podría resultar en costos adicionales.
- Sobreproducción: Si no se planifica y coordina adecuadamente, podría haber casos de sobreproducción de elementos o actividades innecesarias en la etapa de Preliminares.
- Defectos: No se menciona explícitamente el control de calidad en las actividades de Preliminares. La falta de control de calidad riguroso podría resultar en defectos que generen retrabajo y costos adicionales.
- Subutilización de Talento: No se menciona cómo se está gestionando el talento y si se está aprovechando al máximo el potencial del personal involucrado.
- Movimientos Innecesarios: No se detalla si se están realizando movimientos innecesarios de materiales o personal en el sitio de construcción, lo que podría afectar la eficiencia.
- Procesos Innecesarios: No se especifica si existen procesos innecesarios en las actividades de Preliminares que podrían eliminarse para aumentar la eficiencia.
- Gestión de Residuos: No se menciona cómo se está manejando el retiro de escombros y si se está gestionando de manera eficiente.

Ahora, las fortalezas y debilidades en la aplicación de los principios Lean en las actividades relacionadas con las Estructuras en Concreto corresponden a:

Fortalezas en la Aplicación de Principios Lean:

- **Eficiencia del Flujo de Trabajo:** Se observa que las actividades relacionadas con el concreto, como la colocación de zapatillas, columnas y vigas, se realizan de manera eficiente, evitando retrasos significativos.
- **Cumplimiento de Plazos:** El proyecto parece cumplir con los plazos establecidos para las actividades de concreto, lo que indica una planificación efectiva y gestión del tiempo.
- **Calidad del Trabajo:** Se están utilizando estándares de calidad adecuados para las actividades de concreto, lo que resulta en la entrega de estructuras sólidas y seguras.
- **Utilización de Recursos:** La utilización de recursos, como el concreto y el acero de refuerzo, parece estar bien gestionada, evitando desperdicios y sobreutilización.

Debilidades y Desafíos en la Aplicación de Principios Lean:

- **Exceso de Inventario:** Puede haber un exceso de inventario de ciertos materiales como el concreto y el acero de refuerzo, lo que podría resultar en costos adicionales y almacenamiento innecesario.
- **Sobreproducción:** Si no se coordina adecuadamente, podría haber casos de sobreproducción de elementos de concreto, como vigas y columnas, lo que aumentaría los costos y el desperdicio.
- **Defectos:** Es importante controlar la calidad en todas las etapas de las actividades de concreto para evitar defectos que puedan requerir retrabajo y aumentar los costos.
- **Subutilización de Talento:** Es posible que el personal no esté completamente aprovechado en todas las actividades, lo que podría desencadenar subutilización de talento.
- **Movimientos Innecesarios:** Puede haber movimientos innecesarios de materiales y trabajadores en el sitio de construcción si no se optimiza el flujo de trabajo.
- **Procesos Innecesarios:** Es importante revisar si hay actividades innecesarias que podrían eliminarse sin afectar la calidad o la eficiencia.
- **Satisfacción del Cliente:** La satisfacción del cliente es clave en cualquier proyecto, y es importante asegurarse de que el cliente esté satisfecho con el resultado final.

Con respecto a las actividades de Mampostería y Pañetes del proyecto se identifica lo siguiente:

Fortalezas en la Aplicación de Principios Lean:

- Utilización de Recursos: En general, parece haber una buena utilización de los recursos, evitando el desperdicio de materiales y mano de obra en las actividades de Mampostería y Pañetes.
- Eficiencia del Flujo de Trabajo: Se observa una eficiencia en el flujo de trabajo, lo que ha permitido completar las actividades dentro de los plazos establecidos.

Debilidades y Desafíos en la Aplicación de Principios Lean:

- Defectos y Control de Calidad: No se menciona explícitamente el control de calidad en las actividades de Mampostería y Pañetes. La falta de control de calidad riguroso podría resultar en defectos que generen retrabajo y costos adicionales.
- Exceso de Inventario: Puede haber un riesgo de exceso de inventario en la adquisición de materiales, lo que podría resultar en costos adicionales y almacenamiento innecesario.

- **Sobreproducción:** Si no se planifica y coordina adecuadamente, podría haber casos de sobreproducción de elementos o actividades innecesarias en la etapa de Mampostería y Pañetes.
- **Subutilización de Talento:** No se menciona cómo se está gestionando el talento y si se está aprovechando al máximo el potencial del personal involucrado.
- **Movimientos Innecesarios:** No se detalla si se están realizando movimientos innecesarios de materiales o personal en el sitio de construcción, lo que podría afectar la eficiencia.
- **Procesos Innecesarios:** No se especifica si existen procesos innecesarios en las actividades de Mampostería y Pañetes que podrían eliminarse para aumentar la eficiencia.
- **Satisfacción del Cliente:** No se menciona cómo se está gestionando la satisfacción del cliente en estas actividades, lo que es esencial para mantener una buena relación y futuros proyectos.

Sobre las actividades de Impermeabilización del proyecto, se planteó lo siguiente:

Fortalezas en la Aplicación de Principios Lean:

- Utilización de Recursos: En general, parece haber una buena utilización de los recursos en las actividades de Impermeabilización, evitando el desperdicio de materiales y mano de obra.
- Eficiencia del Flujo de Trabajo: Se observa una eficiencia en el flujo de trabajo, lo que ha permitido completar las actividades dentro de los plazos establecidos.

Debilidades y Desafíos en la Aplicación de Principios Lean:

- Control de Calidad: No se menciona explícitamente el control de calidad en las actividades de Impermeabilización. La falta de control de calidad riguroso podría resultar en defectos que generen retrabajo y costos adicionales.
- Exceso de Inventario: Puede haber un riesgo de exceso de inventario en la adquisición de materiales, como mantos asfálticos y domos acrílicos, lo que podría resultar en costos adicionales y almacenamiento innecesario.
- Sobreproducción: Si no se planifica y coordina adecuadamente, podría haber casos de sobreproducción de elementos o actividades innecesarias en la etapa de Impermeabilización.
- Subutilización de Talento: No se menciona cómo se está gestionando el talento y si se está aprovechando al máximo el potencial del personal involucrado.

- **Movimientos Innecesarios:** No se detalla si se están realizando movimientos innecesarios de materiales o personal en el sitio de construcción, lo que podría afectar la eficiencia.
- **Procesos Innecesarios:** No se especifica si existen procesos innecesarios en las actividades de Impermeabilización que podrían eliminarse para aumentar la eficiencia.
- **Satisfacción del Cliente:** No se menciona cómo se está gestionando la satisfacción del cliente en estas actividades, lo que es esencial para mantener una buena relación y futuros proyectos.

Con respecto a las Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias del proyecto se identificó lo siguiente:

Fortalezas en la Aplicación de Principios Lean:

- **Utilización de Recursos:** En general, parece haber una buena utilización de los recursos en las actividades de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, evitando el desperdicio de materiales y mano de obra.
- **Eficiencia del Flujo de Trabajo:** Se observa una eficiencia en el flujo de trabajo, lo que ha permitido completar las actividades dentro de los plazos establecidos.

- Control de Inventarios: No se menciona explícitamente, pero es probable que se mantenga un control adecuado de los inventarios de tuberías y otros materiales necesarios para estas instalaciones.

Debilidades y Desafíos en la Aplicación de Principios Lean:

- Control de Calidad: No se menciona explícitamente el control de calidad en las actividades de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias. La falta de control de calidad riguroso podría resultar en defectos que generen retrabajo y costos adicionales.
- Sobreproducción: Si no se planifica y coordina adecuadamente, podría haber casos de sobreproducción de elementos o actividades innecesarias en la etapa de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias.
- Movimientos Innecesarios: No se detalla si se están realizando movimientos innecesarios de materiales o personal en el sitio de construcción, lo que podría afectar la eficiencia.
- Procesos Innecesarios: No se especifica si existen procesos innecesarios en las actividades de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias que podrían eliminarse para aumentar la eficiencia.
- Satisfacción del Cliente: No se menciona cómo se está gestionando la satisfacción del cliente en estas actividades, lo que es esencial para mantener una buena relación y futuros proyectos.

Para el caso de las actividades de Instalaciones Eléctricas del proyecto se identificó lo siguiente:

Fortalezas en la Aplicación de Principios Lean:

- Utilización de Recursos: En general, parece haber una buena utilización de los recursos en las actividades de Instalaciones Eléctricas, evitando el desperdicio de materiales y mano de obra.
- Eficiencia del Flujo de Trabajo: Se observa una eficiencia en el flujo de trabajo, lo que ha permitido completar las actividades dentro de los plazos establecidos.
- Control de Inventarios: No se menciona explícitamente, pero es probable que se mantenga un control adecuado de los inventarios de cables, tableros, y otros materiales eléctricos.

Debilidades y Desafíos en la Aplicación de Principios Lean:

- Control de Calidad: No se menciona explícitamente el control de calidad en las actividades de Instalaciones Eléctricas. La falta de control de calidad riguroso podría resultar en defectos que generen retrabajo y costos adicionales.

- **Sobreproducción:** Si no se planifica y coordina adecuadamente, podría haber casos de sobreproducción de elementos o actividades innecesarias en la etapa de Instalaciones Eléctricas.
- **Movimientos Innecesarios:** No se detalla si se están realizando movimientos innecesarios de materiales o personal en el sitio de construcción, lo que podría afectar la eficiencia.
- **Procesos Innecesarios:** No se especifica si existen procesos innecesarios en las actividades de Instalaciones Eléctricas que podrían eliminarse para aumentar la eficiencia.
- **Satisfacción del Cliente:** No se menciona cómo se está gestionando la satisfacción del cliente en estas actividades, lo que es esencial para mantener una buena relación y futuros proyectos.

A continuación, analizan las actividades de Acabado de Áreas Interiores y Exteriores del proyecto:

Fortalezas en la Aplicación de Principios Lean:

- **Utilización de Recursos:** En general, parece haber una buena utilización de los recursos en las actividades de Acabado de Áreas Interiores y Exteriores, evitando el desperdicio de materiales y mano de obra.

- Eficiencia del Flujo de Trabajo: Se observa una eficiencia en el flujo de trabajo, lo que ha permitido completar las actividades dentro de los plazos establecidos.
- Control de Inventarios: No se menciona explícitamente, pero es probable que se mantenga un control adecuado de los inventarios de materiales de acabado, como pintura y pasta.

Debilidades y Desafíos en la Aplicación de Principios Lean:

- Control de Calidad: No se menciona explícitamente el control de calidad en las actividades de Acabado de Áreas Interiores y Exteriores. La falta de control de calidad riguroso podría resultar en defectos que generen retrabajo y costos adicionales.
- Sobreproducción: Si no se planifica y coordina adecuadamente, podría haber casos de sobreproducción de elementos o actividades innecesarias en la etapa de acabado.
- Movimientos Innecesarios: No se detalla si se están realizando movimientos innecesarios de materiales o personal en el sitio de construcción, lo que podría afectar la eficiencia.
- Procesos Innecesarios: No se especifica si existen procesos innecesarios en las actividades de Acabado de Áreas Interiores y Exteriores que podrían eliminarse para aumentar la eficiencia.

- Satisfacción del Cliente: No se menciona cómo se está gestionando la satisfacción del cliente en estas actividades, lo que es esencial para mantener una buena relación y futuros proyectos.

Con respecto a las actividades de Pisos y Enchapes del proyecto, se identificó lo siguiente:

Fortalezas en la Aplicación de Principios Lean:

- Utilización de Recursos: En general, parece haber una buena utilización de los recursos en las actividades de Pisos y Enchapes, evitando el desperdicio de materiales y mano de obra.
- Eficiencia del Flujo de Trabajo: Se observa una eficiencia en el flujo de trabajo, lo que ha permitido completar las actividades dentro de los plazos establecidos.
- Control de Inventarios: No se menciona explícitamente, pero es probable que se mantenga un control adecuado de los inventarios de materiales de acabado, como baldosas y concreto.

Debilidades y Desafíos en la Aplicación de Principios Lean:

- Control de Calidad: No se menciona explícitamente el control de calidad en las actividades de Pisos y Enchapes. La falta de control de calidad riguroso podría resultar en defectos que generen retrabajo y costos adicionales.
- Sobreproducción: Si no se planifica y coordina adecuadamente, podría haber casos de sobreproducción de elementos o actividades innecesarias en la etapa de Pisos y Enchapes.
- Movimientos Innecesarios: No se detalla si se están realizando movimientos innecesarios de materiales o personal en el sitio de construcción, lo que podría afectar la eficiencia.
- Procesos Innecesarios: No se especifica si existen procesos innecesarios en las actividades de Pisos y Enchapes que podrían eliminarse para aumentar la eficiencia.
- Satisfacción del Cliente: No se menciona cómo se está gestionando la satisfacción del cliente en estas actividades, lo que es esencial para mantener una buena relación y futuros proyectos.

En términos generales, algunas acciones que pueden contribuir a una aplicación más efectiva de los principios Lean y a la mejora del desempeño en el desempeño de las diferentes actividades son:

- Establecer un sistema de gestión de inventario más eficiente para evitar excesos y escaseces de materiales.

- Evaluar y optimizar la secuencia de actividades para reducir la sobreproducción y los movimientos innecesarios.
- Proporcionar capacitación y desarrollo de habilidades al personal para aumentar la eficiencia.
- Establecer un sistema de control de calidad riguroso en todas las etapas de las actividades para minimizar defectos.
- Evaluar y optimizar la secuencia de actividades para reducir la sobreproducción y los movimientos innecesarios.
- Realizar un análisis detallado de procesos para identificar y eliminar actividades innecesarias.
- Mantener una comunicación constante con el cliente para entender sus expectativas y requerimientos, asegurando su satisfacción a lo largo del proyecto.

4.3. Proponer una metodología para la gestión y control de calidad en la construcción de elementos estructurales en edificaciones verticales apoyados en los principios del seis SIGMA.

En el ámbito de la construcción de edificaciones verticales, la búsqueda constante de eficiencia, calidad y seguridad en cada etapa del proceso constructivo ha sido una prioridad fundamental. En este contexto, la metodología Seis Sigma ha emergido como una herramienta fundamental para gestionar y controlar la calidad en la construcción de

elementos estructurales. Esta metodología, originada en el ámbito industrial, se ha adaptado y aplicado con éxito en diversas industrias, y su implementación en la construcción promete transformar la manera en que se abordan los desafíos de calidad y eficiencia en este sector.

El enfoque central de la metodología Seis Sigma radica en la minimización de defectos y variaciones en los procesos productivos, con el objetivo de alcanzar un nivel de calidad excepcionalmente alto. Para ello, se basa en un riguroso análisis de datos, la identificación de factores críticos y el diseño de soluciones que eliminen o reduzcan la presencia de errores. Aplicada a la construcción de elementos estructurales en edificaciones verticales, esta metodología ofrece un enfoque estructurado y cuantificable para abordar desafíos inherentes a la calidad, como el control de dimensiones, resistencia de materiales y la coherencia entre planos y construcción real.

En este contexto, con el desarrollo de este objetivo se propone explorar la aplicación de los principios del Seis Sigma en la gestión y control de calidad de elementos estructurales en edificaciones verticales. Se examinarán tanto los fundamentos teóricos de la metodología como sus aplicaciones prácticas en proyectos reales, evidenciando sus beneficios potenciales y desafíos específicos en el contexto de la construcción..

4.3.1 Seis SIGMA

En el contexto de la gestión de proyectos, Seis Sigma es una metodología basada en datos que es ampliamente reconocida por su eficacia para mejorar procesos, reducir defectos y mejorar la calidad general. Emplea un enfoque estructurado y disciplinado para identificar y eliminar variaciones y errores en los procesos, lo que en última instancia conduce a una mayor eficiencia y satisfacción del cliente (Erdil et al., 2018; Ishak et al., 2019).

Incorporar los principios de Seis Sigma en el enfoque de un proyecto implica varios pasos clave. El proyecto comienza con la selección de un proceso o área específica que requiere mejora. Esto podría abarcar desde la fabricación hasta la prestación de servicios o cualquier otro proceso relacionado con el proyecto. Una vez identificado el proceso, se forma un equipo multifuncional para analizar los datos existentes e identificar áreas de preocupación (Ishak et al., 2019).

Luego, el equipo utiliza el marco DMAIC: *Define, Measure, Analyze, Improve, Control*, que en español serían (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar), que es el núcleo de la metodología Seis Sigma (Ishak et al., 2019).

- Definir: En esta fase, el equipo define claramente el problema, los objetivos, el alcance y las métricas de mejora. Este paso garantiza que todos estén alineados y centrados en los mismos objetivos.

- Medida: La recopilación precisa de datos es esencial en Seis Sigma. El equipo mide el desempeño actual del proceso y recopila datos relevantes para comprender el alcance del problema y su impacto en el proyecto.

- Analizar: Aquí, el equipo profundiza en los datos para identificar las causas fundamentales de los problemas. Esta fase a menudo implica el uso de herramientas como mapeo de procesos, análisis estadístico y diagramas de causa y efecto para identificar los problemas subyacentes.

- Mejorar: Con base en el análisis, el equipo desarrolla y prueba posibles soluciones. Estas soluciones tienen como objetivo eliminar o mitigar las causas fundamentales identificadas. El equipo implementa la solución más viable y evalúa su impacto.

- Control: En la fase final, el equipo establece controles para asegurar que el proceso mejorado se mantenga estable en el tiempo. Se implementan mecanismos y métricas de seguimiento para detectar cualquier desviación y abordarla con prontitud.

En todo el enfoque del proyecto Seis Sigma, es primordial centrarse en la toma de decisiones basada en datos. La metodología fomenta la mejora continua y un enfoque sistemático para la resolución de problemas. Al utilizar los principios de Seis Sigma en la gestión de proyectos, las organizaciones pueden mejorar los resultados de los proyectos, optimizar los procesos y lograr mayores niveles de satisfacción del cliente, contribuyendo

en última instancia al éxito general del proyecto (Ishak et al., 2019; Sreeram & Thondiyath, 2015).

4.3.2 Fundamentación de la metodología propuesta

Una metodología integral para la gestión y control de la calidad en la construcción de elementos estructurales en edificios verticales, sustentada en los principios de Seis Sigma, debe abarcar consideraciones básicas que corresponden a:

1. **Definición y alineación del proyecto:** Se deben definir claramente las metas, el alcance y los objetivos del proyecto. Garantizar la alineación entre el equipo del proyecto, las partes interesadas y los principios generales de Seis Sigma para establecer una base sólida para los esfuerzos de mejora de la calidad.

2. **Formación del equipo:** Es necesario contar con un equipo multifuncional con experiencia diversa, incluidos ingenieros, arquitectos, gerentes de construcción, profesionales de control de calidad y analistas de datos. Este equipo será responsable de impulsar la iniciativa Seis Sigma e implementar mejoras de calidad.

3. **Identificación de Procesos:** Se deben identificar los procesos constructivos específicos relacionados con elementos estructurales en edificaciones verticales que requieren gestión de calidad.

4. Recopilación y análisis de datos: Es necesario reunir datos relevantes relacionados con los procesos identificados. Medir los indicadores clave de rendimiento (KPI), como la resistencia del material, la precisión dimensional, el cumplimiento del cronograma del proyecto y las tasas de defectos. Y analizar estos datos para identificar patrones, tendencias y áreas de mejora.

5. Implementación del marco DMAIC: que como se mencionó anteriormente corresponden a:

- Definir: Definir claramente los problemas de calidad y los objetivos de mejora. Establecer métricas y objetivos específicos para mejorar la calidad.
- Medida: Recopilar datos precisos y completos sobre los KPI identificados. Esto podría implicar mediciones in situ, pruebas de materiales y registro de datos.
- Analizar: Utilizar análisis estadístico y técnicas de análisis de causa raíz para identificar las causas subyacentes de los problemas de calidad. Determinar si las variaciones se deben a problemas de materiales, métodos de construcción u otros factores.
- Mejorar: Desarrollar e implementar soluciones específicas para abordar las causas fundamentales identificadas. Esto podría implicar revisar los procedimientos de construcción, utilizar materiales de mayor calidad, implementar mejores programas de capacitación, etc.
- Control: Establecer mecanismos de seguimiento para asegurar mejoras sostenidas en la calidad. Establecer protocolos para realizar un seguimiento de los KPI en

curso, realizar auditorías periódicas y garantizar que se tomen acciones correctivas si se producen desviaciones.

6. Cultura de Mejora Continua: Fomentar una cultura de mejora continua dentro del equipo de construcción. Fomentar la comunicación abierta, el intercambio de ideas y la voluntad de aceptar el cambio para lograr estándares de calidad más altos.

7. Colaboración de proveedores y contratistas: Colaborar estrechamente con proveedores y contratistas para garantizar que comprendan y cumplan los estándares de calidad establecidos a través de la metodología Seis Sigma. Mantener líneas de comunicación abiertas para abordar cualquier problema con prontitud.

8. Capacitación y desarrollo de habilidades: Proporcionar capacitación continua al equipo de construcción para garantizar que estén equipados con las habilidades y conocimientos necesarios para ejecutar tareas con precisión y calidad.

9. Documentación e informes: Mantener registros detallados de todos los procesos, datos, análisis y mejoras realizadas. Esta documentación sirve como un recurso valioso para proyectos futuros y para demostrar el cumplimiento de los estándares de calidad.

10. Comentarios e iteración: Solicite comentarios de todas las partes interesadas involucradas en el proceso de construcción, incluidos trabajadores, supervisores e incluso

ocupantes del edificio. Utilice esta retroalimentación para repetir el enfoque de gestión de calidad y realizar los ajustes necesarios.

Al integrar estas consideraciones, una metodología para la gestión y el control de la calidad en la construcción de elementos estructurales en edificios verticales, basada en los principios de Seis Sigma, puede conducir a mejoras consistentes en la calidad de la construcción, reducción de defectos, mayor seguridad y, en última instancia, un mayor éxito. y edificios duraderos.

4.3.3 Metodología propuesta

La metodología propuesta consta como se aprecia en la Figura 6 de 11 etapas. Es una propuesta de metodología integral para gestionar y garantizar el control de calidad en la construcción de elementos estructurales dentro de un proyecto de edificación vertical, utilizando los principios de Seis Sigma:

En detalle en cada una de las etapas se plantea lo siguiente: la etapa uno, corresponde al Inicio y alineación del proyecto:

- Definir metas, objetivos y alcance del proyecto.
- Establecer una comprensión clara de cómo se integrarán los principios Seis Sigma en el proyecto.
- Identificar las partes interesadas clave y sus roles en la gestión de la calidad.

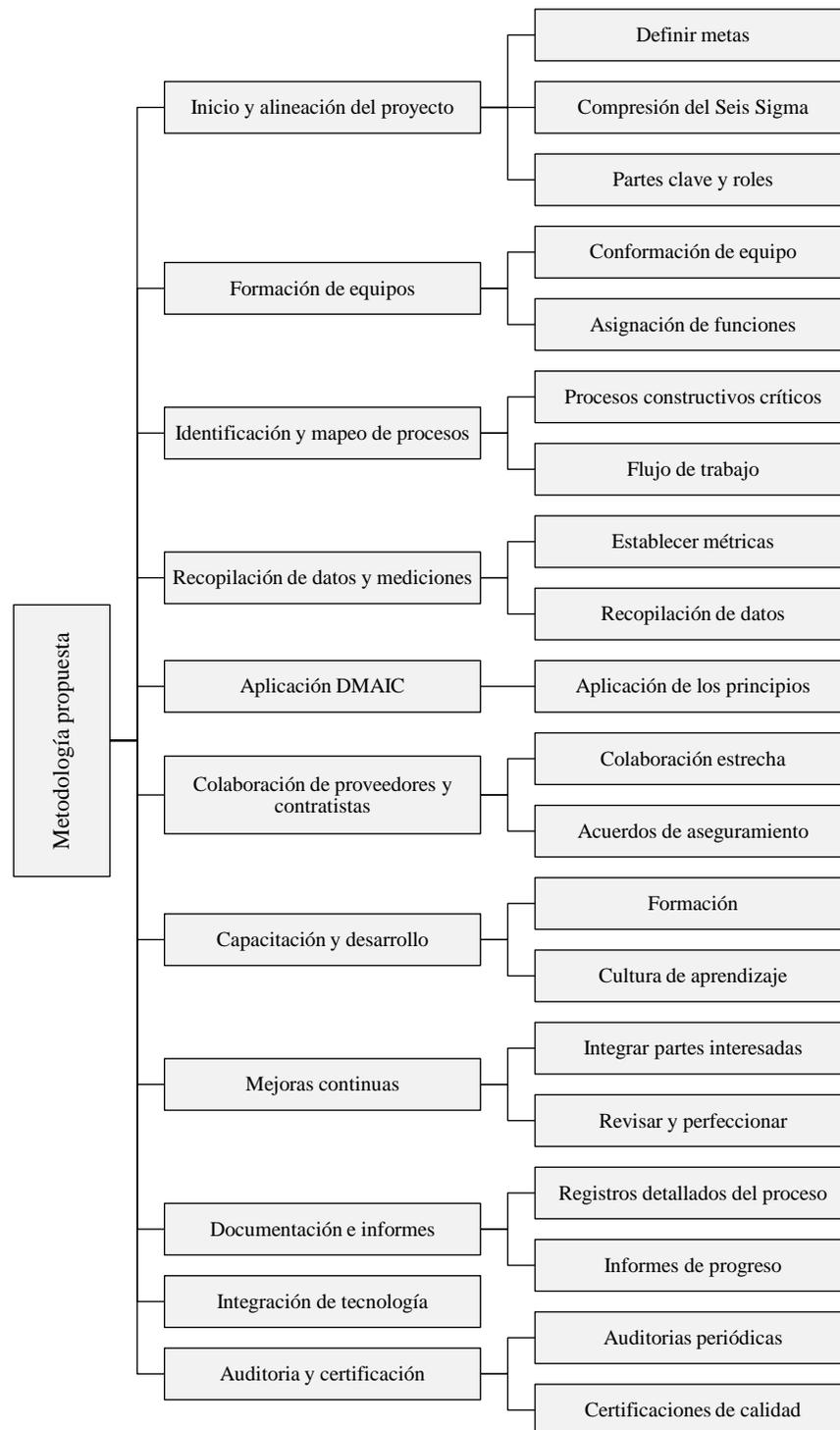
En la etapa dos, correspondiente a la formación de equipos multifuncionales se plantea:

- Conformar un equipo con experiencia en construcción, ingeniería, control de calidad, análisis de datos y metodologías Seis Sigma.
- Asignar roles y responsabilidades dentro del equipo.

En la etapa tres de Identificación y Mapeo de Procesos:

Figura 7

Diagrama de la metodología propuesta



- Identificar procesos constructivos críticos relacionados con elementos estructurales (p. ej., vertido de hormigón, refuerzo de acero, construcción de cimientos).

- Trazar los flujos de trabajo, entradas, salidas y posibles puntos de variación.

La etapa cuatro que corresponde a Recopilación de datos y medición de referencia, se propone:

- Establecer métricas de referencia para indicadores clave de calidad, como resistencia del material, precisión dimensional y cumplimiento de las especificaciones de diseño.
- Recopile datos relevantes a través de rigurosas inspecciones, pruebas y registros de datos in situ.

En la etapa cinco, la mas importante de las once planteadas, que corresponde a la Aplicación del marco DMAIC:**

- Definir:
 - Articular claramente los objetivos de calidad para cada proceso identificado.
 - Establecer objetivos medibles para la reducción de defectos y la mejora de procesos.
- Medida:
 - Realizar mediciones e inspecciones exhaustivas utilizando herramientas calibradas.

- Desarrollar un plan de recopilación de datos que garantice coherencia y precisión.

- Analizar:

- Analizar los datos recopilados utilizando herramientas estadísticas para identificar patrones y causas fundamentales de los defectos.
- Priorizar las áreas con mayor impacto en la mejora de la calidad.

- Mejorar:

- Desarrollar estrategias de mejora basadas en el análisis de datos e identificación de causa raíz.
- Implementar cambios en los procesos, como modificar los métodos de construcción, mejorar los programas de capacitación y optimizar la selección de materiales.

- Control:

- Establecer mecanismos de control para sostener las mejoras en el tiempo.
- Implementar procedimientos operativos estándar (SOP) para guiar a los trabajadores y garantizar la coherencia.
- Monitorear los KPI regularmente e implementar acciones correctivas si ocurren desviaciones.

En la etapa seis, la cual corresponde a la Colaboración de proveedores y contratistas, se plantea:

- Colaborar estrechamente con los proveedores para garantizar la entrega constante de materiales de alta calidad.

- Desarrollar acuerdos de aseguramiento de calidad con proveedores para mantener los estándares.

En la etapa siete que corresponde a la Capacitación y desarrollo de habilidades, se propone:

- Proporcionar formación al personal de construcción para mejorar sus habilidades y comprensión de los requisitos de calidad.

- Fomentar una cultura de aprendizaje y mejora continua.

En la etapa ocho, correspondiente a la fase de Comentarios y mejoras continuas se plantea:

- Involucrar a las partes interesadas en todos los niveles para brindar comentarios sobre problemas de calidad y sugerencias de mejora.

- Revisar y perfeccionar periódicamente la metodología en función de las lecciones aprendidas y la dinámica cambiante del proyecto.

En la etapa nueve la cual es la Documentación e informes, se plantea:

- Mantener registros detallados de todos los procesos, mediciones, análisis y mejoras.

- Generar informes de progreso periódicos para las partes interesadas, destacando las mejoras y los desafíos continuos.

En la etapa diez, denominada de Integración de tecnología, se plantea:

- Explorar el uso de tecnologías avanzadas como el modelado de información de construcción (BIM) y el monitoreo en tiempo real para mejorar la precisión y la detección temprana de defectos.

Finalmente, en la etapa once de Auditoría y Certificación se propone:

- Realizar periódicamente auditorías de calidad independientes para asegurar el cumplimiento de la metodología de gestión de calidad establecida.
- Obtener certificaciones de la industria relacionadas con la gestión de calidad de la construcción.

Al implementar esta metodología integral, el proyecto de construcción de edificios verticales puede integrar efectivamente los principios Seis Sigma para gestionar y controlar la calidad de sus elementos estructurales. Este enfoque fomenta una cultura de mejora continua, minimiza los defectos, mejora la seguridad y contribuye a la finalización exitosa de un edificio de alta calidad.

Conclusiones

El desarrollo del proyecto de construcción denominado “Construcción de estructura, mampostería e instalaciones eléctricas y electricidad del edificio de laboratorios de física de la universidad francisco de paula Santander” se ejecutó con la duración establecida y dentro del presupuesto asignado. La evaluación de los Procesos Constructivos con el propósito de gestionar la calidad permitió establecer mediante verificaciones exhaustivas y evaluaciones detalladas de cada una de las actividades involucradas. Aspectos cruciales, tales como dimensiones, alineaciones, calidad de los materiales, aplicación de medidas de seguridad y cumplimiento de las regulaciones pertinentes, que fueron observados y analizados.

Como parte del análisis del desempeño real del proyecto se consolidaron diferentes datos relacionados con el proyecto, como el tiempo requerido para cada actividad, los recursos utilizados, los costos asociados y cualquier problema o retraso que haya ocurrido durante el proceso de construcción, se observó que hubo una adecuada gestión del tiempo y el presupuesto, y los imprevistos identificados lograron gestionarse a tiempo, permitiendo reducir el desperdicio de las actividades ejecutadas. Y se llevo un especial control de los capítulos de Estructuras de Concreto e Instalaciones eléctricas, las cuales según el análisis de Pareto podrían concentrar el mayor porcentaje de problemas. Este análisis permitió identificar las áreas en las que el proyecto está alineado con los principios y está logrando resultados eficientes y de alta calidad. También se identifica las áreas donde se están presentando desafíos y se desvía de los principios Lean, para hacer los ajustes respectivos.

Así mismo, se identificó el enfoque central de la metodología Seis Sigma el cual radica en la minimización de defectos y variaciones en los procesos productivos, con el objetivo de alcanzar un nivel de calidad excepcionalmente alto. Para ello, se basa en un riguroso análisis de datos, la identificación de factores críticos y el diseño de soluciones que eliminen o reduzcan la presencia de errores. Aplicada a la construcción de elementos estructurales en edificaciones verticales, esta metodología ofrece un enfoque estructurado y cuantificable para abordar desafíos inherentes a la calidad, como el control de dimensiones, resistencia de materiales y la coherencia entre planos y construcción real.

Referencias

- Alencastro, J., Fuertes, A., & de Wilde, P. (2018). The relationship between quality defects and the thermal performance of buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *81*, 883–894. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.08.029>
- Androwis, N., Sweis, R. J., Tarhini, A., Moarefi, A., & Hosseini Amiri, M. (2018). Total quality management practices and organizational performance in the construction chemicals companies in Jordan. *Benchmarking*, *25*(8), 3180–3205. <https://doi.org/10.1108/BIJ-05-2017-0094>
- Andújar-Montoya, M. D., Gilart-Iglesias, V., Montoyo, A., & Marcos-Jorquera, D. (2015). A construction management framework for mass customisation in traditional construction. *Sustainability (Switzerland)*, *7*(5), 5182–5210. <https://doi.org/10.3390/su7055182>
- Chen, K.-S., & Chang, T.-C. (2020). Construction and fuzzy hypothesis testing of Taguchi Six Sigma quality index. *International Journal of Production Research*, *58*(10), 3110–3125. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1629671>
- Chen, K.-S., Chen, H.-T., & Chang, T.-C. (2017). The construction and application of Six Sigma quality indices. *International Journal of Production Research*, *55*(8), 2365–2384. <https://doi.org/10.1080/00207543.2016.1246763>
- Dixit, S., Mandal, S. N., Sawhney, A., & Singh, S. (2017). Area of linkage between lean construction and sustainability in indian construction industry. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, *8*(8), 623–636.

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0->

[85028312536&partnerID=40&md5=de36c5d06517689354290494ebf01074](https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85028312536&partnerID=40&md5=de36c5d06517689354290494ebf01074)

Du, G., Liu, Y., Yu, F., Liu, M., & Zheng, H. (2016). Evolution of concepts of cultivated land quality and recognition. *Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 32(14), 243–249.

<https://doi.org/10.11975/j.issn.1002-6819.2016.14.032>

Erdil, N. O., Aktas, C. B., & Arani, O. M. (2018). Embedding sustainability in lean six sigma efforts. *Journal of Cleaner Production*, 198, 520–529.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.048>

Goh, M., & Goh, Y. M. (2019). Lean production theory-based simulation of modular construction processes. *Automation in Construction*, 101, 227–244.

<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.12.017>

Isa, M. F. M., & Usmen, M. (2015). Improving university facilities services using Lean Six Sigma: a case study. *Journal of Facilities Management*, 13(1), 70–84.

<https://doi.org/10.1108/JFM-09-2013-0048>

Ishak, A., Siregar, K., & Naibaho, H. (2019). Quality Control with Six Sigma DMAIC and Grey Failure Mode Effect Anaysis (FMEA): A Review. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 505(1). [https://doi.org/10.1088/1757-](https://doi.org/10.1088/1757-899X/505/1/012057)

[899X/505/1/012057](https://doi.org/10.1088/1757-899X/505/1/012057)

Jong, C.-Y., Sim, A. K. S., & Lew, T. Y. (2019). The relationship between TQM and project performance: Empirical evidence from Malaysian construction industry.

Cogent Business and Management, 6(1), 1–31.

<https://doi.org/10.1080/23311975.2019.1568655>

Juliani, F., & de Oliveira, O. J. (2020). Lean Six Sigma principles and practices under a management perspective. *Production Planning and Control*, 31(15), 1223–1244.

<https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1702225>

Keshk, A. M., Maarouf, I., & Annany, Y. (2018). Special studies in management of construction project risks, risk concept, plan building, risk quantitative and qualitative analysis, risk response strategies. *Alexandria Engineering Journal*, 57(4), 3179–3187.

<https://doi.org/10.1016/j.aej.2017.12.003>

Nagi, A., & Altarazi, S. (2017). Integration of value stream map and strategic layout planning into DMAIC approach to improve carpeting process. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 10(1), 74–97. <https://doi.org/10.3926/jiem.2040>

Oakland, J. S., & Marosszeky, M. (2017). Total Construction Management: Lean quality in construction project delivery. In *Total Construction Management: Lean quality in construction project delivery*. <https://doi.org/10.4324/9781315694351>

Othman, I., Norfarahhanim Mohd Ghani, S., & Woon Choon, S. (2020). The Total Quality Management (TQM) journey of Malaysian building contractors. *Ain Shams Engineering Journal*, 11(3), 697–704. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2019.11.002>

Panuwatwanich, K., & Nguyen, T. T. (2017). Influence of Organisational Culture on Total Quality Management Implementation and Firm Performance: Evidence from the Vietnamese Construction Industry. *Management and Production Engineering Review*, 8(1), 5–15. <https://doi.org/10.1515/mper-2017-0001>

- Sabet, E., Adams, E., & Yazdani, B. (2016). Quality management in heavy duty manufacturing industry: TQM vs. Six Sigma. *Total Quality Management and Business Excellence*, 27(1–2), 215–225. <https://doi.org/10.1080/14783363.2014.972626>
- Siddiqui, S. Q., Ullah, F., Thaheem, M. J., & Gabriel, H. F. (2016). Six Sigma in construction: a review of critical success factors. *International Journal of Lean Six Sigma*, 7(2), 171–186. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-11-2015-0045>
- Sreedharan V, R., Sandhya, G., & Raju, R. (2018). Development of a Green Lean Six Sigma model for public sectors. *International Journal of Lean Six Sigma*, 9(2), 238–255. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-02-2017-0020>
- Sreeram, T. R., & Thondiyath, A. (2015). Combining Lean and Six Sigma in the context of Systems Engineering design. *International Journal of Lean Six Sigma*, 6(4), 290–312. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-07-2014-0022>
- Sunindijo, R. Y. (2015). Project manager skills for improving project performance. *International Journal of Business Performance Management*, 16(1), 67–83. <https://doi.org/10.1504/IJBPM.2015.066041>
- Ullah, F., Thaheem, M. J., Siddiqui, S. Q., & Khurshid, M. B. (2017). Influence of Six Sigma on project success in construction industry of Pakistan. *TQM Journal*, 29(2), 276–309. <https://doi.org/10.1108/TQM-11-2015-0136>
- Uluskan, M. (2016). A comprehensive insight into the Six Sigma DMAIC toolbox. *International Journal of Lean Six Sigma*, 7(4), 406–429. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-10-2015-0040>

- Vilventhan, A., Ram, V. G., & Sugumaran, S. (2019). Value stream mapping for identification and assessment of material waste in construction: A case study. *Waste Management and Research*, 37(8), 815–825.
<https://doi.org/10.1177/0734242X19855429>
- Wang, J., & Zhong, L. (2017). Problems and suggestion for developing ecological construction in land management work. *Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 33(5), 308–314.
<https://doi.org/10.11975/j.issn.1002-6819.2017.05.044>
- Wen, Y., Zhang, S., Zhang, J., Bao, S., Wu, X., Yang, D., & Wu, Y. (2020). Mapping dynamic road emissions for a megacity by using open-access traffic congestion index data. *Applied Energy*, 260. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114357>
- Willar, D., Coffey, V., & Trigunarysyah, B. (2015). Examining the implementation of ISO 9001 in Indonesian construction companies. *TQM Journal*, 27(1), 94–107.
<https://doi.org/10.1108/TQM-08-2012-0060>
- Wu, B., Wang, M., Grotzer, T. A., Liu, J., & Johnson, J. M. (2016). Visualizing complex processes using a cognitive-mapping tool to support the learning of clinical reasoning. *BMC Medical Education*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s12909-016-0734-x>
- Zhou, Z., Goh, Y. M., & Li, Q. (2015). Overview and analysis of safety management studies in the construction industry. *Safety Science*, 72, 337–350.
<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2014.10.006>

Apéndice

Apéndice A.

A continuación, se indica la Evaluación de los procesos constructivos

Proceso Constructivo	Verificaciones y Evaluaciones	S i	N o	Observaciones Generales	Acciones Correctivas	Registro fotográfico
3.0 MAMPOSTERIA Y PAÑETES						Ninguna
MURO DE BLOQUE No. 5	- Verificar que el muro esté nivelado y plomado.	X		- Se ha construido el muro de bloque No. 5.	Ninguna	
PAÑETE DE INTERIORES 1:5	- Revisar la calidad del pañete.	X		- El pañete de interiores 1:5 ha sido aplicado.	Ninguna	

PAÑETE ELEMENTOS LINEALES INTERIORES	- Comprobar que los elementos estén nivelados.	X	- Los elementos lineales interiores han sido pañeteados.	Ninguna	
PAÑETE DE EXTERIORES 1:4	- Evaluar la adherencia del pañete.	X	- El pañete de exteriores 1:4 se ha completado.	Ninguna	
PAÑETE ELEMENTOS LINEALES DE FACHADA	- Verificar que los elementos estén alineados.	X	- Se han pañeteado los elementos lineales de fachada.	Ninguna	

FILOS Y DILATAIONES	- Inspeccionar la correcta ejecución.	X	- Los fillos y dilataciones se han atendido.	Ninguna	
MESON EN CONCRETO (ancho = 0,60m)	- Medir la nivelación y espesor del concreto.	X	- El mesón en concreto con ancho de 0.60m está construido.	Ninguna	
4.0 IMPERMEABILIZACION				Ninguna	

MORTERO DE NIVELACIÓN 6 CM	- Medir el grosor en varios puntos.	X	- El grosor del mortero de nivelación es de 6 cm.	Ninguna	
- Grosor del mortero		X		Ninguna	
- Nivelación	- Corregir desniveles si es necesario.	X	- Verificar que la superficie esté nivelada.	Ninguna	
MURO DE ANTEPECHO		X		Ninguna	
- Construcción del muro	- Inspeccionar la calidad de la construcción.	X	- El muro de antepecho ha sido construido.	Ninguna	

VIGA CINTA 10X12 SIN REFUERZO	- Verificar la alineación y nivelación.	X	- La viga cinta de 10x12 sin refuerzo está instalada.	Ninguna	
MANTO ASFALTICO	- Comprobar que no haya burbujas o arrugas.	X	- El manto asfáltico ha sido colocado correctamente	Ninguna	
- Instalación del manto	- Comprobar que no haya burbujas o arrugas.	X	- El manto asfáltico ha sido colocado correctamente	Ninguna	

DOMO ACRÍLICO 5,00*1,00 m	X	Ninguna	
- Instalación del domo	- Verificar la estanqueidad y sellado. X	- El domo acrílico de 5,00*1,00 m está instalado.	Ninguna
5.0 INSTALACIONES HIDRAULICAS Y SANITARIAS		Ninguna	

PUNTO AGUA FRIA, 1/2"

X

Ninguna



- Conexión y sellado

- Verificar que no haya fugas de agua.

X

- La conexión del punto de agua fría de 1/2" es adecuada.

Ninguna

REGISTRO DE 3/4"

- Comprobar que se pueda abrir y cerrar.

X

- El registro de 3/4" está instalado.

Ninguna

TUBERIA PVC, 1/2"

- Inspeccionar
la alineación y **X**
sellado.

- La tubería
de PVC de
1/2" está
colocada.

Ninguna



TUBERIA PVC, 3/4"	- Verificar las conexiones y sellado.	X	- La tubería de PVC de 3/4" está correctamente instalada.	Ninguna	
TUBERIA PVC 1 RDE 21 - 200 PSI	- Inspeccionar la calidad de la tubería.	X	- La tubería de PVC 1 con resistencia de 21 - 200 PSI está instalada.	Ninguna	
TUBERIA PVC 1, 1/2" RDE 21 UZ	- Verificar las conexiones y sellado.	X	- La tubería de PVC 1 1/2" con resistencia de 21 UZ está instalada.	Ninguna	

PUNTO SANITARIO PVC 2-3"

- Comprobar que no haya fugas.

X

- El punto sanitario PVC de 2-3" ha sido instalado.

Ninguna



PUNTO SANITARIO PVC (SIFON)

- Inspeccionar el sellado y funcionamiento.

X

- El punto sanitario PVC con sifón está instalado.

Ninguna



PUNTO SANITARIO PVC 4" (L)

- Verificar que
no haya fugas.

X

- El punto
sanitario PVC
de 4" en
forma de "L"
ha sido
instalado.

Ninguna



TUBERIA PVC 2" SANITARIA

- Inspeccionar el sellado y alineación.

X

- La tubería de PVC de 2" sanitaria está correctamente instalada.

Ninguna



TUBERIA PVC 3" SANITARIA

- Comprobar que no haya obstrucciones.

X

- La tubería de PVC de 3" sanitaria está instalada.

Ninguna



TUBERIA PVC 4" SANITARIA	- Inspeccionar el sellado y alineación.	X	- La tubería de PVC de 4" sanitaria está instalada.	Ninguna	
TUBERIA PVC 2" VENTILACION	- Verificar que esté conectada correctamente.	X	- La tubería de PVC de 2" de ventilación está instalada.	Ninguna	
BAJANTES DE AGUAS LLUVIAS 4"	- Comprobar que no haya obstrucciones.	X	- Los bajantes de aguas lluvias de 4" están instalados.	Ninguna	

REJILLAS DE PISO

- Inspeccionar que estén niveladas y no haya deformaciones

X

- Las rejillas de piso han sido instaladas.

Ninguna



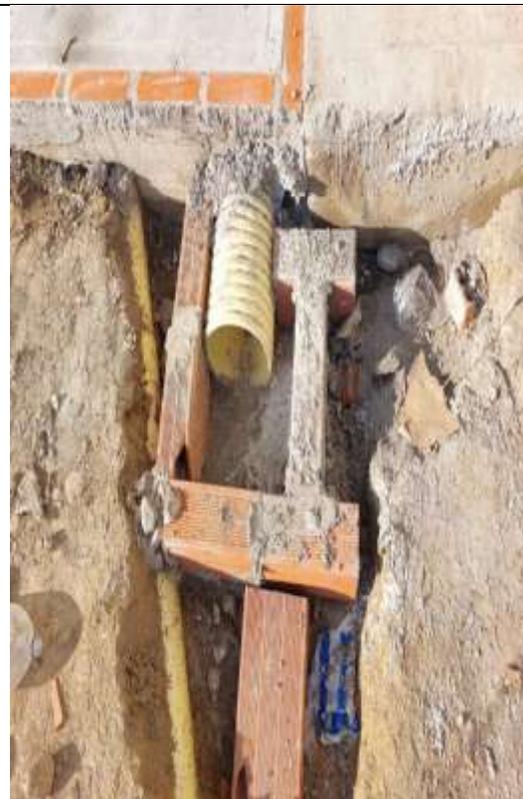
CAJA DE INSPECCION

- Verificar el sellado y tapa de la caja.

X

- La caja de inspección está colocada en la ubicación prevista.

Ninguna



DESAGÜE DE AIRES ACONDICIONADOS

- Comprobar que no haya obstrucciones.

- Los desagües de aires acondicionados están instalados.



6.0 INSTALACIONES

Ninguna

ELECTRICAS

MALLA PUESTA A TIERRA PARA
TABLEROS

X

Ninguna



- Instalación de la malla de tierra

- Verificar la
conexión
adecuada a
tierra.

X

- La malla de
puesta a tierra
para tableros
ha sido
instalada.

Ninguna

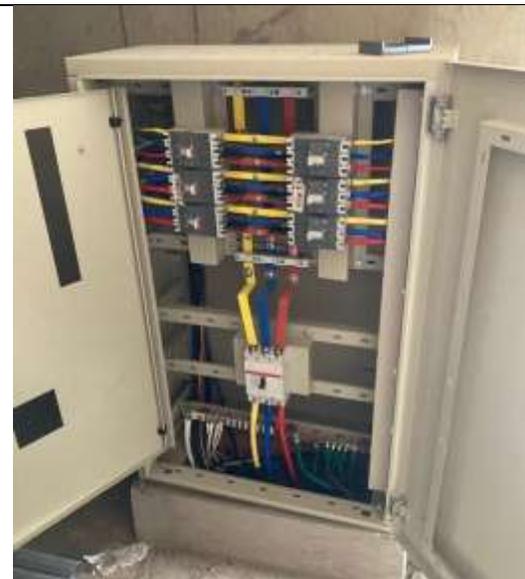
AVISOS EN ACRÍLICO DE
SEGURIDAD Y PELIGRO

X

Ninguna



- Colocación de los avisos en acrílico	- Comprobar que estén bien visibles y legibles.	X	- Los avisos de seguridad y peligro en acrílico están instalados.	Ninguna
CAJA DE INSPECCIÓN TRIFÁSICA BAJA TENSIÓN 60*60 CM		X		Ninguna
- Instalación de la caja de inspección	- Verificar la estanqueidad y conexiones.	X	- La caja de inspección trifásica de 60*60 cm ha sido instalada.	Ninguna
GABINETE PRINCIPAL PARA SEIS TOTALIZADORES CON BARRAJE DE 200 AMP	- Comprobar las conexiones y el barraje.	X	- El gabinete principal para seis totalizadores con barraje de 200 Amp está instalado.	Ninguna



<p>TABLERO TRIFÁSICO CON ESPACIO PARA TOTALIZADOR DE PISOS DE 24 CIRCUITOS PISO</p>	<p>- Verificar las conexiones y circuitos.</p>	<p>X</p>	<p>- El tablero trifásico con espacio para totalizador de pisos de 24 circuitos para piso está instalado.</p>	<p>Ninguna</p>	
<p>TABLERO TRIFÁSICO CON ESPACIO PARA TOTALIZADOR DE PISOS DE 12 CIRCUITOS</p>	<p>- Comprobar las conexiones y circuitos.</p>	<p>X</p>	<p>- El tablero trifásico con espacio para totalizador de pisos de 12 circuitos está instalado.</p>	<p>Ninguna</p>	
<p>TABLERO TRIFÁSICO CON ESPACIO PARA TOTALIZADOR DE PISOS DE 24 CIRCUITOS PARA AIRES ACONDICIONADOS</p>	<p>- Verificar las conexiones y circuitos.</p>	<p>X</p>	<p>- El tablero trifásico con espacio para totalizador de pisos de 24 circuitos para aires acondicionados está instalado.</p>	<p>Ninguna</p>	

ACOMETIDA DE CABLE #8 PARA
TABLEROS REGULADO

- Comprobar
la conexión y
sujeción.

X

- La
acometida de
cable #8 para
tableros
regulados está
instalada.

Ninguna



ACOMETIDA DE CABLE #2 PARA
TABLERO GENERAL

- Verificar la
conexión y
sujeción.

X

- La
acometida de
cable #2 para
el tablero
general está
instalada.

Ninguna



ACOMETIDA DE CABLE #6 PARA TABLEROS MOTOBOMBAS	- Comprobar la conexión y sujeción.	X	- La acometida de cable #6 para tableros de motobombas está instalada.	Ninguna	
ACOMETIDA DE CABLE #1/0 PARA TABLEROS DE AIRE ACONDICIONADO	- Verificar la conexión y sujeción.	X	- La acometida de cable #1/0 para tableros de aire acondicionado está instalada.	Ninguna	

ACOMETIDA DE CABLE #4/0
PARA GABINETE PRINCIPAL

- Comprobar
la conexión y
sujeción.

X

- La
acometida de
cable #4/0
para el
gabinete
principal está
instalada.

Ninguna



TOTALIZADORES TIPO PESADO
3X125 AMP REGULABLES

- Verificar las
conexiones y
calibración.

X

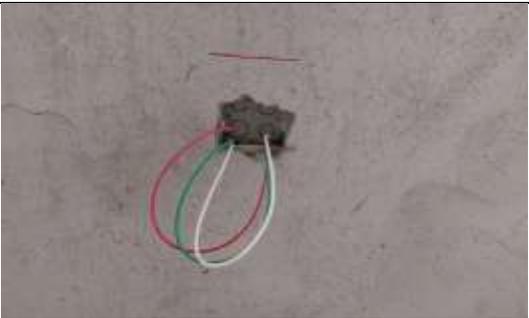
- Los
totalizadores
tipo pesado
de 3x125
Amp
regulables
están
instalados.

Ninguna



TOTALIZADORES TIPO PESADO 3X50 AMP REGULABLES	- Comprobar las conexiones y calibración.	X	- Los totalizadores tipo pesado de 3x50 Amp regulables están instalados.	Ninguna	
SALIDA PARA LUMINARIA TUBERIA MTE O SHC40 LIBRE DE HALÓGENOS	- Verificar el cableado y conexiones.	X	- Las salidas para luminaria con tubería MTE o SHC40 libre de halógenos están instaladas.	Ninguna	
ACOMETIDA DEL TABLERO PRINCIPAL A TABLERO REGULADO 5 CABLE # 4	- Comprobar las conexiones y sujeción.	X	- La acometida del tablero principal al tablero regulado con 5 cables #4 está instalada.	Ninguna	

<p>ACOMETIDA DE RED TRENZADA REGULADA EN CABLE #12 ROJO, BLANCO VERDE</p>	<p>- Verificar las conexiones y colores correctos.</p>	<p>X</p>	<p>- La acometida de red trenzada regulada en cable #12 rojo, blanco, verde está instalada.</p>	<p>Ninguna</p>	
<p>ACOMETIDA DE RED TRENZADA REGULADA EN CABLE #12 NEGRO, BLANCO VERDE</p>	<p>- Comprobar las conexiones y colores correctos.</p>	<p>X</p>	<p>- La acometida de red trenzada regulada en cable #12 negro, blanco, verde está instalada.</p>		
<p>SALIDA PARA TOMAS REGULADOS 110V NARANJA</p>	<p>- Verificar el cableado y conexiones.</p>	<p>X</p>	<p>- Las salidas para tomas reguladas de 110V en color naranja están instaladas.</p>		

SALIDA PARA TOMAS 110V NORMAL	- Comprobar el cableado y conexiones.	X	- Las salidas para tomas de 110V normales están instaladas.	Ninguna	
7.0 ACABADO AREAS INTERIORES Y EXTERIORES					
PASTA DE EXTERIORES	- Verificar que no haya irregularidades.	X	- La pasta de exteriores ha sido aplicada correctamente.	Ninguna	
PINTURA EXTERIOR	- Corregir áreas con defectos o desigualdades.	X	- La pintura exterior ha sido aplicada de manera uniforme.	Ninguna	
PASTA DE ELEMENTOS LINEALES EXTERIORES	- Verificar la uniformidad de la aplicación.	X	- La pasta en elementos lineales exteriores ha sido aplicada.	Ninguna	
PINTURA LINEAL EXTERIOR	- Comprobar que no haya salpicaduras ni áreas sin pintar.	X	- La pintura en elementos lineales exteriores ha sido aplicada.	Ninguna	
8.0 PISOS Y ENCHAPES				Ninguna	

ALISTADO DE PISO E=0,04m	- Verificar la nivelación y calidad del alistado.	X	- El alistado de piso con un espesor de 0,04 m se ha realizado.	Ninguna	
ANDEN EN CONCRETO E=0,10m CON MALLA ELECTROSOLDADA	- Comprobar la resistencia y nivelación del andén.	X	- El andén en concreto con malla electrosoldada de 0,10 m se ha construido.	Ninguna	
Observaciones Generales	El desarrollo de las obras se desarrollaron cumpliendo con el tiempo de entrega, los lineamientos del manual de procesos constructivos y los estándares pactados para el proyecto				
Acciones Correctivas	Se hicieron ajustes menores en el desarrollo de las obras que no afectaron la continuidad ni la calidad de las mismas				

Apéndice B

A continuación, se indica la identificación de los desperdicios

Actividad	Desperdicios Potenciales	Impacto
3. MAMPOSTERIA Y PAÑETES		
3.1 MURO DE BLOQUE No. 5	Sobreproducción (más bloques de los necesarios)	Aumento de costos
3.2 PAÑETE DE INTERIORES 1:5	Sobreproducción (más mortero de lo necesario), Defectos (pañetes mal ejecutados)	Aumento de costos, Retrabajos
3.3 PAÑETE ELEMENTOS LINEALES INTERIORES	Sobreproducción (más mortero de lo necesario), Defectos (pañetes mal ejecutados)	Aumento de costos, Retrabajos
3.4 PAÑETE DE EXTERIORES 1:4	Sobreproducción (más mortero de lo necesario), Defectos (pañetes mal ejecutados)	Aumento de costos, Retrabajos
3.5 PAÑETE ELEMENTOS LINEALES DE FACHADA	Sobreproducción (más mortero de lo necesario), Defectos (pañetes mal ejecutados)	Aumento de costos, Retrabajos
3.6 FILOS Y DILATAACIONES	Sobreproducción (más materiales de los necesarios)	Aumento de costos
3.7 MESON EN CONCRETO (ancho = 0,60m)	Sobreproducción (más concreto de lo necesario)	Aumento de costos
4. IMPERMEABILIZACION		
4.1 MORTERO DE NIVELACION 6 CM	Sobreproducción (más mortero del necesario), Defectos (nivelación incorrecta)	Aumento de costos, Retrabajos
4.2 MURO DE ANTEPECHO	Sobreproducción (más material de construcción del necesario), Defectos (construcción incorrecta)	Aumento de costos, Retrabajos
4.3 VIGA CINTA 10X12 SIN REFUERZO	Exceso de inventario (vigas), Movimientos innecesarios (transporte innecesario de vigas)	Costos de almacenamiento, Aumento de tiempo y costos
4.4 MANTO ASFALTICO	Sobreproducción (más material asfáltico del necesario), Defectos (instalación incorrecta)	Aumento de costos, Retrabajos

4.5 DOMO ACRILICO 5,00*1,00 m	Sobreproducción (más domos acrílicos de los necesarios)	Aumento de costos
5. INSTALACIONES HIDRAULICAS Y SANITARIAS		
5.1 PUNTO AGUA FRIA, 1/2"	Sobreproducción (más conexiones de agua de lo necesario)	Aumento de costos
5.2 REGISTRO DE 3/4"	Exceso de inventario (registros), Movimientos innecesarios (transporte innecesario de registros)	Costos de almacenamiento, Aumento de tiempo y costos
5.3 TUBERIA PVC, 1/2"	Sobreproducción (más tubería de PVC de lo necesario)	Aumento de costos
5.4 TUBERIA PVC, 3/4"	Sobreproducción (más tubería de PVC de lo necesario)	Aumento de costos
5.5 TUBERIA PVC 1 RDE 21 - 200 PSI	Sobreproducción (más tubería de PVC de lo necesario)	Aumento de costos
5.6 TUBERIA PVC 1, 1/2" RDE 21 UZ	Sobreproducción (más tubería de PVC de lo necesario)	Aumento de costos
5.7 PUNTO SANITARIO PVC 2-3"	Sobreproducción (más conexiones sanitarias de lo necesario)	Aumento de costos
5.8 PUNTO SANITARIO PVC (SIFÓN)	Sobreproducción (más sifones sanitarios de lo necesario)	Aumento de costos
5.9 PUNTO SANITARIO PVC 4" (L)	Sobreproducción (más conexiones sanitarias de lo necesario)	Aumento de costos
5.10 TUBERIA PVC 2" SANITARIA	Sobreproducción (más tubería de PVC sanitaria de lo necesario)	Aumento de costos
5.11 TUBERIA PVC 3" SANITARIA	Sobreproducción (más tubería de PVC sanitaria de lo necesario)	Aumento de costos
5.12 TUBERIA PVC 4" SANITARIA	Sobreproducción (más tubería de PVC sanitaria de lo necesario)	Aumento de costos
5.13 TUBERIA PVC 2" VENTILACION	Sobreproducción (más tubería de PVC de ventilación de lo necesario)	Aumento de costos
5.14 BAJANTES DE AGUAS LLUVIAS 4"	Sobreproducción (más bajantes de aguas lluvias de lo necesario)	Aumento de costos

5.15 REJILLAS DE PISO	Sobreproducción (más rejillas de piso de lo necesario)	Aumento de costos
5.16 CAJA DE INSPECCION	Exceso de inventario (cajas de inspección), Movimientos innecesarios (transporte innecesario de cajas)	Costos de almacenamiento, Aumento de tiempo y costos
5.17 DESAGUE DE AIRES ACONDICIONADOS	Sobreproducción (más desagües de aire acondicionado de lo necesario)	Aumento de costos
6. INSTALACIONES ELÉCTRICAS		
6.1 MALLA PUESTA A TIERRA PARA TABLEROS	Sobreproducción (más material de tierra de lo necesario)	Aumento de costos
6.2 AVISOS EN ACRÍLICO DE SEGURIDAD Y PELIGRO	Sobreproducción (más avisos de seguridad de lo necesario)	Aumento de costos
6.3 CAJA DE INSPECCIÓN TRIFÁSICA BAJA TENSIÓN 60*60 CM	Exceso de inventario (cajas de inspección), Movimientos innecesarios (transporte innecesario de cajas)	Costos de almacenamiento, Aumento de tiempo y costos
6.4 GABINETE PRINCIPAL PARA SEIS TOTALIZADORES CON BARRAJE DE 200 AMP	Exceso de inventario (gabinetes), Movimientos innecesarios (transporte innecesario de gabinetes)	Costos de almacenamiento, Aumento de tiempo y costos
6.5 TABLERO TRIFÁSICO CON ESPACIO PARA TOTALIZADOR DE PISOS DE 24 CIRCUITOS PISO	Sobreproducción (más tableros de lo necesario)	Aumento de costos
6.6 TABLERO TRIFÁSICO CON ESPACIO PARA TOTALIZADOR DE PISOS DE 12 CIRCUITOS	Sobreproducción (más tableros de lo necesario)	Aumento de costos
6.7 TABLERO TRIFÁSICO CON ESPACIO PARA TOTALIZADOR DE PISOS DE 24 CIRCUITOS PARA AIRES ACONDICIONADOS	Sobreproducción (más tableros de lo necesario)	Aumento de costos
6.8 ACOMETIDA DE CABLE #8 PARA TABLEROS REGULADOS	Exceso de inventario (cables), Movimientos innecesarios (transporte innecesario de cables)	Costos de almacenamiento, Aumento de tiempo y costos

6.9 ACOMETIDA DE CABLE #2 PARA TABLEROS GENERALES	Exceso de inventario (cables), Movimientos innecesarios (transporte innecesario de cables)	Costos de almacenamiento, Aumento de tiempo y costos
6.10 ACOMETIDA DE CABLE #6 PARA TABLEROS MOTOBOMBAS	Exceso de inventario (cables), Movimientos innecesarios (transporte innecesario de cables)	Costos de almacenamiento, Aumento de tiempo y costos
6.11 ACOMETIDA DE CABLE #1/0 PARA TABLEROS DE AIRE ACONDICIONADO	Exceso de inventario (cables), Movimientos innecesarios (transporte innecesario de cables)	Costos de almacenamiento, Aumento de tiempo y costos
6.12 ACOMETIDA DE CABLE #4/0 PARA GABINETE PRINCIPAL	Exceso de inventario (cables), Movimientos innecesarios (transporte innecesario de cables)	Costos de almacenamiento, Aumento de tiempo y costos
6.13 TOTALIZADORES TIPO PESADO 3X125 AMP REGULABLES	Sobreproducción (más totalizadores de lo necesario)	Aumento de costos
6.14 TOTALIZADORES TIPO PESADO 3X50 AMP REGULABLES	Sobreproducción (más totalizadores de lo necesario)	Aumento de costos
6.15 SALIDA PARA LUMINARIA TUBERÍA MTE O SHC40 LIBRE DE HALÓGENOS	Sobreproducción (más material de tubería de lo necesario)	Aumento de costos
6.16 ACOMETIDA DEL TABLERO PRINCIPAL A TABLERO REGULADO 5 CABLE #4	Exceso de inventario (cables), Movimientos innecesarios (transporte innecesario de cables)	Costos de almacenamiento, Aumento de tiempo y costos
6.17 ACOMETIDA DE RED TRENZADA REGULADA EN CABLE #12 ROJO, BLANCO VERDE	Exceso de inventario (cables), Movimientos innecesarios (transporte innecesario de cables)	Costos de almacenamiento, Aumento de tiempo y costos
6.18 ACOMETIDA DE RED TRENZADA REGULADA EN CABLE #12 NEGRO, BLANCO VERDE	Exceso de inventario (cables), Movimientos innecesarios (transporte innecesario de cables)	Costos de almacenamiento, Aumento de tiempo y costos
6.19 SALIDA PARA TOMAS REGULADOS 110V NARANJA	Sobreproducción (más salidas para tomas de lo necesario)	Aumento de costos
6.20 SALIDA PARA TOMAS 110V NORMAL	Sobreproducción (más salidas para tomas de lo necesario)	Aumento de costos

7. ACABADO AREAS INTERIORES Y EXTERIORES		
7.1 PASTA DE EXTERIORES	Sobreproducción (más pasta de exteriores de lo necesario)	Aumento de costos
7.2 PINTURA EXTERIOR	Sobreproducción (más pintura exterior de lo necesario), Defectos (aplicación incorrecta)	Aumento de costos, Retrabajos
7.3 PASTA DE ELEMENTOS LINEALES EXTERIORES	Sobreproducción (más pasta de exteriores de lo necesario)	Aumento de costos
7.4 PINTURA LINEAL EXTERIOR	Sobreproducción (más pintura exterior de lo necesario), Defectos (aplicación incorrecta)	Aumento de costos, Retrabajos
8. PISOS Y ENCHAPES		
8.1 ALISTADO DE PISO E=0,04m	Sobreproducción (más material de alistado de piso de lo necesario), Defectos (nivelación incorrecta)	Aumento de costos, Retrabajos
8.2 ANDEN EN CONCRETO E=0,10m CON MALLA ELECTROSOLDADA	Sobreproducción (más material de concreto de lo necesario), Defectos (construcción incorrecta)	Aumento de costos, Retrabajos

Apéndice C

En la siguiente tabla se indica los indicadores de desempeño para las diferentes actividades

Actividad	Indicador de Desempeño	Objetivo del Proyecto	Puntuación (1-5)
MURO DE BLOQUE No. 5	Eficiencia del Flujo de Trabajo	Contempla el monte de muros en bloque N°5 de los cuatro pisos de la edificación.	5
	Cumplimiento de Plazos		3
	Utilización de Recursos		4
	Calidad del Trabajo		4
	Satisfacción del Cliente		5
PAÑETE DE INTERIORES 1:5	Eficiencia del Flujo de Trabajo	Contempla la realización de pañete en el interior de los cuatro pisos de la edificación.	3
	Cumplimiento de Plazos		4
	Utilización de Recursos		3
	Calidad del Trabajo		5
	Satisfacción del Cliente		5
PAÑETE ELEMENTOS LINEALES INTERIORES	Eficiencia del Flujo de Trabajo	Contempla la realización de pañete lineal interior de los cuatro pisos de la edificación.	4
	Cumplimiento de Plazos		3
	Utilización de Recursos		3
	Calidad del Trabajo		4
	Satisfacción del Cliente		5
PAÑETE DE EXTERIORES 1:4	Eficiencia del Flujo de Trabajo	Contempla la realización de pañete en el exterior de los cuatro pisos de la edificación y cubierta.	5
	Cumplimiento de Plazos		5
	Utilización de Recursos		4
	Calidad del Trabajo		3
	Satisfacción del Cliente		5
PAÑETE ELEMENTOS LINEALES DE FACHADA	Eficiencia del Flujo de Trabajo	Contempla la realización de pañete lineal en el exterior de los cuatro pisos de la edificación y cubierta.	5
	Cumplimiento de Plazos		3
	Utilización de Recursos		3
	Calidad del Trabajo		4
	Satisfacción del Cliente		5
FILOS Y DILATAIONES	Eficiencia del Flujo de Trabajo	Contempla los filos y dilataciones de los cuatro pisos de la edificación, tanto interiores como exteriores	4
	Cumplimiento de Plazos		4
	Utilización de Recursos		3
	Calidad del Trabajo		5
	Satisfacción del Cliente		5
MESON EN CONCRETO (ancho = 0,60m)	Eficiencia del Flujo de Trabajo	Contempla la realización de todos los mesones de los cuatro pisos de la edificación.	3
	Cumplimiento de Plazos		4
	Utilización de Recursos		3
	Calidad del Trabajo		5
	Satisfacción del Cliente		4
MORTERO DE NIVELACION 6 CM	Eficiencia del Flujo de Trabajo	Contempla la realización de mortero de nivelación de la	5
	Cumplimiento de Plazos		3

	Utilización de Recursos	cubierta.	5
	Calidad del Trabajo		3
	Satisfacción del Cliente		5
MURO DE ANTEPECHO	Eficiencia del Flujo de Trabajo		3
	Cumplimiento de Plazos		4
	Utilización de Recursos	Contempla la realización de muro de antepecho de la cubierta.	4
	Calidad del Trabajo		4
	Satisfacción del Cliente		4
VIGA CINTA 10X12 SIN REFUERZO	Eficiencia del Flujo de Trabajo		4
	Cumplimiento de Plazos	Contempla la realización de muro de viga cinta de la cubierta.	3
	Utilización de Recursos		5
	Calidad del Trabajo		4
	Satisfacción del Cliente		4
MANTO ASFALTICO	Eficiencia del Flujo de Trabajo		3
	Cumplimiento de Plazos		4
	Utilización de Recursos	Contempla la realización de manto asfáltico de la cubierta.	3
	Calidad del Trabajo		3
	Satisfacción del Cliente		3
DOMO ACRILICO 5,00*1,00 m	Eficiencia del Flujo de Trabajo		5
	Cumplimiento de Plazos		3
	Utilización de Recursos	Contempla la realización de domo acrílico en la cubierta.	3
	Calidad del Trabajo		4
	Satisfacción del Cliente		3
PINTURA EN ALUMINIO BITUMINOSO	Eficiencia del Flujo de Trabajo		5
	Cumplimiento de Plazos	Instalación de puntos hidráulicos de 1/2" de los cuatro pisos de la edificación.	3
	Utilización de Recursos		3
	Calidad del Trabajo		4
	Satisfacción del Cliente		4
PUNTO AGUA FRIA, 1/2"	Eficiencia del Flujo de Trabajo		3
	Cumplimiento de Plazos	Instalación de tubería hidráulica de los baños de los cuatro pisos de la edificación.	3
	Utilización de Recursos		3
	Calidad del Trabajo		5
	Satisfacción del Cliente		5
REGISTRO DE 3/4"	Eficiencia del Flujo de Trabajo		3
	Cumplimiento de Plazos	Instalación de tubería hidráulica de los baños de discapacitados y baño de oficina.	4
	Utilización de Recursos		3
	Calidad del Trabajo		4
	Satisfacción del Cliente		4
TUBERIA PVC, 1/2"	Eficiencia del Flujo de Trabajo		4
	Cumplimiento de Plazos	Tubería PVC 1, 1/2" RDE 21 UZ de los cuatro pisos de la edificación.	3
	Utilización de Recursos		5
	Calidad del Trabajo		4
	Satisfacción del Cliente		4
TUBERIA PVC, 3/4"	Eficiencia del Flujo de Trabajo	Instalación de tubería	4

	Cumplimiento de Plazos	hidráulica de los baños de discapacitados y baño de oficina.	4
	Utilización de Recursos		4
	Calidad del Trabajo		5
	Satisfacción del Cliente		3
	Eficiencia del Flujo de Trabajo		4
TUBERIA PVC 1 RDE 21 - 200 PSI	Cumplimiento de Plazos	Tubería PVC 1, 1/2" RDE 21 UZ de los cuatro pisos de la edificación.	5
	Utilización de Recursos		5
	Calidad del Trabajo		3
	Satisfacción del Cliente		5
	Eficiencia del Flujo de Trabajo		4
TUBERIA PVC 1, 1/2" RDE 21 UZ	Cumplimiento de Plazos	Tubería PVC 1, 1/2" RDE 21 UZ de los cuatro pisos de la edificación.	5
	Utilización de Recursos		4
	Calidad del Trabajo		3
	Satisfacción del Cliente		5
	Eficiencia del Flujo de Trabajo		5
PUNTO SANITARIO PVC 2-3"	Cumplimiento de Plazos	Puntos sanitarios de lavamanos de los cuatro pisos de la edificación.	5
	Utilización de Recursos		3
	Calidad del Trabajo		4
	Satisfacción del Cliente		5
	Eficiencia del Flujo de Trabajo		5
PUNTO SANITARIO PVC (SIFON)	Cumplimiento de Plazos	Puntos sanitarios de sifones de los cuatro pisos de la edificación.	5
	Utilización de Recursos		4
	Calidad del Trabajo		4
	Satisfacción del Cliente		3
	Eficiencia del Flujo de Trabajo		5
PUNTO SANITARIO PVC 4" (L)	Cumplimiento de Plazos	Punto sanitario de los sanitarios de los cuatro pisos de la edificación.	3
	Utilización de Recursos		4
	Calidad del Trabajo		4
	Satisfacción del Cliente		5
	Eficiencia del Flujo de Trabajo		5
TUBERIA PVC 2" SANITARIA	Cumplimiento de Plazos	Tubería sanitaria de 2" de los cuatro pisos de la edificación.	4
	Utilización de Recursos		3
	Calidad del Trabajo		3
	Satisfacción del Cliente		5
	Eficiencia del Flujo de Trabajo		5
TUBERIA PVC 3" SANITARIA	Cumplimiento de Plazos	Tubería sanitaria de 3" de los cuatro pisos de la edificación.	3
	Utilización de Recursos		5
	Calidad del Trabajo		5
	Satisfacción del Cliente		3
	Eficiencia del Flujo de Trabajo		4
TUBERIA PVC 4" SANITARIA	Cumplimiento de Plazos	Tubería sanitaria de 2" de los cuatro pisos de la edificación.	5
	Utilización de Recursos		3
	Calidad del Trabajo		4
	Satisfacción del Cliente		4

TUBERIA PVC 2" VENTILACION	Eficiencia del Flujo de Trabajo		4
	Cumplimiento de Plazos	Tubería de ventilación de 2" de los cuatro pisos de la edificación.	3
	Utilización de Recursos		3
	Calidad del Trabajo		4
	Satisfacción del Cliente		4
Eficiencia del Flujo de Trabajo			5
BAJANTES DE AGUAS LLUVIAS 4"	Cumplimiento de Plazos	Instalación de tubería de 4" para bajantes de aguas lluvias.	5
	Utilización de Recursos		3
	Calidad del Trabajo		4
	Satisfacción del Cliente		4
	Eficiencia del Flujo de Trabajo		
REJILLAS DE PISO	Cumplimiento de Plazos	Instalación de rejillas de piso de los baños en los 4 pisos de la edificación.	3
	Utilización de Recursos		5
	Calidad del Trabajo		5
	Satisfacción del Cliente		4
	Eficiencia del Flujo de Trabajo		
SANITARIO DOBLE DESCARGA, COLOR BLANCO	Cumplimiento de Plazos	Instalación de sanitario doble	5
	Utilización de Recursos		3
	Calidad del Trabajo		4
	Satisfacción del Cliente		5
	Eficiencia del Flujo de Trabajo		
LAVAMANOS DE COLGAR	Cumplimiento de Plazos	Instalación de lavamanos de colgar	4
	Utilización de Recursos		4
	Calidad del Trabajo		4
	Satisfacción del Cliente		5
	Eficiencia del Flujo de Trabajo		
LAVATRAPEROS	Cumplimiento de Plazos	Instalación de lavatraperos	5
	Utilización de Recursos		4
	Calidad del Trabajo		5
	Satisfacción del Cliente		4
	Eficiencia del Flujo de Trabajo		
LAVAPLATOS EN ACERO L=1.50m	Cumplimiento de Plazos	Instalación de lavaplatos	3
	Utilización de Recursos		3
	Calidad del Trabajo		5
	Satisfacción del Cliente		5
	Eficiencia del Flujo de Trabajo		
TAPA DE REGISTRO DE COP	Cumplimiento de Plazos	Instalación del item según la descripción de actividad	3
	Utilización de Recursos		5
	Calidad del Trabajo		3
	Satisfacción del Cliente		5
	Eficiencia del Flujo de Trabajo		
PAPELERA BLANCA	Cumplimiento de Plazos	Instalación del item según la descripción de actividad	3
	Utilización de Recursos		3
	Calidad del Trabajo		5

	Satisfacción del Cliente		4
	Eficiencia del Flujo de Trabajo		3
LLAVE DE JARDIN CROMADA LIVIANA	Cumplimiento de Plazos		4
	Utilización de Recursos	Instalación del item según la descripción de actividad	4
	Calidad del Trabajo		4
	Satisfacción del Cliente		3
	Eficiencia del Flujo de Trabajo		3
REJILLA PARA SIFON DE AGUAS LLUVIAS	Cumplimiento de Plazos		4
	Utilización de Recursos	Instalación del item según la descripción de actividad	3
	Calidad del Trabajo		3
	Satisfacción del Cliente		5
	Eficiencia del Flujo de Trabajo		3
MALLA PUESTA A TIERRA PARA TABLEROS	Cumplimiento de Plazos		5
	Utilización de Recursos	Instalación del item según la descripción de actividad	3
	Calidad del Trabajo		5
	Satisfacción del Cliente		5
	Eficiencia del Flujo de Trabajo		3
AVISOS EN ACRILICO DE SEGURIDAD Y PELIGRO	Cumplimiento de Plazos		4
	Utilización de Recursos	Instalación del item según la descripción de actividad	3
	Calidad del Trabajo		3
	Satisfacción del Cliente		4
	Eficiencia del Flujo de Trabajo		4
CAJA DE INSPECCION TRIFASICA BAJA TENSION 60*60 CM	Cumplimiento de Plazos		5
	Utilización de Recursos	Instalación del item según la descripción de actividad	5
	Calidad del Trabajo		4
	Satisfacción del Cliente		3
	Eficiencia del Flujo de Trabajo		4
GABINETE PRINCIPAL PARA SEIS TOTALIZADORES CON BARRAJE DE 200 AMP	Cumplimiento de Plazos		5
	Utilización de Recursos	Instalación del item según la descripción de actividad	4
	Calidad del Trabajo		3
	Satisfacción del Cliente		4
	Eficiencia del Flujo de Trabajo		3
TABLERO TRIFASICO CON ESPACIO PARA TOTALIZADOR DE PISOS DE 24 CIRCUITOS PISO	Cumplimiento de Plazos		5
	Utilización de Recursos	Instalación del item según la descripción de actividad	3
	Calidad del Trabajo		3
	Satisfacción del Cliente		4
	Eficiencia del Flujo de Trabajo		3
TABLERO TRIFASICO CON ESPACIO PARA TOTALIZADOR DE PISOS DE 12 CIRCUITOS	Cumplimiento de Plazos		4
	Utilización de Recursos	Instalación del item según la descripción de actividad	3
	Calidad del Trabajo		4
	Satisfacción del Cliente		3
	Eficiencia del Flujo de Trabajo		5
TABLERO TRIFASICO CON ESPACIO PARA TOTALIZADOR DE PISOS DE 24 CIRCUITOS PARA	Cumplimiento de Plazos	Instalación del item según la descripción de actividad	5
	Utilización de Recursos		5
			5

AIRES ACONDICIONADOS	Calidad del Trabajo		3
	Satisfacción del Cliente		3
	Eficiencia del Flujo de Trabajo		5
ACOMETIDA DE CABLE #8 PARA TABLEROS REGULADO	Cumplimiento de Plazos	Instalación del item según la descripción de actividad	3
	Utilización de Recursos		3
	Calidad del Trabajo		3
	Satisfacción del Cliente		3
	Eficiencia del Flujo de Trabajo		5
ACOMETIDA DE CABLE #2 PARA TABLEROS GENERAL	Cumplimiento de Plazos	Instalación del item según la descripción de actividad	5
	Utilización de Recursos		3
	Calidad del Trabajo		5
	Satisfacción del Cliente		3
	Eficiencia del Flujo de Trabajo		5
ACOMETIDA DE CABLE #6 PARA TABLEROS MOTOBOMBAS	Cumplimiento de Plazos	Instalación del item según la descripción de actividad	4
	Utilización de Recursos		5
	Calidad del Trabajo		4
	Satisfacción del Cliente		3
	Eficiencia del Flujo de Trabajo		4
ACOMETIDA DE CABLE #1/0 PARA TABLEROS DE A.A.	Cumplimiento de Plazos	Instalación del item según la descripción de actividad	5
	Utilización de Recursos		5
	Calidad del Trabajo		3
	Satisfacción del Cliente		3
	Eficiencia del Flujo de Trabajo		3
ACOMETIDA DE CABLE #4/0 PARA GABINETE PRINCIPAL.	Cumplimiento de Plazos	Instalación del item según la descripción de actividad	3
	Utilización de Recursos		5
	Calidad del Trabajo		4
	Satisfacción del Cliente		4
	Eficiencia del Flujo de Trabajo		5
TOTALIZADORES TIPO PESADO 3X125 AMP REGULABLES	Cumplimiento de Plazos	Instalación del item según la descripción de actividad	3
	Utilización de Recursos		4
	Calidad del Trabajo		4
	Satisfacción del Cliente		3
	Eficiencia del Flujo de Trabajo		4
TOTALIZADORES TIPO PESADO 3X50 AMP REGULABLES	Cumplimiento de Plazos	Instalación del item según la descripción de actividad	5
	Utilización de Recursos		3
	Calidad del Trabajo		3
	Satisfacción del Cliente		4
	Eficiencia del Flujo de Trabajo		5
SALIDA PARA LUMINARIA TUBERIA MTE O SHC40 LIBRE DE HALOGENOS	Cumplimiento de Plazos	Instalación del item según la descripción de actividad	4
	Utilización de Recursos		5
	Calidad del Trabajo		4
	Satisfacción del Cliente		5
	Eficiencia del Flujo de Trabajo		5
LUMINARIAS DE 1.20 X 0.30 PANEL LED	Eficiencia del Flujo de Trabajo	Instalación del item según la descripción de actividad	4
	Cumplimiento de Plazos		3

	Utilización de Recursos		4
	Calidad del Trabajo		3
	Satisfacción del Cliente		3
LUMINARIAS DE 60X60 PANEL LED	Eficiencia del Flujo de Trabajo		5
	Cumplimiento de Plazos		4
	Utilización de Recursos	Instalación del item según la descripción de actividad	4
	Calidad del Trabajo		3
	Satisfacción del Cliente		3
LUMINARIAS DE EMERGENCIA LED	Eficiencia del Flujo de Trabajo		3
	Cumplimiento de Plazos		5
	Utilización de Recursos	Instalación del item según la descripción de actividad	4
	Calidad del Trabajo		4
	Satisfacción del Cliente		5
SALIDA ELECTRICA DE 110V NORMAL	Eficiencia del Flujo de Trabajo		3
	Cumplimiento de Plazos		5
	Utilización de Recursos	Instalación del item según la descripción de actividad	3
	Calidad del Trabajo		4
	Satisfacción del Cliente		5
SALIDA ELECTRICA PARA AIRES ACONDICIONADOS 220V	Eficiencia del Flujo de Trabajo		5
	Cumplimiento de Plazos		4
	Utilización de Recursos	Instalación del item según la descripción de actividad	4
	Calidad del Trabajo		5
	Satisfacción del Cliente		4
ACOMETIDA ELECTRICA EN CABLE 3 #10	Eficiencia del Flujo de Trabajo		5
	Cumplimiento de Plazos		5
	Utilización de Recursos	Instalación del item según la descripción de actividad	3
	Calidad del Trabajo		4
	Satisfacción del Cliente		4
TUBERIA DE COBRE AISLADA CON CABLE SEÑAL	Eficiencia del Flujo de Trabajo		4
	Cumplimiento de Plazos		4
	Utilización de Recursos	Instalación del item según la descripción de actividad	3
	Calidad del Trabajo		5
	Satisfacción del Cliente		3
DESAGUE DE AIRES ACONDICIONDOS	Eficiencia del Flujo de Trabajo		5
	Cumplimiento de Plazos		5
	Utilización de Recursos	Instalación del item según la descripción de actividad	4
	Calidad del Trabajo		4
	Satisfacción del Cliente		4
ESTUCO DE MUROS INTERIORES	Eficiencia del Flujo de Trabajo		3
	Cumplimiento de Plazos		5
	Utilización de Recursos	Instalación del item según la descripción de actividad	4
	Calidad del Trabajo		5
	Satisfacción del Cliente		5
PINTURA VINILO DE	Eficiencia del Flujo de Trabajo	Instalación del item según la	3

MUROS INTERIORES	Cumplimiento de Plazos	descripción de actividad	4
	Utilización de Recursos		5
	Calidad del Trabajo		5
	Satisfacción del Cliente		4
ESTUCO ELEMENTOS LINEALES	Eficiencia del Flujo de Trabajo	Instalación del item según la descripción de actividad	3
	Cumplimiento de Plazos		3
	Utilización de Recursos		3
	Calidad del Trabajo		4
	Satisfacción del Cliente		3
PINTURA VINILO DE ELEMENTOS LINEALES	Eficiencia del Flujo de Trabajo	Instalación del item según la descripción de actividad	4
	Cumplimiento de Plazos		3
	Utilización de Recursos		5
	Calidad del Trabajo		5
	Satisfacción del Cliente		3
PASTA DE EXTERIORES	Eficiencia del Flujo de Trabajo	Instalación del item según la descripción de actividad	4
	Cumplimiento de Plazos		5
	Utilización de Recursos		5
	Calidad del Trabajo		5
	Satisfacción del Cliente		4
PINTURA EXTERIOR	Eficiencia del Flujo de Trabajo	Instalación del item según la descripción de actividad	4
	Cumplimiento de Plazos		4
	Utilización de Recursos		4
	Calidad del Trabajo		4
	Satisfacción del Cliente		4
PASTA DE ELEMENTOS LINEALES EXTERIORES	Eficiencia del Flujo de Trabajo	Instalación del item según la descripción de actividad	3
	Cumplimiento de Plazos		3
	Utilización de Recursos		3
	Calidad del Trabajo		3
	Satisfacción del Cliente		3
PINTURA LINEAL EXTERIOR	Eficiencia del Flujo de Trabajo	Instalación del item según la descripción de actividad	4
	Cumplimiento de Plazos		3
	Utilización de Recursos		4
	Calidad del Trabajo		5
	Satisfacción del Cliente		4
MURO BUITRON EN DRY WALL	Eficiencia del Flujo de Trabajo	Instalación del item según la descripción de actividad	4
	Cumplimiento de Plazos		3
	Utilización de Recursos		5
	Calidad del Trabajo		4
CIELO RASO EN DRY WALL 1/2"	Eficiencia del Flujo de Trabajo	Instalación del item según la descripción de actividad	4
	Cumplimiento de Plazos		4
	Utilización de Recursos		3
	Calidad del Trabajo		4
CIELO RASO ELEMENTOS LINEALES EN DRY WALL	Eficiencia del Flujo de Trabajo	Instalación del item según la descripción de actividad	3
	Cumplimiento de Plazos		5

	Utilización de Recursos		5
	Calidad del Trabajo		4
PISO EN GRES	Eficiencia del Flujo de Trabajo		4
	Cumplimiento de Plazos	Instalación del item según la descripción de actividad	3
	Utilización de Recursos		5
	Calidad del Trabajo		4
GUARDAESCOBA EN GRES	Eficiencia del Flujo de Trabajo		3
	Cumplimiento de Plazos	Instalación del item según la descripción de actividad	4
	Utilización de Recursos		4
	Calidad del Trabajo		4
GUARDAESCOBA EN CERAMICA	Eficiencia del Flujo de Trabajo		4
	Cumplimiento de Plazos	Instalación del item según la descripción de actividad	5
	Utilización de Recursos		3
	Calidad del Trabajo		3
ALISTADO DE PISO E=0,04m	Eficiencia del Flujo de Trabajo		4
	Cumplimiento de Plazos	Instalación del item según la descripción de actividad	5
	Utilización de Recursos		4
	Calidad del Trabajo		3
PISOS EN CERAMICA	Eficiencia del Flujo de Trabajo		5
	Cumplimiento de Plazos	Instalación del item según la descripción de actividad	5
	Utilización de Recursos		4
	Calidad del Trabajo		4
PISO EN CERAMICA PARA BAÑOS	Eficiencia del Flujo de Trabajo		5
	Cumplimiento de Plazos	Instalación del item según la descripción de actividad	4
	Utilización de Recursos		5
	Calidad del Trabajo		5
ENCHAPE DE MUROS	Eficiencia del Flujo de Trabajo		5
	Cumplimiento de Plazos	Instalación del item según la descripción de actividad	4
	Utilización de Recursos		5
	Calidad del Trabajo		5
GRANITO FUNDIDO EN SITIO PARA MESON	Eficiencia del Flujo de Trabajo		4
	Cumplimiento de Plazos	Instalación del item según la descripción de actividad	3
	Utilización de Recursos		4
	Calidad del Trabajo		4
MEDIACAÑA EN GRANITO FUNDIDO SOBRE MESON	Eficiencia del Flujo de Trabajo		5
	Cumplimiento de Plazos	Instalación del item según la descripción de actividad	5
	Utilización de Recursos		5
	Calidad del Trabajo		5
ANDEN EN CONCRETO E=0,10m CON MALLA ELECTROSOLDADA	Eficiencia del Flujo de Trabajo		5
	Cumplimiento de Plazos	Instalación del item según la descripción de actividad	4
	Utilización de Recursos		4
	Calidad del Trabajo		3
VENTANAS EN ALUMINIO (vidrio 5mm templado)	Eficiencia del Flujo de Trabajo	Instalación del item según la descripción de actividad	4
	Cumplimiento de Plazos		4

	Utilización de Recursos		3
	Calidad del Trabajo		5
PUERTA EN ALUMINIO Y VIDRIO (vidrio 5mm templado)	Eficiencia del Flujo de Trabajo		3
	Cumplimiento de Plazos	Instalación del item según la descripción de actividad	4
	Utilización de Recursos		5
	Calidad del Trabajo		4
PUERTA PRINCIPAL EN VIDRIO TEMPLADO Y ACCESORIOS EN ACERO INOXIDABLE	Eficiencia del Flujo de Trabajo		4
	Cumplimiento de Plazos	Instalación del item según la descripción de actividad	4
	Utilización de Recursos		5
	Calidad del Trabajo		3
PUERTAS DE BAÑOS PRIVADOS EN MADERA	Eficiencia del Flujo de Trabajo		5
	Cumplimiento de Plazos	Instalación del item según la descripción de actividad	4
	Utilización de Recursos		3
	Calidad del Trabajo		5
Gabinete contraincendio tipo II (77*99*24) en CR 20 con cerradura con vidrio, soporte canastilla para manguera de 1 1/2"	Eficiencia del Flujo de Trabajo		5
	Cumplimiento de Plazos	Instalación del item según la descripción de actividad	3
	Utilización de Recursos		5
	Calidad del Trabajo		4
DETECTORES DE HUMO	Eficiencia del Flujo de Trabajo		4
	Cumplimiento de Plazos	Instalación del item según la descripción de actividad	3
	Utilización de Recursos		3
	Calidad del Trabajo		4
SISTEMA DRENAJE TUBERIA SENSORES	Eficiencia del Flujo de Trabajo		3
	Cumplimiento de Plazos	Instalación del item según la descripción de actividad	5
	Utilización de Recursos		5
	Calidad del Trabajo		3
ANCLAJE-SOPORTE TUBERIA 1 1/2"X 1/8"	Eficiencia del Flujo de Trabajo		5
	Cumplimiento de Plazos	Instalación del item según la descripción de actividad	5
	Utilización de Recursos		5
	Calidad del Trabajo		3
SIAMESA 4X2, 1/2X 2, 1/2	Eficiencia del Flujo de Trabajo		3
	Cumplimiento de Plazos	Instalación del item según la descripción de actividad	5
	Utilización de Recursos		5
	Calidad del Trabajo		3
TUBERIA ACERO 2"	Eficiencia del Flujo de Trabajo		5
	Cumplimiento de Plazos	Instalación del item según la descripción de actividad	5
	Utilización de Recursos		3
	Calidad del Trabajo		4
TUBERIA ACERO 3"	Eficiencia del Flujo de Trabajo		4
	Cumplimiento de Plazos	Instalación del item según la descripción de actividad	4
	Utilización de Recursos		4
	Calidad del Trabajo		4