

IMPLEMENTACIÓN DE LOS PRINCIPIOS DE LEAN CONSTRUCTION EN UNA CONSTRUCTORA DE PROYECTOS DE VIVIENDA

Isabela Trujillo Urbano, Daniela Trujillo Urbano (Autor Trabajo de Grado)

Nota de Aceptación

Certificamos que el presente Trabajo de Grado Satisface, en alcances y calidad, todos los requisitos que demanda un Trabajo de Grado de Maestría.



Álvaro Figueroa Cabrera
Director de Tesis



Jurado

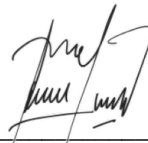


Jurado

Aprobado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Pontificia Universidad Javeriana Cali, para optar el título de Magister en Ingeniería Industrial.



HERNÁN CAMILO ROCHA NIÑO Ph. D.
Decano Facultad de Ingeniería y Ciencias



JUAN CARLOS MARTÍNEZ ARIAS
Director Posgrados de Ingeniería y Ciencias

Cali, 8 de agosto de 2023



Acta de Correcciones al Documento de Trabajo de Grado

Santiago de Cali, 4 de agosto de 2023.

Autor: Isabela Trujillo Urbano, Daniela Trujillo Urbano.

Título del Trabajo de Grado: “IMPLEMENTACIÓN DE LOS PRINCIPIOS DE LEAN CONSTRUCTION EN UNA CONSTRUCTORA DE PROYECTOS DE VIVIENDA”.

Director: Álvaro Figueroa Cabrera

Como indica el artículo 2.13 de las Directrices para Trabajo de Grado de Maestría, he verificado que el estudiante indicado arriba ha implementado todas las correcciones que los Jurados del Proyecto de Trabajo de Grado definieron que se efectuaran, como consta en el Acta de Evaluación correspondiente.

Firma del Director del Trabajo de Grado

Santiago de Cali,
Agosto de 2022



Yo Cesar Alveiro Trujillo Solarte en calidad de representante legal de la empresa DIC S.A.S con NIT 900749540-6 autorizo a Daniela e Isabela Trujillo Urbano con cédulas 1061808377 y 1061810260 respectivamente a realizar su proyecto de grado de maestría en ingeniería industrial en la empresa.

Esto incluye el acceso a toda la información privada de la empresa para fines académicos que sean pertinentes, así como el manejo y publicación de los datos.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Cesar Alveiro Trujillo', is positioned above a horizontal line.

Cesar Alveiro Trujillo
CC 10542346



**Maestría en Ingeniería
Facultad de Ingeniería y Ciencias**

**FICHA RESUMEN
TRABAJO DE GRADO DE MAESTRÍA**

TITULO: “IMPLEMENTACIÓN DE LOS PRINCIPIOS DE LEAN CONSTRUCTION EN UNA CONSTRUCTORA DE PROYECTOS DE VIVIENDA”

1. ÉNFASIS: Industrial
2. TIPO DE PROYECTO: Profundización
3. ÁREA DE TRABAJO: Lean Manufacturing
4. ESTUDIANTE (S): Isabela Trujillo Urbano, Daniela Trujillo Urbano
5. CORREO ELECTRÓNICO: isabelatrujillo14@javerianacali.edu.co, danielatu1@gmail.com, isabelatrujillo14@gmail.com
6. DIRECCIÓN Y TELÉFONO: Avenida 6D Norte #38N-201 Reserva de Chipichape - 3164929071
7. DIRECTOR: Álvaro Figueroa Cabrera
8. VINCULACIÓN DEL DIRECTOR (en la universidad): Planta
9. CORREO ELECTRÓNICO DEL DIRECTOR: afiquer@puj.edu.co
10. CO-DIRECTOR(ES) (Si aplica): NA
11. GRUPO O EMPRESA QUE LO AVALA (Si aplica): DIC SAS
12. OTROS GRUPOS O EMPRESAS: NA
13. PALABRAS CLAVE (al menos 5): *Lean Construction*, construcción, constructora, utilidades, proyecto
14. ODS QUE APLICA EL PROYECTO (Agenda 2030):
 - Trabajo decente y crecimiento económico
 - Industria, innovación e infraestructura
15. FECHA DE INICIO (Desarrollo del proyecto): 1/08/2022
16. RESUMEN (máximo 400 palabras).

El proyecto se llevó a cabo en la empresa DIC S.A.S, la cual pertenece al sector de construcción de la ciudad de Cali y Popayán. Fundada en el año 2001, con aproximadamente 20 años en el mercado construyendo proyectos de vivienda familiar en las ciudades de Cali y Popayán. Una de las mayores ventajas de la Constructora es su amplio recorrido en el sector de la construcción, sin embargo, actualmente se encuentra evaluando la factibilidad de desarrollar un nuevo proyecto en la ciudad de Cali, en el barrio La Flora de aproximadamente 48 apartamentos. La constructora desea obtener la máxima rentabilidad posible de este proyecto.

Mediante este proyecto se diseñó un sistema de servicio integrando herramientas de *Lean Construction* con el fin de aumentar las utilidades que se puedan generar del proyecto. De esa manera, se determinaron las herramientas aplicables a la empresa para posteriormente implementar mediante pruebas piloto, con el fin de evaluar el beneficio de las estrategias formuladas.



Pontificia Universidad
JAVERIANA
Cali

**IMPLEMENTACIÓN DE LOS PRINCIPIOS DE *LEAN*
CONSTRUCTION EN UNA CONSTRUCTORA DE PROYECTOS DE
VIVIENDA**

DANIELA TRUJILLO URBANO

ISABELA TRUJILLO URBANO

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA FACULTAD DE INGENIERÍA Y
CIENCIAS**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL MAESTRÍA EN
INGENIERÍA**

SANTIAGO DE CALI.

2023



Pontificia Universidad
JAVERIANA
Cali

**IMPLEMENTACIÓN DE LOS PRINCIPIOS DE *LEAN*
CONSTRUCTION EN UNA CONSTRUCTORA DE PROYECTOS DE
VIVIENDA**

DANIELA TRUJILLO URBANO

ISABELA TRUJILLO URBANO

**Trabajo presentado como requisito para optar al título de Magister en Ingeniería
con énfasis en Ingeniería Industrial**

Director: Álvaro Figueroa Cabrera, Magister en Ingeniería

Codirectores: Daniel Morillo Torres, PhD. - John Wilmer Escobar, PhD. D

PONTIFICIA UNIVERSIDAD

JAVERIANA FACULTAD DE

INGENIERÍA Y CIENCIAS

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL E

INDUSTRIAL MAESTRÍA EN INGENIERÍA

SANTIAGO DE CALI.

2023



Resumen en español

El proyecto se llevó a cabo en la empresa DIC S.A.S, la cual pertenece al sector de construcción de la ciudad de Cali y Popayán. Fundada en el año 2001, con aproximadamente 20 años en el mercado construyendo proyectos de vivienda familiar en las ciudades de Cali y Popayán. Una de las mayores ventajas de la Constructora es su amplio recorrido en el sector de la construcción. En el año 2021 la constructora se encontraba evaluando la factibilidad de desarrollar un nuevo proyecto en la ciudad de Cali, en el barrio La Flora de aproximadamente 48 apartamentos buscando obtener la máxima rentabilidad posible.

Mediante este proyecto se diseñó un sistema de servicio integrando herramientas de *Lean Construction* con el fin de aumentar las utilidades que se puedan generar del proyecto. Determinando las herramientas aplicables a la empresa para posteriormente implementar mediante pruebas piloto, con el fin de evaluar el beneficio de las estrategias formuladas.

Palabras claves: *Lean Construction, construcción, constructora, utilidades, proyecto.*

Abstract

The project was carried out in the company DIC S.A.S, which belongs to the construction sector of the city of Cali and Popayán. Founded in 2001, with approximately 20 years in the market building family housing projects in the cities of Cali and Popayán. One of the biggest advantages of the Construction Company is its extensive experience in the construction sector. In 2021, the construction company was evaluating the feasibility of developing a new project in the city of Cali, in the La Flora neighborhood with approximately 48 apartments, seeking to obtain the maximum possible profitability.

Through this project, a service system was designed integrating Lean Construction tools in order to increase the profits that can be generated from the project. Determining the tools applicable to the company to later implement through pilot tests, to evaluate the benefit of the formulated strategies.

Key Words: *Lean Construction, construction, construction company, utilities, project.*



TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	9
2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	12
2.1. Planteamiento del problema	12
2.2. Justificación.....	13
2.3. Alcance.....	14
2.4. Objetivos	14
2.4.1. Objetivo general	14
2.4.2 Objetivos específicos.....	14
3. REVISIÓN DE LITERATURA	15
3.1. Marco teórico	15
3.2 Estado del arte	18
4. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	23
4.1 Descripción del proceso actual.....	23
4.2 Plan de recolección de datos y medición de indicadores de desempeño.....	32
4.3 Análisis de causas	35
4.4 Selección de alternativas	41
5. DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN.....	41
5.1 Desarrollo del diseño de la solución.....	47
5.2 Validación del diseño propuesto	57
5.3 Plan de control.....	66
6. IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN	72
6.1 Requerimientos de recursos humanos	72
6.2 Requerimientos de recursos técnicos	72
6.3 Requerimientos de recursos económicos (inversiones).....	72
7. ANÁLISIS DE RESULTADO.....	73
7.1. Medición de impactos	73
7.2. Relación Beneficio – costo de la propuesta.....	73
7.2.1. Beneficios cualitativos	73
7.2.2. Beneficios cuantitativos	74



8. CONCLUSIONES	76
9. RECOMENDACIONES	78
GLOSARIO.....	79
BIBLIOGRAFIA.....	80
ANEXOS.....	83

Índice de tablas

Tabla 1 Presupuesto vs Gasto Real último proyecto D.I.C S.A.S.....	14
Tabla 2 Resumen de operaciones.....	27
Tabla 3. Resultados de indicadores de desempeño	32
Tabla 4. Indicadores de desempeño a medir	34
Tabla 5. Alternativas de solución al problema presentado.....	42
Tabla 6. Criterios de evaluación para la selección de alternativa.....	44
Tabla 7. Explicación ponderación para cada criterio	45
Tabla 8. Resultados obtenidos del método AHP	46
Tabla 9. Cumplimiento de la propuesta con las restricciones, características y normas estándares de las partes interesadas de la organización.....	55
Tabla 10. Pruebas piloto de herramientas Lean seleccionadas y resultados obtenidos con cada una.....	57
Tabla 11. Resultados indicador eficacia del tiempo de operación antes y después.....	64
Tabla 12. POE Aplicación Hoshin Kanri	66
Tabla 13. POE Aplicación 5S	67
Tabla 14. POE Aplicación Heijunka	68
Tabla 15. POE Aplicación Andón.....	69
Tabla 16. Requerimientos de recursos humanos	72
Tabla 17. Requerimientos de recursos económicos	72
Tabla 18. Tabla de anexos.....	83

Índice de figuras

Figura 1 Ubicación Proyecto de Vivienda la Flora	9
Figura 2. Descripción del proceso actual proyectos DIC SAS.....	23
Figura 3. Diagrama SIPOC actual proyecto DIC SAS.....	25
Figura 4. VSM proyectos DIC SAS	25
Figura 5. Diagrama de líneas eficacia operación enchapar	29
Figura 6. Diagrama de líneas eficacia operación estucar	29
Figura 7. Diagrama de líneas eficacia operación realizar conexiones eléctricas.....	30
Figura 8. Diagrama de líneas eficacia operación pintar	30
Figura 9. Estado de resultados y plan de estado de resultados DIC SAS 2019.....	31
Figura 10. Gráfico de líneas tendencia de tiempos de operación enchapar.....	36
Figura 11. Gráfico de líneas tendencia de tiempos de operación estucar.....	36
Figura 12. Gráfico de líneas tendencia de tiempos de operación realizar conexiones eléctricas	37
Figura 13. Gráfico de líneas tendencia de tiempos de operación pintar.....	37
Figura 14. Gráfico de barras utilidad neta real vs meta 2019.....	38
Figura 15. Gráfico de barras tiempos de operación sábado fecha especial vs sábado fecha normal. 39	
Figura 16. Gastos operativos y de administración del proyecto DIC SAS 2019	40
Figura 17. Diagrama Ishikawa baja utilidad DIC SAS	41
Figura 18. Lluvia de ideas solución a baja utilidad empresa DIC SAS	42
Figura 19. Diseño de lista de control para llevar a cabo revisiones mensuales.....	48
Figura 20. Diseño de lista de control para llevar a cabo revisiones de SEISO	50
Figura 21. Diseño de lista de control para llevar a cabo revisiones de cumplimiento de las 3S anteriores.....	51
Figura 22. Modelo de calendario de tareas y responsabilidades para cumplir con las 3S anteriores.52	
Figura 23. Lista de control para evaluar cumplimiento con SHITSUKE.....	53
Figura 24. Diseño Andón para estado actual del proyecto.....	55
Figura 25. VSM mejorado proyectos DIC SAS.....	58
Figura 26. Encuesta de satisfacción documentos POE.....	70
Figura 27. Comparación proyección estado de resultados sin implementar proyecto Lean Construction e implementando proyecto Lean Construction.	74
Figura 28. Comparación indicadores eficacia tiempos de operación.....	75

Según Justo y López (2016), El sector de la construcción se considera uno de los sectores mayores empleadores en Colombia (Justo & Lopez, 2016), lo cual se debe como lo explica Gutiérrez y Osorio (2020) a causa del déficit de las infraestructuras en el país (Gutierrez & Osorio, 2020). Sin embargo, las empresas constructoras en Colombia, hoy en día, se enfrentan a grandes retos en el momento de desarrollar sus proyectos, dando como consecuencia demoras en los plazos de entrega que representan desperdicios materializados en altos costos que a su vez generan disminución en las utilidades de las empresas constructoras, tal como lo señalan los autores Dennis y Silva (2019) en su artículo “La Importancia de la Cuarta Generación de Concesiones en el Desarrollo de la Infraestructura en Colombia” publicado en el Repositorio de la Universidad de los Andes (Dennis & Silva, 2019). Adicionalmente, Benavides y Ortiz (2018), demuestran que las constructoras en el país presentan un alto índice de desperdicios y pérdidas ocasionados por la falta de planeación de los procesos y recursos de personal, en la mayor parte, no calificado, revelando que, en un proyecto de construcción, por lo menos, una de cada tres constructoras ha sufrido reprocesos que aumentan los costos planificados del proyecto (Benavides & Ortiz, 2018).

Así mismo, Valencia (2018) explica en su artículo “Aplicación de *Lean Construction* al sector de la infraestructura vial en Colombia” publicado en la Fundación Universidad de América que hoy en día, existe una gran preocupación por parte de las empresas por ser productivas y permanecer en un constante aumento de su productividad ya que el nivel de competitividad ha aumentado con la globalización (Valencia, 2018).

La filosofía *Lean Production* nace de la aplicación a la empresa Toyota (compañía del sector automotriz) en Japón, cuyo objetivo es aumentar el valor del producto fabricado partiendo de la eliminación de cualquier tipo de actividad que no generen valor para el cliente conocido como las pérdidas o también las llamadas en la filosofía *Lean* como “Mudas” (desperdicios) (Rojas & Valencia, 2017).

La filosofía *Lean* ha sido aplicada a todo tipo de empresas, desde empresas que ofrecen productos como empresas que ofrecen servicios (*Lean Service*) y llegando así también al campo de la construcción conocida como *Lean Construction*, la cual nació con el fin de cambiar el pensamiento de la industria constructora brindando herramientas innovadoras para trabajar en el sector de la construcción a fin de mejorar la competitividad de las empresas en este campo (Latorre & Joseba, 2015). Dentro de las herramientas de la filosofía *Lean Construction* se encuentra el análisis *Layout* de obra, utilizada para analizar los rendimientos de las actividades fortaleciendo a las constructoras a aprovechar todos los recursos que se encuentran disponibles en una obra (Villegas & Herrera, 2015).

El presente trabajo de grado para la maestría en ingeniería industrial propone utilizar las herramientas de la filosofía *Lean Construction* a fin de aumentar la rentabilidad del proyecto



Pontificia Universidad
JAVERIANA
Cali

de construcción que se encuentra realizando la constructora DIC S.A.S en el barrio La Flora del municipio de Cali.

2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

2.1. Planteamiento del problema

Según el DANE (2014), el sector de la construcción en Colombia ha crecido en la economía nacional en un 9,9% y fue el sector considerado con mayor porcentaje de crecimiento en Colombia en el año 2014 (DANE, 2014). En gran parte, este porcentaje se ve influenciado por las construcciones y ayudas por parte del gobierno para impulsar la vivienda de interés social ya sea con subsidios para compradores o con construcciones para personas de los estratos más bajos.

Lo antes descrito evidencia uno de los factores del crecimiento de este sector en Colombia, en donde las constructoras son las principales beneficiadas. Es aquí en donde las empresas del sector de la construcción deben aprovechar estos recursos a fin de incrementar sus ingresos y utilidades.

Las empresas del sector de la construcción al igual que todas las empresas, enfrentan día a día diferentes retos basados en la fuerte competitividad existente frente a otras empresas del sector. Por esta razón se hace necesario que las organizaciones de este sector utilicen principios de productividad mediante la estandarización de procesos. Para esto, es necesario que identifiquen todas las actividades que realizan durante la ejecución de un proyecto de construcción y los tiempos que requiere cada una de ellas.

La constructora DIC S.A.S no cuenta con un tiempo estándar dedicado a la construcción de sus obras, ni métodos estandarizados para el desarrollo de las actividades necesarias. Por esta razón, aplicar la filosofía *Lean Construction* en el proyecto de vivienda en el barrio La Flora de la ciudad de Cali, permite a la empresa conocer los tiempos estándar en el desarrollo de la obra y comprobar la efectividad de las diferentes técnicas de la filosofía en el proyecto de vivienda.

DIC S.A.S tiene la necesidad de mejorar el manejo de sus proyectos de construcción debido a las fallas encontradas en los tiempos de entrega de los proyectos, en los reprocesos y en los desperdicios que se han evidenciado. Para esto, se hace necesario controlar las actividades planeadas para la obra, estandarizar los procesos, evitar reprocesos, organizar puestos de trabajo y obraimplementar la logística necesaria para el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

Por lo anterior, es preciso definir técnicas de ingeniería industrial que permitan reducir o eliminar actividades improductivas para el sector de la construcción desarrollando un nuevo modelo de planeación, programación y ejecución en el proyecto.

2.2. Justificación

Una de las razones por las que se consideró necesario diseñar e implementar la filosofía *Lean Construction* en la constructora DIC S.A.S, se fundamenta en las quejas por parte de los empleados de la empresa en donde indicaron que se pueden observar reprocesos en los proyectos que ha construido la empresa. [ver Anexo 1]. El 100% de los empleados consideraron que existen reprocesos durante la construcción de los proyectos que ha desarrollado la empresa, lo cual indicó que existían desperdicios en la compañía, así mismo en otra pregunta realizada en la encuesta hacia los trabajadores de la constructora, el personal entrevistado con funciones directamente relacionadas con las obras que ejecuta la empresa aseguró, en un 89% que existían desperdicios de un 15% por encima sobre los insumos calculados para un proyecto durante el desarrollo de la construcción de las obras. [ver Anexo 1] Esto evidenció la existencia de mudas (desperdicios) en la compañía. Entendiendo que, generalmente los desperdicios generan costos, de forma que, reduciendo los desperdicios también se reducen costos, lo que significa para la constructora DIC S.A.S un aumento en la utilidad neta, al reducir los costos asociados a los desperdicios en un 20% aproximadamente.

La empresa DIC S.A.S buscaba obtener la máxima rentabilidad del proyecto de construcción a fin de reunir recursos para continuar con más proyectos en la ciudad de Cali. Lo cual representó una razón de peso para eliminar al máximo la cantidad de *mudas* (desperdicios) que se pudieran generar en el proyecto de construcción. [ver Anexo 2].

En Colombia, del 2015 en adelante, la población se ha venido interesando en la adquisición de vivienda propia, ya que el Gobierno Nacional ha estado ofreciendo una serie de subsidios de vivienda beneficiando a los compradores de esta industria, con iniciativas como “Mi Casa Ya” y “Jóvenes Propietarios” (Villegas & Herrera, 2015). Lo cual fue una razón para la constructora para desarrollar el proyecto en un estrado 4 de la ciudad de la ciudad de Cali, ofreciéndole al consumidor final una vivienda que aplique a algunos subsidios dados por el gobierno.

Finalmente, en datos proporcionados por la empresa del último proyecto que desarrollaron en la ciudad de Cali, resultó una razón diferencial significativa en la utilidad esperada por parte del proyecto con respecto a la utilidad real generada del proyecto, lo cual representó un escenario negativo para la compañía en términos financieros. Esto fue causado por el incremento en los costos del proyecto que no se previeron en la planeación de la obra, lo cual fue un indicio de la existencia de reprocesos o de *mudas* en la ejecución de la obra. La tabla se muestra a continuación.

Tabla 1 Presupuesto vs Gasto Real último proyecto D.I.C S.A.S

Presupuesto Proyecto		Gastos Reales Proyecto	
Total, ingresos propuestos	\$ 6.000	Total, ingresos reales	\$ 6.011
Total, costos esperados	\$ 3.800	Total, costos reales	\$ 4.308
Utilidad Bruta	\$ 2.200	Utilidad Bruta	\$ 1.703
Valores en millones de pesos colombianos			

En la tabla 1, se puede observar que, si bien la utilidad bruta no resultó negativa para la empresa, fue reducida en más de \$500 millones de pesos respecto a la utilidad bruta que se esperaba del proyecto.

2.3. Alcance

El alcance del objeto de estudio en este proyecto se limitó a rediseñar el sistema productivo de la empresa DIC S.A.S, también a tener en cuenta otras constructoras o empresas del sector que pudiesen beneficiarse del diseño de un plan para reducir costos de ejecución de obra y tiempo de entrega, por medio del uso de herramientas *Lean Construction*.

Teniendo en cuenta lo anterior, el proyecto se llevó a cabo mediante el uso de las herramientas *six sigma* de *Lean Construction* en la constructora DIC S.A.S.

2.4. Objetivos

2.4.1 Objetivo general

Rediseñar el sistema productivo de la empresa DIC S.A.S mediante el uso de herramientas *Lean Construction* para reducir costos de ejecución de obra y tiempo de entrega.

2.4.2 Objetivos específicos

- Caracterizar el sistema actual utilizado por la empresa DIC S.A.S y las distintas variables que influyen en su proceso de construcción.
- Plantear una metodología para la caracterización y medición de la problemática a abordar
- Diseñar la propuesta de mejora del proceso actual para garantizar el tiempo de entrega del proyecto y disminuir los costos asociados al mismo.
- Definir una propuesta de sistema para la construcción de proyectos próximos de la empresa DIC S.A.S o de otras compañías.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Marco teórico

1. *Lean Manufacturing*

Padilla (2010) define “*Lean Manufacturing*” como el desglose de las palabras “*Lean*” que significa “magra” en la traducción del inglés al español, es decir, sin grasa y “*manufacturing*” como manufactura, siendo la traducción al español como “manufactura magra”. Sin embargo, en español se le ha llamado manufactura esbelta o manufactura ágil, ya que se trata de un conjunto de técnicas desarrolladas por la compañía Toyota útiles para mejorar y optimizar los procesos de cualquier compañía industrial, sin importar su tamaño (Padilla, 2010).

Según Socconini (2019) el objetivo principal de “*Lean Manufacturing* se centra en la minimización del desperdicio, logrando reducirlo casi hasta llegar a contar con 0% desperdicios (Socconini, 2019).

1.1 *Lean Construction*

Orihuela (2011) menciona que el término “*Lean Construction*” proviene de la filosofía “*Lean Manufacturing*” y fue aplicada por primera vez en el año 1992 por el profesor Lauri Koskela del Centro de Investigación Técnica de Finlandia, en donde en su tesis doctoral, propuso la aplicación de los conceptos de la Manufactura Esbelta en el sector de la construcción (Orihuela, 2011)

Por lo tanto “*Lean Construction*” hace referencia a las técnicas de la metodología de la Manufactura Esbelta en el sector de la construcción.

1.1.1. Value Stream Mapping (VSM)

Cantó (2019) define Value Stream Mapping (VSM) como una técnica desarrollada de la metodología Lean que permite a las empresas mejorar sus procesos permitiéndoles representar visualmente todos sus procesos y los flujos de materiales e información que existen al interior de ella, permitiendo a su vez que se conozcan los puntos críticos y de mayor valor para identificar los principales focos de problema y pérdidas de tiempo, recursos y/o materiales (Cantó, 2019).

Así, VSM es una herramienta de Lean que permite a las empresas identificar sus actividades y determinar cuáles de estas agregan valor y cuales no para el cliente y así de forma visual observar los puntos de enfoque para mejorar sus procesos productivos.

1.1.2. Hoshin Kanri

José Antonio Muñoz (2002) señala que Hoshin Kanri se trata de un sistema de gestión que opera en dos ámbitos: uno relacionado con la dirección estratégica y otro con la gestión operativa. Este sistema alinea la planeación estratégica con toda la comunicación de la empresa y luego se pone en práctica mediante diferentes estrategias empresariales (Muñoz Nájjar, 2002).

Por lo tanto, es preciso decir que Hoshin Kanri es una herramienta de Lean que diseña estrategias y metas empresariales alineadas con la planeación estratégica que buscan alcanzar la visión empresarial.

1.1.3. 5S

Las 5S según Juan Gregorio Arrieta (2012), consisten en ubicar el orden y la limpieza como pilares clave para la organización basándose en cinco principios para evitar el superfluo dentro de los procesos de producción: Clasificación (Seiri), identificar todo aquello que no tenga utilidad y eliminarlo. Orden (Seiton), organizar el lugar de trabajo con fin de optimizarlo. Limpieza (Seiso), eliminar toda la suciedad en el puesto de trabajo. Estandarización (Seiketsu), definir y documentar una serie de protocolos y normas para evitar el desorden y la suciedad. Disciplina (Shitsuke), tomar conciencia de la importancia de seguir cada principio para conseguir las metas fijadas y la mejora continua (Arrieta, 2012).

De esta manera, la herramienta de las 5S permite a las empresas crear estaciones de trabajo más limpias, seguras y visualmente más organizadas.

1.1.4. Muda

Gómez (2021), relaciona el concepto de muda con todo aquello que genera desperdicio, obstáculo o que no genera valor para una compañía, es decir, todo aquello por lo que el cliente no se encuentra dispuesto a pagar por ello (Gómez Botero, 2021).

Por lo tanto, se puede decir que una muda es un desperdicio percibido por el cliente.

1.1.5. Mantenimiento Total Productivo (TPM)

El Mantenimiento Total Productivo (TPM) según el autor García (2011), es minimizar las averías de una maquinaria y por ende los costos asociados a

estas averías. Esto sustentado en tres pilares: mantenimiento predictivo, mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo (García Alcaez, 2011).

Así, TPM consiste en mantener de la mejor manera posible la maquinaria de la empresa de forma que se garantice que se reduzcan al máximo posible las averías o daños que le puedan surgir y con esto los altos gastos en reparaciones, reemplazos y mantenimientos.

1.1.6. Poka Yoke

Almazan (2015) define *Poka Yoke* literalmente como “a prueba de errores”, refiriéndose a dispositivos que son diseñados específicamente para evitar errores, permitiendo que se reduzcan al máximo los errores humanos que se pueden cometer dentro de un proceso productivo (Almazan, 2015).

Poka Yoke permite entonces que los procesos productivos en las organizaciones sean más eficientes porque reduce la cantidad de errores humanos cometidos al interior del proceso, permitiendo así que se reduzcan también los costos asociados a estos errores.

1.1.7. Sistema Andón

Martínez Hernández (2020) relaciona el concepto Andón como una herramienta de *Lean Manufacturing* de aplicación de sistemas visuales para optimizar y mantener un control sobre los procesos productivos enfocado en eliminar los desperdicios y las actividades que no generen valor para el cliente (Martínez Hernández, 2020).

Así, Andón es una herramienta visual que le permite a una organización tener el control de su proceso productivo para así reducir costos asociados a la generación de desperdicios y al exceso de actividades que no aportan valor.

1.1.8. Kanban

Kanban se refiere, como señala Torres (2011), se refiere a una serie de tarjetas asociadas a cada pieza que contiene una información clave para la fabricación o a un tablero físico o virtual (Torres, 2011).

Por lo tanto, esta herramienta le permite a una organización tener el control de su proceso de producción mediante tarjetas o tableros con diferentes colores para cada pieza con diferente información clave que permita identificar a partes del proceso productivo.

1.2 Seis sigmas

Bravo (2012) define “seis sigmas” o “six sigma” en inglés, como una metodología de mejora de procesos, la cual se encuentra centrada en la reducción de la variabilidad de estos, lo que da como consecuencia la eliminación de los defectos o fallas, ya sea en un producto o en un servicio otorgado a un cliente (Bravo, 2012).

2. Construcción industrializada

Figueroa (2022), define un sistema industrializado en la construcción como una adecuada planeación de actividades y presupuesto y una selección de equipos adecuada, lo cual permiten que los rendimientos de obra mejoren y que se aprovechen de mejor manera los recursos con los que se cuenta la obra. Esto, al crear un sistema de producción de construcción de vivienda en serie, buscando imitar procesos que realizan los operarios en empresas del sector de la producción, pero, enfocados en la construcción de vivienda (Figueroa, 2019).

A su vez, Figueroa (2022) menciona que, la construcción industrializada permite construir basándose en el diseño de construcción mecanizado y subsistemas elaborados en serie (Figueroa, 2019).

3.2 Estado del arte

El objetivo de la búsqueda de literatura es obtener información de cómo abordan otros autores la misma problemática y efectúan un proceso de investigación similar. En este caso, el problema es costos altos de construcción y el alto tiempo de entrega de los proyectos de construcción de la Constructora DIC S.A.S. Como se mencionó, la información que se buscó obtener es cómo le dieron solución otros autores a la misma problemática para así tener alguna idea de cómo resolverla para la empresa.

Para llevar a cabo la búsqueda de información, se tuvo en cuenta palabras clave que tuvieran en cuenta la problemática presentada y su causa raíz. La fuente en donde se realizó la búsqueda fue en el repositorio institucional de la Pontificia Universidad Javeriana Cali. Se buscaron artículos de los últimos 10 años.

Uno de los artículos revisados logra darle solución al mismo problema fue acerca de proyectos de construcción en Perú, en donde se reducen desperdicios y se eliminan reprocesos con ayuda de las herramientas de Lean Construction. En este artículo se concluye que *Lean Construction* es una nueva forma de producción cuyo objetivo es eliminar o minimizar las pérdidas en los recursos que se usan para construir un proyecto con el fin de generar el máximo valor posible para los clientes. Por otro lado, hace mención a que el

enfoque hacia los desperdicios es relevante en el sector de la construcción, en donde a nivel mundial resultan bastante altos. Además, los tiempos de obra pueden resultar: tiempo productivo (TP), tiempo contributivo (TC) y tiempo no contributivo (TNC) (Orihuela, *Lean Construction en el Perú* 2012, 2012).

La conclusión del artículo de *Lean Construction* en Perú resultó que alrededor de una tercera parte de la producción en las obras de construcción está representada por desperdicios y que los grados de confiabilidad en la planificación de las obras son muy bajos (Orihuela, *Lean Construction en el Perú* 2012, 2012).

Lean Construction analiza la producción bajo tres conceptos: como una transformación, como un flujo y como la generación de valor. Respecto al eje de análisis como una transformación se refiere por ejemplo a pegar ladrillos con mortero, transformando así materiales en muros. El eje de análisis como un flujo quiere decir por ejemplo hacer fluir el cemento, la arena, el agua, los ladrillos, las herramientas y el personal hasta el lugar en donde se realiza la tarea. Finalmente, el eje de análisis como la generación de valor, se puede poner como ejemplo hacer que el área de muro sea económico, estético y seguro (Orihuela, *Lean Construction en el Perú* 2012, 2012).

Por otro lado, una guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda publicada por el repositorio institucional de la Universidad EAFIT, en donde se trató una prueba piloto realizada en el año 2002 y actualizada diez años después, en el 2012, con un gran número de constructoras en Colombia, en la ciudad de Medellín. Esta guía se basó en los principios de *Lean Construction* o mejor llamada Construcción sin pérdidas, en donde fue útil para mejorar la productividad en la construcción del gran número de constructoras en estudio para cada uno de sus proyectos de vivienda. Las herramientas de *Lean Construction* lograron mejorar la competitividad de las constructoras en estudio (Botero, 2012).

La filosofía *Lean Construction* también desarrollada en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos de construcción utilizando las diferentes herramientas de *Lean Construction* adaptadas a un proyecto de construcción en la ciudad de Lima (Perú). Las herramientas más importantes que utilizaron los autores fueron *Last Planner System*, Ectorización, Nivel general de actividad y cartas de Balance. Finalmente, los autores analizando los resultados de la implementación de las estrategias *Lean Construction* descritas, en donde se observa que los resultados de productividad a lo largo del proyecto resultan más favorables que los estándares de obras de construcción en el país, demostrando los buenos resultados brindados de esta filosofía (Guzman, 2012).

Además, en un artículo revisado sobre la implementación de *Lean Construction* y la planificación colaborativa en España. En este estudio se presentó una problemática de crisis

profunda en el sector inmobiliario teniendo la actividad de construcción prácticamente parada y en donde las empresas españolas del sector de la arquitectura, ingeniería y construcción (AIC) se encontraban dirigiendo sus esfuerzos en buscar la forma de subsistir en el mercado, en donde resulto como una de las soluciones la implementación de filosofías Lean. En este estudio se concluye que la implementación de la filosofía Lean Construction en el sector de la construcción es una fuerte herramienta para optimizar recursos y disminuir reprocesos (Achell, 2019).

El libro *Lean Construction* escrito por Luis Alarcón en la Escuela de Ingeniería de Santiago de Chile (2007), relata cómo en la fabricación se han logrado avances significativos en materia del rendimiento gracias a una nueva filosofía de producción la cual es “la producción ajustada” o también llamada *Lean Construction*, la cual es la competencia basada en el tiempo e ingeniería concurrente, en donde si bien esta filosofía es poco conocida en el sector de la construcción, en el libro se revisan principios, conceptos y métodos de producción ajustada analizando su aplicabilidad en este sector considerando todas las implicaciones y concluyendo al final del tema que si bien esto significa un gran reto para el sector de la construcción, trae consigo también grandes beneficios que se trasladan a beneficios económicos (Alarcón, 2007).

“Lean Construction y la planificación colaborativa. Metodología del Last Planner® System” escrito por Juan Felipe Pons (2019) es un artículo en el que se resume un trabajo realizado desde el año 2008 en España (año para el cual *Lean Construction* era totalmente desconocido para el país), en donde aprovechando la crisis del sector inmobiliario que estaba viviendo el país en la época y todo el sector de la construcción en el país. El autor investiga como diferentes técnicas y métodos realizados por diferentes expertos en materia de recuperación del sector fueron aplicadas y sirvieron para la recuperación del sector, pero resalta que únicamente hasta el año 2014, cuando se inicio a implementar *Lean Construction* y *Building Information Modeling (BIM)* aumentó el interés por entender la gestión de los proyectos de la construcción y su diseño y fue entonces cuando este sector tomó un impulso totalmente diferente, haciendo que la crisis sufrida en el año 2008 empezará a desaparecer completamente. El autor concluye que gracias a la filosofía Lean aplicada al sector de la construcción, la construcción en España ha sido líder comparándolo con otros países (Pons Achell, 2019).

Otro artículo revisado fue “WHAT IS *LEAN CONSTRUCTION*” escrito por Gregory A. Howell (1999) en la Séptima Conferencia del Grupo Internacional de Lean Construction organizada por la Universidad de California. En este artículo el autor revisa los orígenes de la producción ajustada, y concluye que es una nueva forma de gestión de la producción la cual no se trata de una forma de producción ni masiva ni artesanal sino una forma de producción ajustada. El autor concluye que definitivamente Lean es una forma de producción

que se ajusta al sector de la construcción y que su naturaleza en comparación a la producción actual en la construcción trae innumerables beneficios (Howell, 1999).

Lauri Koskela (1994) también fue una de las pioneras en escribir los primeros artículos relacionados con *Lean Construction*, pues, revelo en la Engineers Australia un artículo llamado “*Lean Construction*” en el que concluyó que esta metodología ha logrado demostrar traer consigo grandes ganancias en la eficiencia gracias a su forma de producción, por lo cual es sumamente relevante para el sector de la construcción ser tomada en cuenta para implementarla, considerando las implicaciones y los beneficios que trae la filosofía para la industria de la construcción (Koskela, 1994).

Hablando de la sostenibilidad que permite *Lean Construction*, se revisó el artículo “Sustainability Through Lean Construction Approach: A Literature Review” publicado por los autores Mohd Arif Marhani, Aini Jaapar, Nor Azmi Ahmad Bari y Mardhiah Zawawi (2013) el cual menciona que *Lean Constuction* es excelente para administrar todo el proceso de la construcción porque permite lograr todos los objetivos del proyecto eliminando desperdicios que se encuentren inmersos. Sin embargo, se resalta la necesidad de integrar la filosofía Lean con la seguridad y salud en el trabajo y con la interacción y colaboración con todas las partes interesadas en el proyecto de la construcción. Los autores resaltan entre las conclusiones más importantes del artículo que *Lean Construction* es capaz de mejorar la sostenibilidad en la construcción y por lo tanto mejora la calidad futura en la industria de la construcción (Marhani, Jaapar, Ahmad Bari, & Zawawi, 2013).

“Lean Construction Management” publicado por Shang Gao y Sui Pheng Low es un libro que aborda las prácticas de Toyota en la construcción en donde se describe un paso a paso para implementar todas estas prácticas de Toyota en el sector. La importancia de este artículo se centra en la necesidad de tener en cuenta que el sector de la construcción es un sector más práctico que cualquier otra cosa, es decir, se trata de un sector en donde los trabajadores aprender con el hacer y no desde la teoría, en donde muchos ni siquiera deben pasar por un instituto para aprender cómo elaborar una actividad relacionada con su trabajo diario, lo cual se vuelve un reto a nivel de manejo de personal en el momento de la implementación (Gao & Pheng Low, 2014).

Finalmente, en otro artículo se estudiaron los desafíos que tiene la filosofía Lean Construction, ya que, a pesar de ser una herramienta evidentemente efectiva, cuenta con algunos desafíos de implementación como la cultura organizacional, la capacitación, el liderazgo, la conceptualización errónea de las herramientas de Lean Construction y los estudios de los casos aplicados incorrectamente. En este, se concluyó que si bien, *Lean Construction* es una herramienta que resuelve problemas de optimización presentados en las constructoras, es necesario culturizar y capacitar al equipo que integra la constructora para



Pontificia Universidad
JAVERIANA
Cali

que resulte una adecuada implementación. *Lean Construction* se basa en la gestión de procesos de construcción, siguiendo los procesos de mejora continua y la adaptación del *Toyota Production System* al sector de la construcción (Guzman, *Lean Construction With or Without Lean – Challenges of Implementing Lean Construction IGFLC*, 2016).

4. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

4.1 Descripción del proceso actual

El proceso actual utilizado por la constructora DIC S.A.S para la construcción de un proyecto de vivienda se compone de la siguiente manera (Ver figura 2):

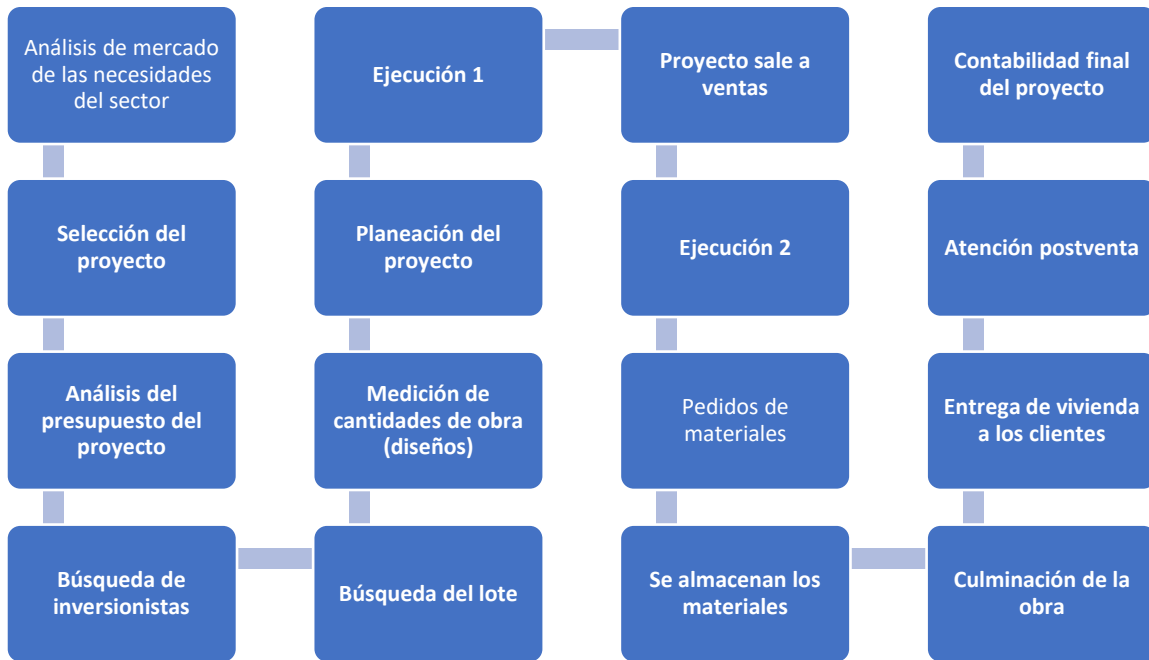


Figura 2. Descripción del proceso actual proyectos DIC SAS

- **Análisis de mercado de las necesidades del sector.** en este punto la constructora define las necesidades de su mercado objetivo (estrato 3, 4 y 5), para determinar así atractivos en vivienda, sectores de interés y zonas atractivas para ellos, así como valores que están dispuestos a pagar por los inmuebles.
- **Selección del proyecto.** Con base en el análisis de mercado de las necesidades del sector, la constructora selecciona el proyecto a realizar, con su respectiva ubicación geográfica, tamaño de construcción, atractivos de la zona social, fachada y aspectos estéticos del proyecto.
- **Análisis del presupuesto del proyecto.** se realiza un análisis del presupuesto del proyecto, se presupuesta económicamente, se realizan todas las actividades a tener en cuenta y se estiman todos los costos.
- **Búsqueda de inversionistas.** consiste en la búsqueda de inversionistas para inyectar capital para el proyecto de construcción. En caso de no conseguir inversionistas, la constructora busca una entidad financiera aliada.

- **Búsqueda del lote.** Consiste en la búsqueda del lote o terreno para realizar el proyecto de construcción.
- **Medición de cantidades de obra (diseños).** se realizan las mediciones de las cantidades necesarias en obra basados en metodologías tradicionales como lo son medición desde planos 2D o en cuantías (utilizan por metro cuadrado de área de acuerdo con un juicio).
- **Planeación del proyecto.** consiste en la planeación de la ejecución del proyecto, es en donde se realiza el cronograma del proyecto general basado en criterios y no en rendimientos calculados, basándose en experiencias pasadas de otros proyectos.
- **Ejecución 1.** es en donde se realizan los diseños de las diferentes disciplinas para lograr una coordinación y entregar a obra.
- **Proyecto sale a ventas.** Consiste en el lanzamiento del proyecto a la venta sobre planos, con los precios planeados sobre planos.
- **Ejecución 2.** es en donde inicia la obra del proyecto una vez la constructora alcance la venta que del punto de equilibrio del proyecto. Se tiene en cuenta pedidos de materiales según cronograma.
- **Pedidos de materiales.** se realizan a la par de la ejecución 2 conforme la obra lo vaya necesitando.
- **Se almacenan los materiales.** se almacenan los materiales en la misma obra de uno a dos días.
- **Culminación de la obra.** se termina la obra, se revisan acabados y visto bueno por el supervisor.
- **Entrega de vivienda a los clientes.** se procede a entregar las viviendas a los clientes.
- **Atención postventa.** se procede a brindar soporte al cliente en servicios post venta que suelen ser bastantes.
- **Contabilidad final del proyecto.** se realiza contabilidad de cierre del proyecto y se definen las ganancias reales, comparándolas con las ganancias presupuestadas.

Así mismo, a continuación, en la figura 3 se presenta el diagrama SIPOC (Supplier – Inputs- Process- Outputs – Customers) para conocer cuál es el proceso de operación de la constructora en el proyecto, partiendo desde el cliente y sus necesidades, hasta la entrega del producto terminado (apartamento) al cliente.

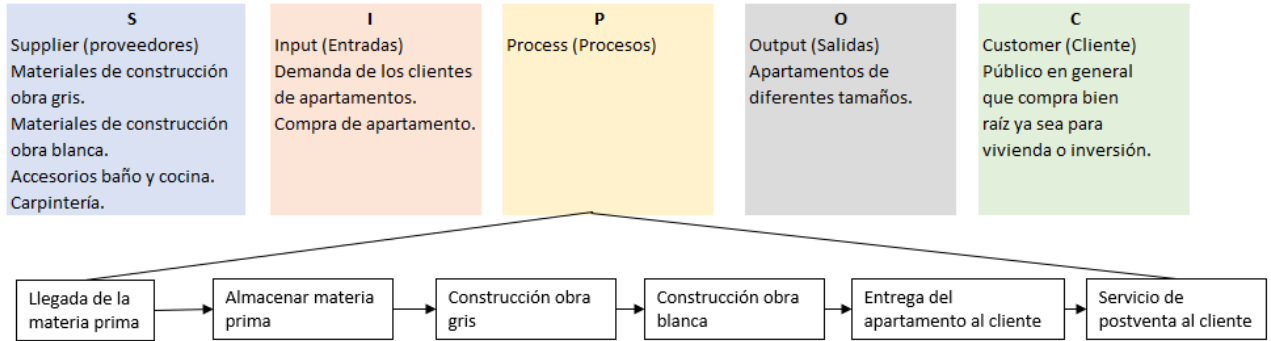


Figura 3. Diagrama SIPOC actual proyecto DIC SAS

Actualmente la empresa no cuenta con indicadores formulados para el proceso, sin embargo, se tiene información estimada de los tiempos de las actividades de manera empírica.

Posteriormente, se realizó el VSM (*Value Stream Mapping*) actual de la empresa para identificar las actividades que generan y las que no generan valor para el cliente y definir el tiempo de proceso. En la Figura 4 se presenta el VSM actual con los tiempos dados por la empresa.

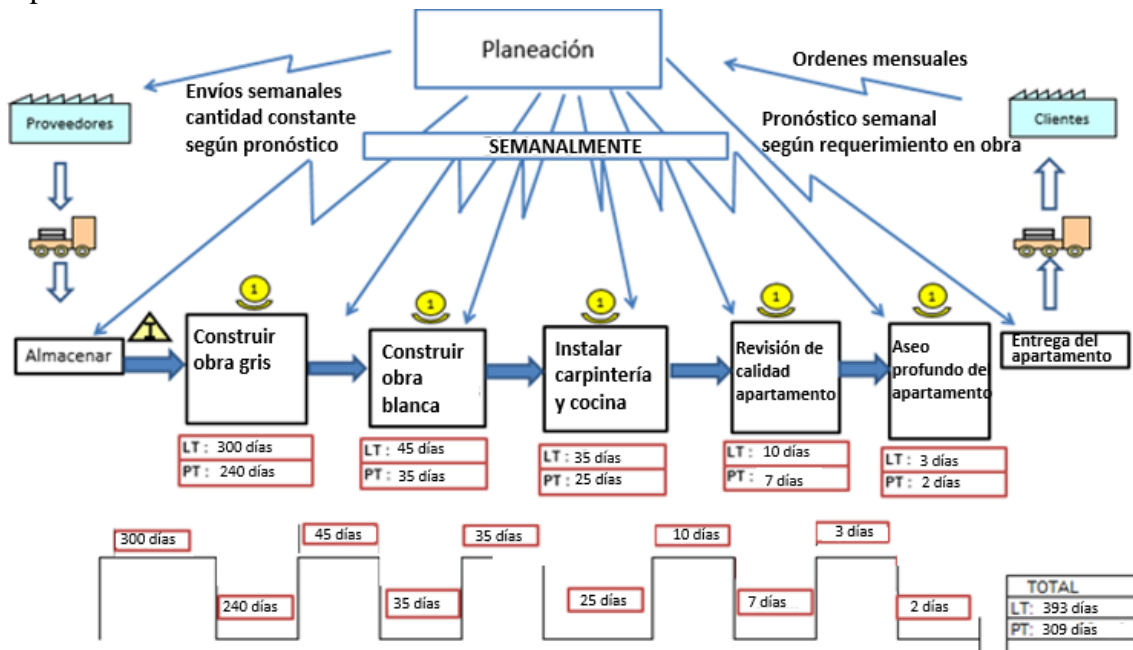


Figura 4. VSM proyectos DIC SAS

Como se puede observar en la figura 4, el LT (*Lead Time* o tiempo de espera) del proceso total es de 393 días y el PT (*Processing Time* o Tiempo de Proceso) es de 309 días. Tanto el tiempo de espera como el tiempo de proceso son aproximadamente 30 días más altos

respecto al tiempo planeado revelado por la encargada de promoción y ventas. Además, se concluye que los tiempos de proceso no corresponden a los tiempos tomados descritos más adelante. Los tiempos utilizados para *Lead Time* y *Processing Time* en cada subproceso son tiempos promedios dados por la constructora.

Cabe resaltar que las actividades mencionadas en la figura 4 fueron actividades reveladas por la empresa, las cuales tratan de forma separada dentro de su proceso productivo. La etapa de la construcción de obra gris es una actividad que se trata por separado porque funciona con materiales y personal diferente a la etapa de construcción de obra blanca, de carpintería y de las demás actividades descritas en el mapa y también se tienen en cuenta criterios de elaboración diferentes entre cada actividad.

Posteriormente, se realizó una encuesta a los empleados encargados del proceso de construcción [Ver Anexo 3], en donde se les preguntó acerca de la organización de sus puestos de trabajo, las PQRs que habían escuchado por parte de los clientes, así como la empatía que sentían por la empresa y lo que los motivaba a trabajar. La encuesta fue realizada a 11 empleados de la constructora: tres oficiales de construcción de obra gris, dos oficiales de construcción de obra blanca, dos encargados de carpintería y cocinas, dos encargados de supervisión de acabados y dos encargados de servicio posventa.

En cuanto a los resultados obtenidos respecto al orden del puesto de trabajo, un 72,7% opinó que su puesto de trabajo no está ordenado al momento de empezar a alistarse para iniciar su trabajo. Un 81,8% afirmó que le resulta difícil encontrar sus utensilios de trabajo en el momento en que los necesita. Un 72,7% consideró que su puesto de trabajo permanecía desordenado [Ver Anexo 3]. Los porcentajes descritos muestran que la situación actual de la constructora con respecto al orden mantenido no era adecuada. Además, fue necesario analizar qué tanto influía la situación actual de orden en el tiempo de entrega de los proyectos brindado a los clientes.

En cuanto a la situación de empatía, cariño y preocupación de los empleados con la empresa también se obtuvieron resultados que demuestran que la situación actual a simple vista no era adecuada, por lo que fue necesario analizarla. Los resultados arrojaron que más del 70% de los empleados se sentían tristes o preocupados por la economía de la empresa, los motivaba principalmente el dinero al momento de ir a trabajar y les gustaría que la situación actual tuviera un cambio [ver Anexo 3].

Por otro lado, un 80% de los empleados afirmaron haber escuchado alguna vez de peticiones, quejas y reclamos hechos por los clientes, de los cuales un 100% opinaron que se debieron a retazos en las entregas por parte de la constructora [Ver Anexo 5]. La situación actual se afectó debido a que el número de clientes y de ventas no pudo aumentar significativamente si los clientes consideraban que la constructora era incumplida en sus tiempos de entrega y reclamaban por ello. Otro resultado arrojado por la encuesta es que el 100% de los empleados hace más de dos años que no son capacitados, situación actual bastante crítica debido a que las capacitaciones, según Frías (2019), se deben realizar por lo

menos con una frecuencia de un año [ver Anexo 3] (Frías, 2019). El éxito de una empresa depende directamente del talento humano y las tendencias del comportamiento de los clientes, así como sus necesidades están cambiando constantemente (Frías, 2019).

Se realizó la toma de tiempos de actividades diarias destinadas a enchapar el piso de los apartamentos, estucar los apartamentos e instalar lámparas led en el cielo raso junto con la conexión eléctrica, así como el de pintar los apartamentos (actividades realizadas diariamente) durante una semana. La toma de tiempos se hizo con cronometro de celular de forma sistemática con un tamaño de muestra de $n_0 = 30$ tomas, teniendo en cuenta que las actividades mencionadas se realizan en promedio 31 veces por semana y con un nivel de confianza del 99% [ver Anexo 4]. Se realizaron tomas diarias desde el lunes 3 de abril hasta el sábado 8 de abril de 2023. Las 30 tomas de cada turno se distribuyeron en seis cada día. En la Tabla 2, se puede observar un resumen de las tomas de los tiempos con su respectiva fecha. Se puede observar que, en promedio, el tiempo que se tardan por día los empleados en las operaciones, corresponde a 6.745 horas, 9,19 horas, 2.94 horas y 5.425 horas en las actividades de enchapar, estucar, ubicar las conexiones eléctricas y pintar respectivamente, observando así que la actividad que mayor análisis requirió para disminuir los tiempos de entrega de los apartamentos es la actividad de estucar los apartamentos. Así mismo, se observa un comportamiento diferente entre el total de los tiempos por días tomados, pues, se nota que los días que más tardan los empleados en realizar las actividades son los sábados y los días que menos tardan son los miércoles, manejando una diferencia de casi 10 horas en total. Estas actividades fueron seleccionadas teniendo en cuenta la etapa del proyecto en la que se encontraba la empresa al momento de recibir la aprobación para la toma de tiempos y a sugerencia por parte de la empresa considerando la importancia que traen las actividades descritas en la etapa de obra blanca de un proyecto de construcción para la constructora.

Tabla 2. Resumen de operaciones.

TABLA RESUMEN TIEMPOS DE OPERACIÓN							
n	FECHA	TIEMPO PROMEDIO DE OPERACIÓN: ENCHAPAR	TIEMPO PROMEDIO DE OPERACIÓN: ESTUCAR	TIEMPO PROMEDIO DE OPERACIÓN: CONEXIONES ELÉCTRICAS	TIEMPO PROMEDIO DE OPERACIÓN: PINTAR	TIEMPO PROMEDIO TOTAL OPERACIONES	UNIDADES
1 a 5	Lunes 3/04/2023	6,01	8,32	2,22	4,53	21,08	horas
6 a 10	Martes 4/04/2023	5,92	8,45	2,47	4,58	21,42	horas
11 a 15	Miércoles 5/04/2023	6,12	8,12	2,13	4,33	20,7	horas
16 a 20	Jueves 6/04/2023	6,87	9,08	3,01	5,25	24,21	horas
21 a 25	Viernes 7/04/2023	7,58	9,95	3,58	6,87	27,98	horas



26 a 30	Sábado 8/04/2023	7,97	11,22	4,23	6,99	30,41	horas
	PROMEDIO	6,745	9,19	2,94	5,425	horas	

Posteriormente, se calculó un indicador KPI (Indicadores de Gestión) de eficacia teniendo en cuenta el valor promedio de tiempo de operación calculado con respecto al valor esperado por la empresa. La eficacia es la capacidad para lograr un resultado determinado o cumplir actividades u objetivos. Para los cálculos del indicador descrito se tuvo en cuenta la Ecuación (2), en donde TPOE es el tiempo de operación esperado o tiempo meta de operación, el TPO es el tiempo promedio de operación es el tiempo observado y ETO es la eficacia del tiempo de operación. Los resultados obtenidos de los cálculos del indicador fueron 0,889547813, 0,870511425, 0,680272109 y 0,829493088 en las operaciones de enchapar, estucar, realizar las conexiones eléctricas y pintar respectivamente, para todos los casos menor que 1, por lo que se puede decir que las condiciones actuales respecto a este indicador no son adecuadas [Ver Anexo 5]. Sin embargo, habría que analizar la información

$$ETO = \frac{TPOE}{TPO} \quad (2)$$

Además, se realizó el cálculo del indicador ETO para cada uno de los días tomados, para cada una de las operaciones a las cuales se tomaron los tiempos. Las figuras 5, 6, 7 y 8 muestran gráficamente el comportamiento del indicador para cada una de las operaciones en que se realizaron las tomas. La figura 5, muestra que el valor máximo que toma indicador es menor a 1.014 y que el día en que más alto se encuentra es el martes, mientras que el sábado es el de menor valor. La figura 6, refleja el valor máximo del indicador de la operación estucar el miércoles y el valor mínimo el sábado. La figura 7 demuestra una situación similar a la figura 6 con un valor máximo del indicador el miércoles y un valor mínimo el sábado. Finalmente, la figura 8 demuestra el mismo comportamiento de la figura 6 y 7, con valor máximo del indicador el miércoles y mínimo el sábado. Así mismo se puede evidencia una tendencia de disminución de la eficacia los días jueves, viernes y sábado en todas las actividades objeto de análisis debido a que en dichos días los empleados se encuentran más dispersos porque se aproxima la llegada del fin de semana o el pago de una quincena.

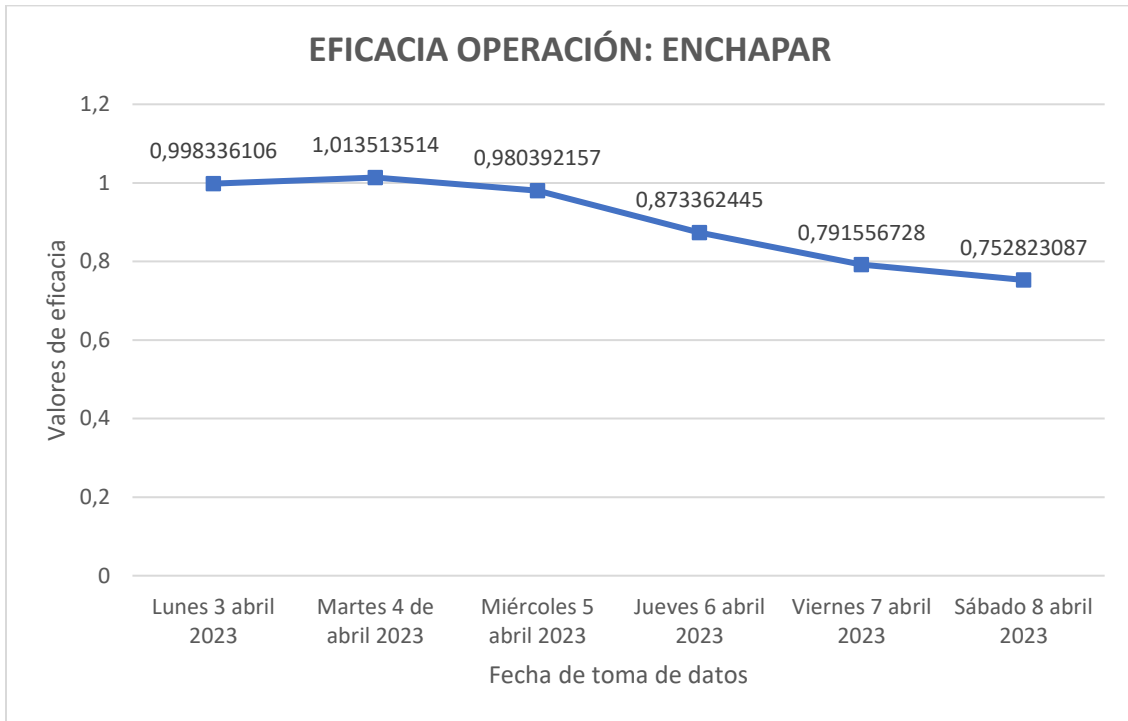


Figura 5. Diagrama de líneas eficacia operación enchapar

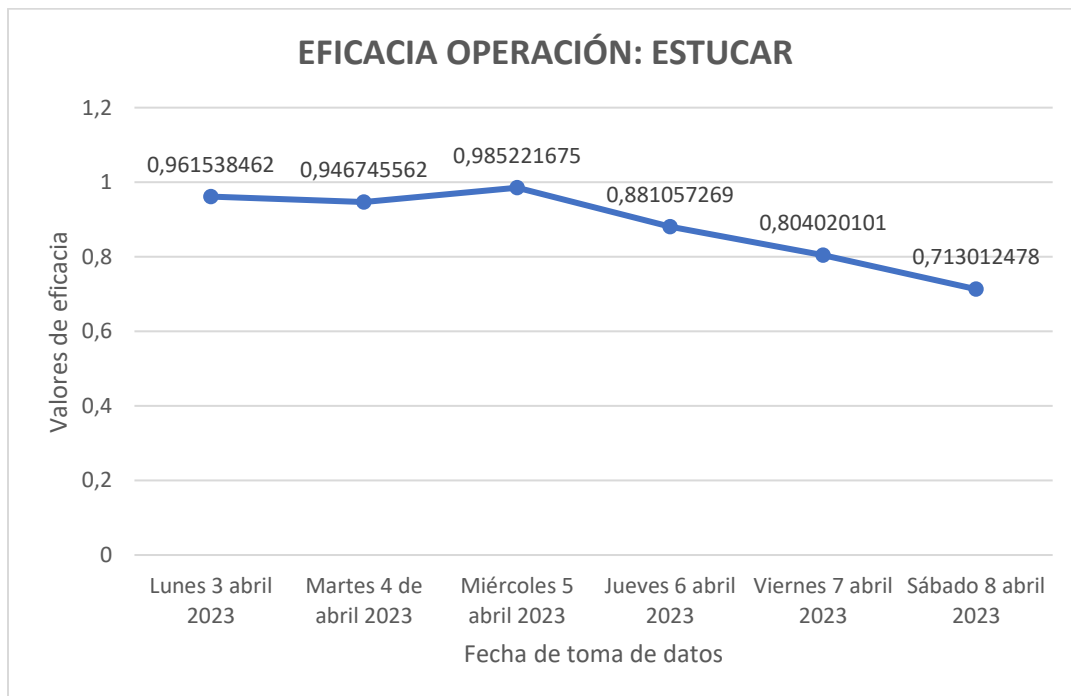


Figura 6. Diagrama de líneas eficacia operación estucar

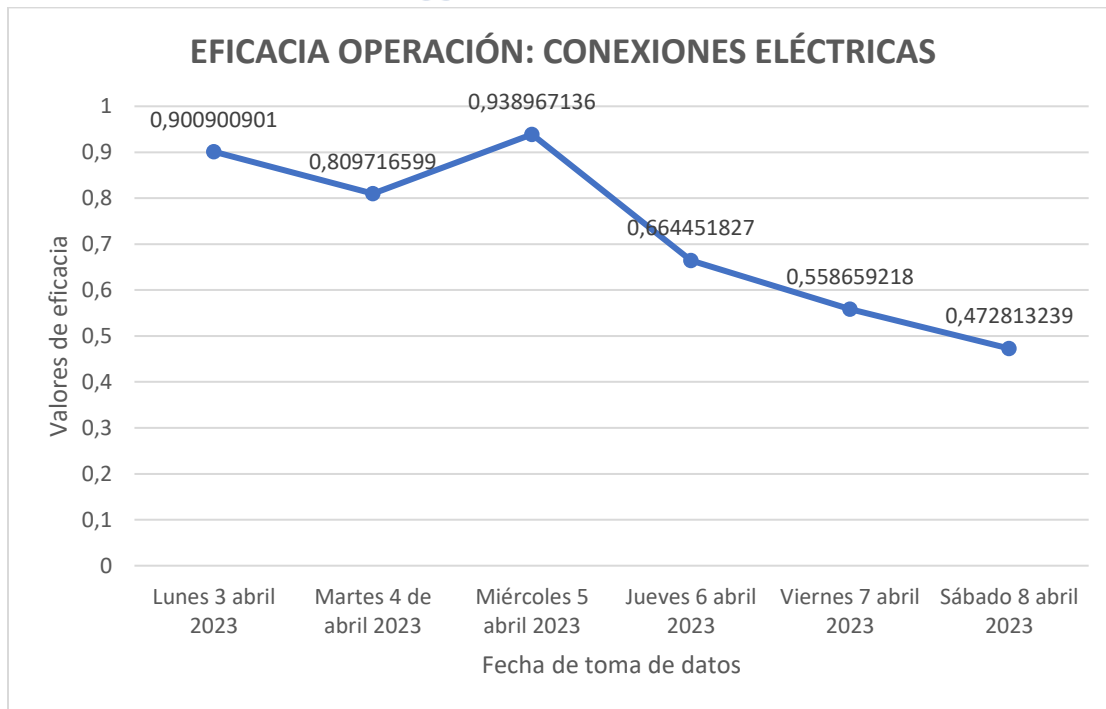


Figura 7. Diagrama de líneas eficacia operación realizar conexiones eléctricas

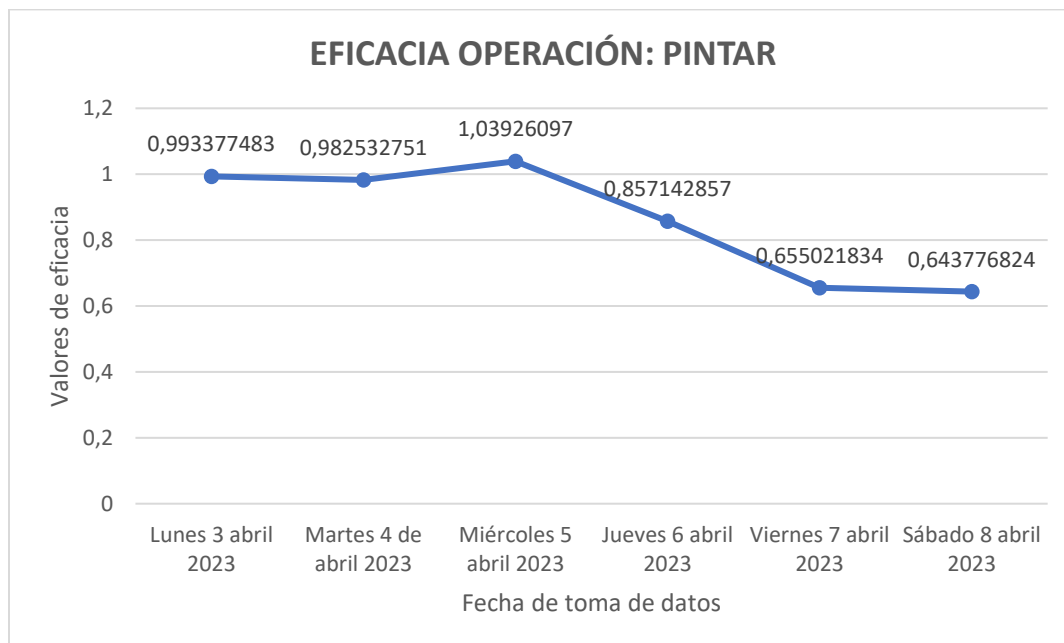


Figura 8. Diagrama de líneas eficacia operación pintar

Adicionalmente, se obtuvo información secundaria de los ingresos y gastos de la empresa históricamente para el año 2019 (en donde se contaba con 20 empleados para los

proyectos) y del plan de estado de resultados programado para el proyecto. La información obtenida se presenta en la figura 9. En esta figura se puede observar una utilidad promedio mensual neta total negativa para el año 2019, que, en comparación con la utilidad neta planeada por la empresa, se diferencia en más de 537 millones de pesos. Tal diferencia se puede ver reflejada en la diferencia en costos de operación, pues, mientras los costos de operación planeados fueron de \$3.000 millones de pesos, los costos de operación reales fueron de \$3.658 millones de pesos. Así mismo, en los gastos operativos también se observa una diferencia significativa, ya que mientras en el estado de resultados planeado este rubro correspondía a \$500 millones de pesos, los gastos operativos reales fueron de \$650 millones de pesos [Ver Anexo 6- PGY 2019 Proyecto vivienda DIC SAS].

Estado de Resultados	2019	Plan Estado de Resultados	2019
Ingresos por venta del proyecto	\$ 5.000.000.000	Ingresos por venta del proyecto	\$ 5.000.000.000
(-) Costos de construcción del proyecto	\$ 3.658.000.000	(-) Costos de construcción del proyecto	\$ 3.000.000.000
Utilidad Bruta	\$ 1.342.000.000	Utilidad Bruta	\$ 2.000.000.000
% utilidad	26,84%	% utilidad	40,00%
GASTOS		GASTOS	
Nomina	\$ 720.000.000	Nomina	\$ 720.000.000
Personal Extra	\$ 4.500.000	Personal Extra	\$ 1.500.000
Gastos fijos	\$ 3.000.000	Gastos fijos	\$ 3.000.000
Gastos operativos	\$ 650.000.000	Gastos operativos	\$ 500.000.000
Total Gastos admon y operativos	\$ 1.377.500.000	Total Gastos admon y operativos	\$ 1.224.500.000
Ut Operativa . Depreciaciones		Ut Operativa . Depreciaciones	
Utilidad operativa	-\$ 35.500.000	Utilidad operativa	\$ 775.500.000
4x1000	-\$ 142.000	4x1000	\$ 3.102.000
Utilidad antes de impuestos	-\$ 35.358.000	Utilidad antes de impuestos	\$ 772.398.000
RENTA	\$ -	RENTA	\$ 270.339.300
Utilidad neta	-\$ 35.358.000	Utilidad neta	\$ 502.058.700

Figura 9. Estado de resultados y plan de estado de resultados DIC SAS 2019

Se procedió a sacar un indicador KPI de eficacia para determinar actualmente qué tanto se están acercando a los propósitos o metas planteadas respecto a las ventas y a la utilidad neta. El indicador se determina mediante la Ecuación (3) para la utilidad neta.

$$Eficacia \ de \ utilidad \ neta = \frac{Utilidad \ neta \ reale \ obtenida}{Utilidad \ planeada \ o \ esperada} \quad (3)$$

El cálculo del indicador de eficacia arrojó que la empresa no resulta ser eficaz [Ver Anexo 8- Cálculos de eficacia utilidad]. Para interpretar los resultados obtenidos de eficacia se tiene que, un valor mayor a 1 es muy eficaz, un valor igual a 1 es eficaz y un valor menor

a 1 no es eficaz. La empresa no se encuentra en condiciones óptimas respecto a los indicadores descritos, pues resultó un valor menor a 1, por lo que se puede concluir que no son eficaces en las situaciones presentadas.

En la Tabla 3 se muestran los resultados obtenidos de los indicadores de desempeño en la actualidad y el resultado esperado o meta de cada uno.

Tabla 3. Resultados de indicadores de desempeño

Variable	Actualidad	Meta
Tamaño de muestra para tiempos de operaciones	n= 30	No aplica.
Eficacia del tiempo de operación (ETO)	Figura 5 Figura 6 Figura 7 Figura 8 Anexo 5	ETS \geq 1
Eficacia de utilidad	Anexo 7- Cálculos de eficacia utilidad	Eficacia de ingresos \geq 1

4.2 Plan de recolección de datos y medición de indicadores de desempeño

El propósito principal de realizar un plan de recolección de datos es poder contar con una idea clara acerca de qué información se desea obtener para medir la situación actual de la empresa de estudio y así posteriormente poder analizarla. Para empezar, se planeó obtener datos de la empresa mediante información suministrada sobre cómo es el proceso actual del servicio prestado empezando desde los proveedores hasta el cliente para realizar el diagrama de SIPOC (*Supplier – Inputs- Process- Outputs – Customers*). Seguidamente, obtuvo la información por medio de la empresa de la cadena de valor y los tiempos que se consideran en cada proceso para diagramar el VSM (*Value Stream Mapping*) actual e identificar el *Lead Time*, el *Processing Time* y las actividades que generaban y no generaban valor para el cliente. Esto, con el fin de posteriormente compararlos con los tiempos que se tomaron descritos más adelante. Después de hacer los diagramas descritos, se realizó un análisis de la situación.

Continuando con el plan, como información primaria se recolectaron datos de tiempos de labores realizadas en el proyecto definiendo la población por medio de los pronósticos de las actividades que se realizan semanalmente (dato que maneja la empresa en su cronograma

del proyecto). Los datos se tomaron durante una semana. Se planeo que fueran días diferentes debido a que no es lo mismo para los empleados un martes que un viernes, ya que su actitud puede variar de un día a otro. Lo anterior porque cada día tiene condiciones y eventos diferentes, por ejemplo, el viernes puede ser el día de descanso y el martes puede ser el día de pago. El procedimiento de muestreo para la recolección de estos datos fue un muestreo de grupo sistemático en diferentes días, Para determinar el tamaño de la muestra se utilizó la Ecuación (1) seleccionando los elementos de la muestra teniendo en cuenta como variable el tiempo en que se tarda en realizar una misma actividad para el proyecto (variable cuantitativa continua). Los tiempos se aproximaron a dos decimales para evitar confusiones (la precisión del cronometro utilizado es milésimas).

$$n_0 = \frac{(Z)^2 * (\gamma)^2}{(\varepsilon)^2} \quad (1)$$

En esta ecuación, Z es el nivel de confianza del estudio, ε es el error máximo permitido establecido por el investigador y γ es el valor de la varianza poblacional estimado en una muestra piloto (información que proporcionó la empresa) teniendo en cuenta que se pensó en garantizar la normalización de los datos [Ver Anexo 4]. La toma de estos datos se realizó en actividades diarias destinadas a enchapar el piso de los apartamentos, estucar los apartamentos e instalar lámparas led en el cielo raso junto con la conexión eléctrica, así como el de pintar los apartamentos. Esto puesto a que el tiempo que destinan los trabajadores en estas actividades no es el mismo y puede variar. Finalmente, se recopilaron los datos de los elementos designados. Esto se hace con el fin de posteriormente analizar los tiempos destinados a estas actividades por medio de indicadores definidos y de herramientas para conocer en qué situación se encuentra la empresa. Para realizar el análisis obtuvo de la empresa el dato del tiempo que tienen planeado o tiempo meta del tiempo destinado a cada una de estas actividades establecido en el cronograma del proyecto y con él se definió un indicador de eficacia.

Por otro lado, como información primaria también se recolectaron datos mediante una encuesta a los empleados utilizando la herramienta de Google Forms y se agruparon los resultados en una tabla de datos. Para recoger estos datos se hizo un censo con los empleados que permanecen en la obra. Se planeó que con la entrevista se logrará determinar si el puesto de trabajo se encontraba en orden todo el tiempo y si los empleados gastaban gran parte de tiempo ordenándolo. Lo anterior debido a que el tiempo de alistamiento y el tiempo transcurrido para buscar y encontrar utensilios de trabajo, es un tiempo muerto que influye en que el tiempo de ejecución de la actividad se prolongue y con esto el tiempo de entrega del proyecto al cliente también. Además, se realizó una encuesta aparte dirigida a los empleados que tienen que ver directamente con la atención al cliente en la venta y la postventa. La encuesta contemplo temas que permitieron conocer qué tanto sabían los

empleados de las PQRs (Peticiones, Quejas y Reclamos por parte de los clientes) para determinar la situación actual de la constructora ante los clientes. Los empleados a los que se les realizó la encuesta descrita fueron empleados que cercanos a los clientes y directamente relacionados con la atención hacia los mismos. Esto con el propósito de más adelante analizar cómo estaba la empresa en el servicio prestado hacia los clientes, y qué tan motivados y ordenados se encontraban. La herramienta Google Forms arroja respuestas dicotómicas (diagramas de pastel), por lo que se agruparon los datos resultados en tablas.

Finalmente, como información secundaria o de segunda mano, se planeó obtener información los ingresos y gastos históricos del último proyecto realizado por la constructora de la utilidad neta generada y la planeada. Buscando definir un indicador que posteriormente ayudara a analizar la situación de la empresa respecto a la utilidad planeada y real.

Las variables para medir junto con sus objetivos, descripción e indicador se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Indicadores de desempeño a medir

Variable	Objetivo	Descripción	Indicador
Tamaño de muestra para tiempos de servicio	Conocer cuántos datos se tomarán de tiempo de actividades para tener un nivel de confianza del 99% en el estudio.	Se realizó un cálculo de tamaño de muestra para variable cuantitativa.	$n_0 = \frac{(Z)^2 * (\gamma)^2}{(\varepsilon)^2} \quad (2)$
Eficacia del tiempo de actividad (ETS)	Conocer qué tanto se está acercando la empresa a su objetivo en tiempos de actividades según el cronograma del proyecto.	Se tomaron los tiempos de actividades de estucar el apartamento, enchapar los pisos por apartamento, realizar las conexiones e instalaciones de lámparas led y conexión eléctrica y pintura del apartamento. Se promediaron y se comparó con el tiempo esperado o meta establecido por la empresa para cada actividad según el cronograma del proyecto. TPA es el tiempo promedio de servicio tomado TPAE es el tiempo de actividad promedio esperado o planeado por la empresa.	$ETS = \frac{TPAE}{TPA} \quad (2)$
Eficacia de utilidad neta	Conocer qué tanto se está acercando la empresa a su objetivo en utilidad neta.	Se hizo una comparación de la utilidad neta obtenida en el último proyecto (dato revelado por la empresa) con la utilidad neta esperada o planeada para el mismo año.	$Eficacia\ de\ utilidad\ neta = \frac{Utilidad\ neta\ reale\ obtenida}{Utilidad\ planeada\ o\ esperada} \quad (3)$

4.3 Análisis de causas

Con el fin de diagnosticar la causa principal del problema de baja utilidad y alto tiempo de entrega de los proyectos de la constructora, se realizó un análisis de los datos tomados en la etapa de medición actual. Para esto, se empezó analizando los indicadores de desempeño definidos anteriormente. El análisis de estos indicadores fue dividido en dos categorías, en primer lugar, los definidos de los tiempos de operación tomados y, en segundo lugar, el definido sobre la utilidad generada en la empresa (en ambos casos analizando sus posibles variaciones).

Continuando, se compararon los datos tomados de tiempo de operación con los de tiempos dados por la empresa utilizados para la construcción del VSM en la etapa de medición actual para observar si se asemejan a los datos revelados.

Finalmente, en cuanto a la utilidad generada por la empresa en el 2019, se analizó detalladamente los costos y gastos variables incurridos (uno a uno) con el fin de observar si estos pueden disminuir generando una mayor utilidad.

Respecto al indicador de eficacia del tiempo de operación (ETO), como se pudo observar, resultaron valores menores a 1 para todas las operaciones en que se midieron los tiempos, lo que quiere decir que en ninguna de las actividades realizadas se está cumpliendo con la eficacia para cumplir sus metas u objetivos. Como se puede observar en las figuras 10, 11, 12 y 13, los tiempos de operación para todos los casos superan las 2.13 horas. Para cada caso, en la figura 10 se puede observar un tiempo mínimo de 5.92 horas cumpliendo con el tiempo de operación establecido como meta de 6 horas, sin embargo, el único día que se cumple este tiempo es el martes y su mayor rango se encuentra 1.97 horas por encima de la meta. En la figura 11, se observa que el tiempo mínimo dedicado a la operación correspondió a 8.12 horas, incumpliendo todos los días de las tomas con el tiempo establecido como meta de 8 horas. En la figura 12, se observa un tiempo mínimo de 2.13 horas dedicado a la operación, incumpliendo en todos los datos tomados en todos los días con el tiempo meta de operación establecido (2 horas). Finalmente, en la figura 13 se puede notar que el tiempo mínimo de operación dedicado a la actividad fue de 4.33 horas, cumpliendo únicamente en el miércoles con el tiempo meta establecido (4.5 horas) y llegando a un rango máximo de tiempo destinado a la actividad de 6.99 horas.

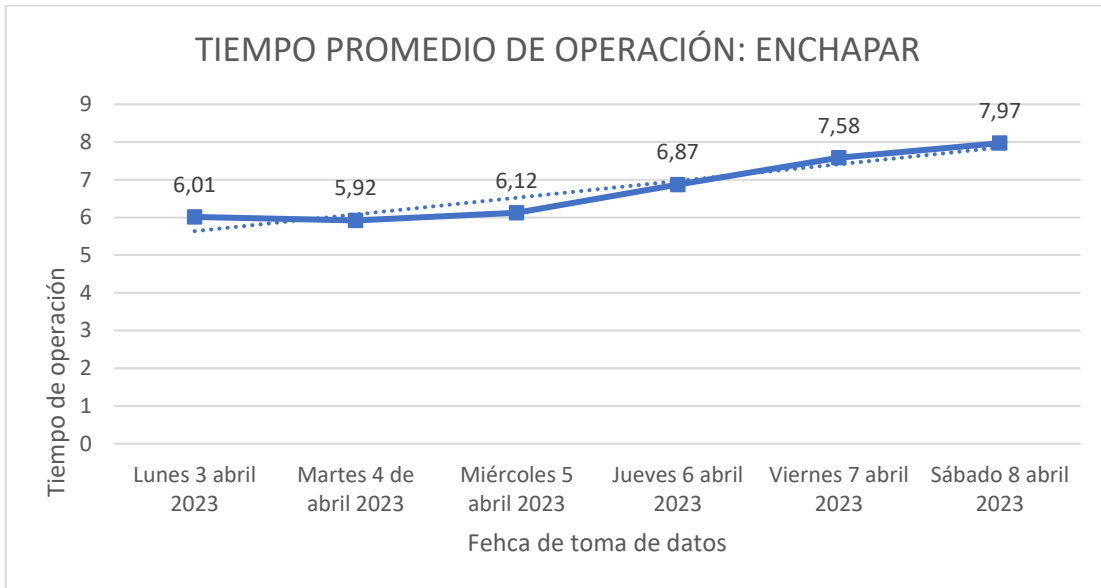


Figura 10. Gráfico de líneas tendencia de tiempos de operación enchapar

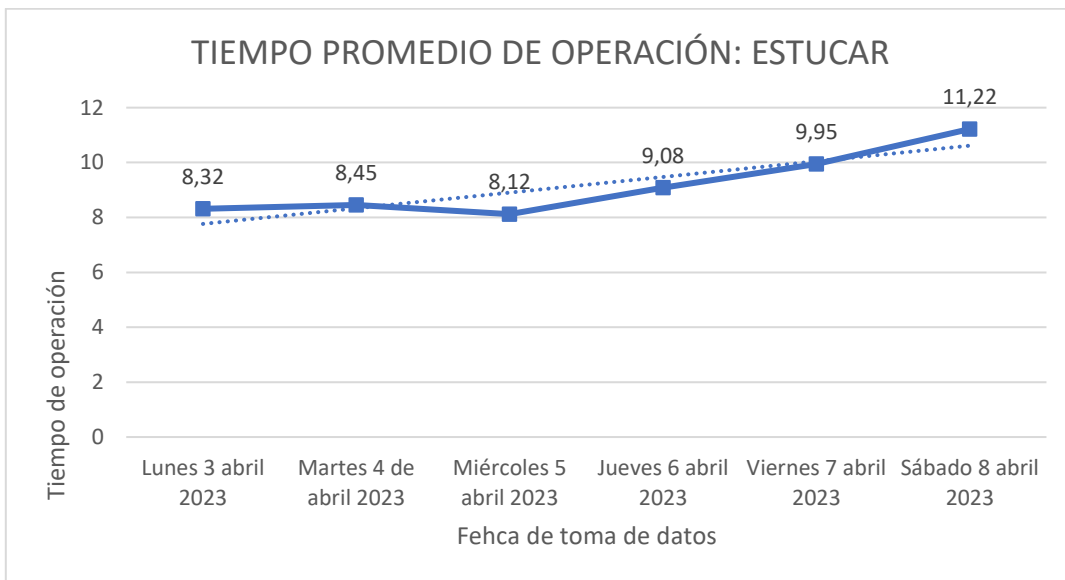


Figura 11. Gráfico de líneas tendencia de tiempos de operación estucar

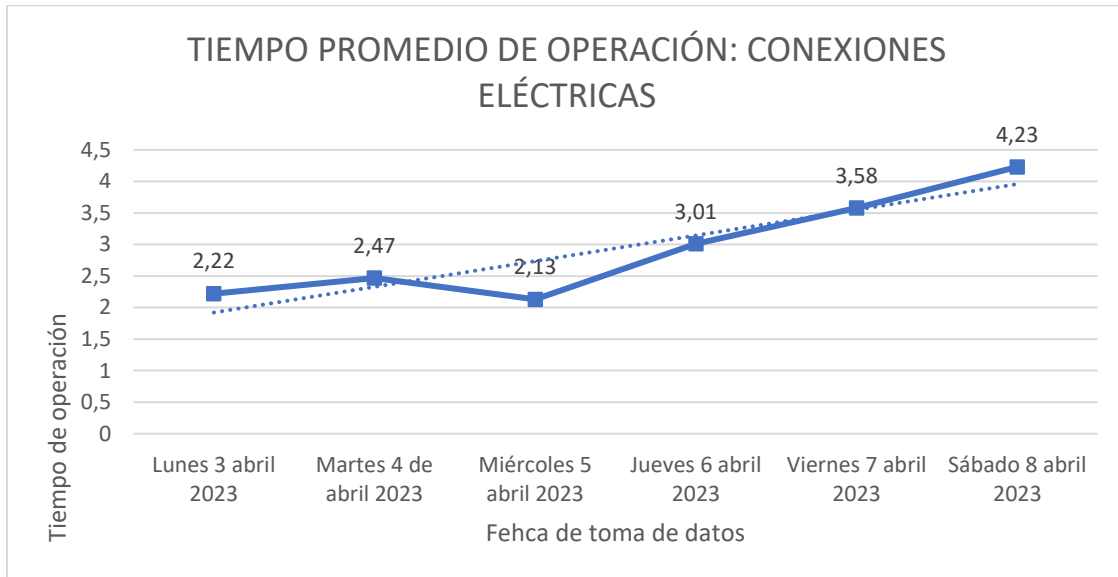


Figura 12. Gráfico de líneas tendencia de tiempos de operación realizar conexiones eléctricas

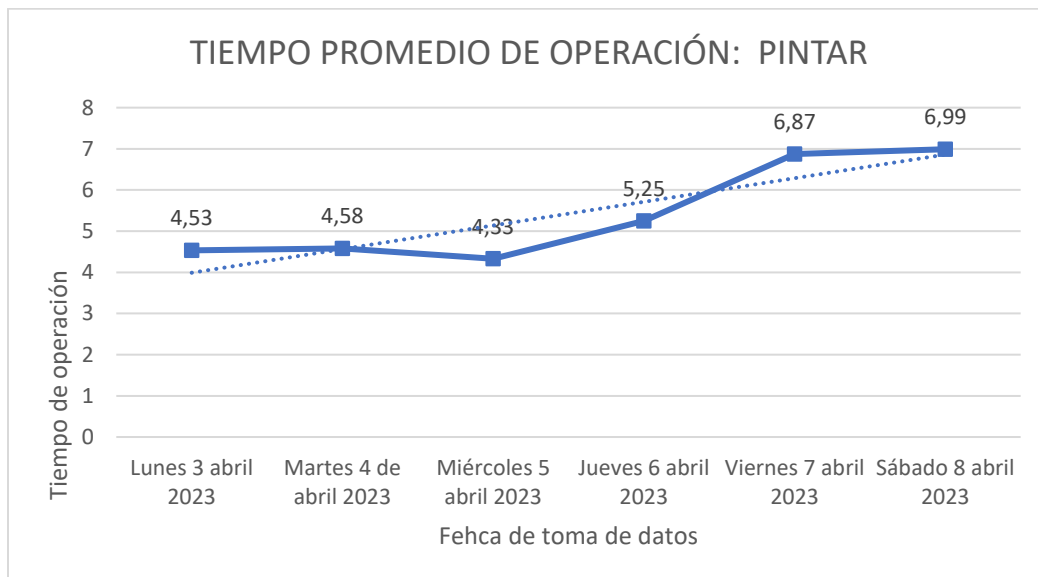


Figura 13. Gráfico de líneas tendencia de tiempos de operación pintar

En cuanto al indicador de eficacia de utilidad, se obtuvo un resultado de -7.043%, resultado menor al 100%, lo que quiere decir que la empresa no es eficaz respecto a las utilidades generadas en el proyecto para el año 2019 [ver Anexo 6]. Es un resultado esperado, pues, como se puede observar en la figura 14, hay una diferencia de más de 537 millones de pesos entre la utilidad realmente obtenida en el año y la utilidad meta establecida para el

mismo año. Esto, quiere decir que para el año eje de análisis, la empresa obtuvo una utilidad muy lejana a la meta propuesta.

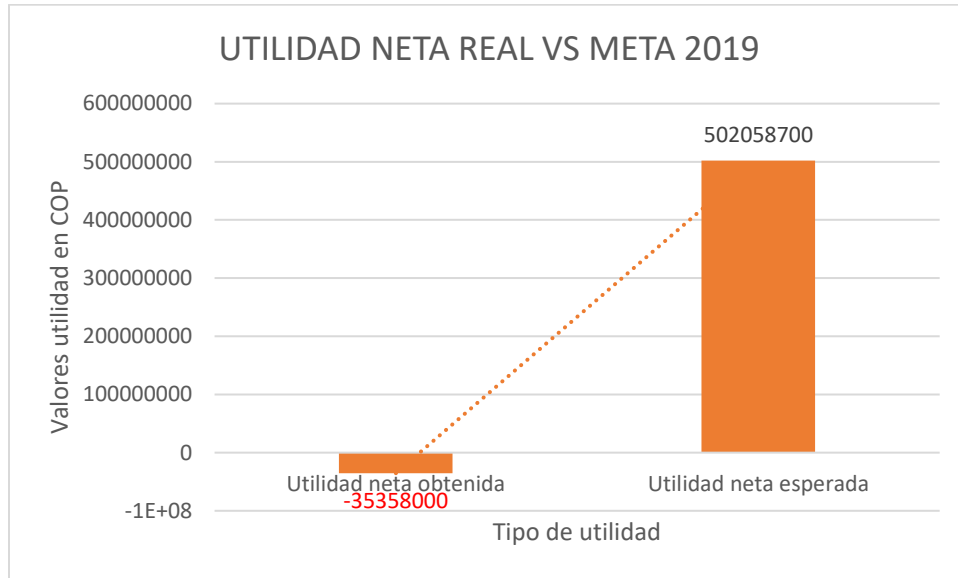


Figura 14. Gráfico de barras utilidad neta real vs meta 2019

Posteriormente, teniendo en cuenta que en la toma de datos no se tuvo en cuenta una fecha especial, se tomaron los datos el fin de semana del día de la madre con el fin de conocer el impacto en los trabajadores de la construcción en sus tiempos de operación en relación con el entorno al ser una fecha especial. Se tomaron 5 datos el sábado 13 de mayo de 2023. Como muestra en la figura 14, en los datos tomados existe una variación significativa entre un día normal y una fecha especial debido a que los trabajadores no se encuentran con el mismo nivel de concentración en sus actividades, sino que se encuentran pensando en las actividades que realizarán para la celebración [ver Anexo 7]. Para facilitar el análisis, la comparación fue realizada en la toma de los sábados.

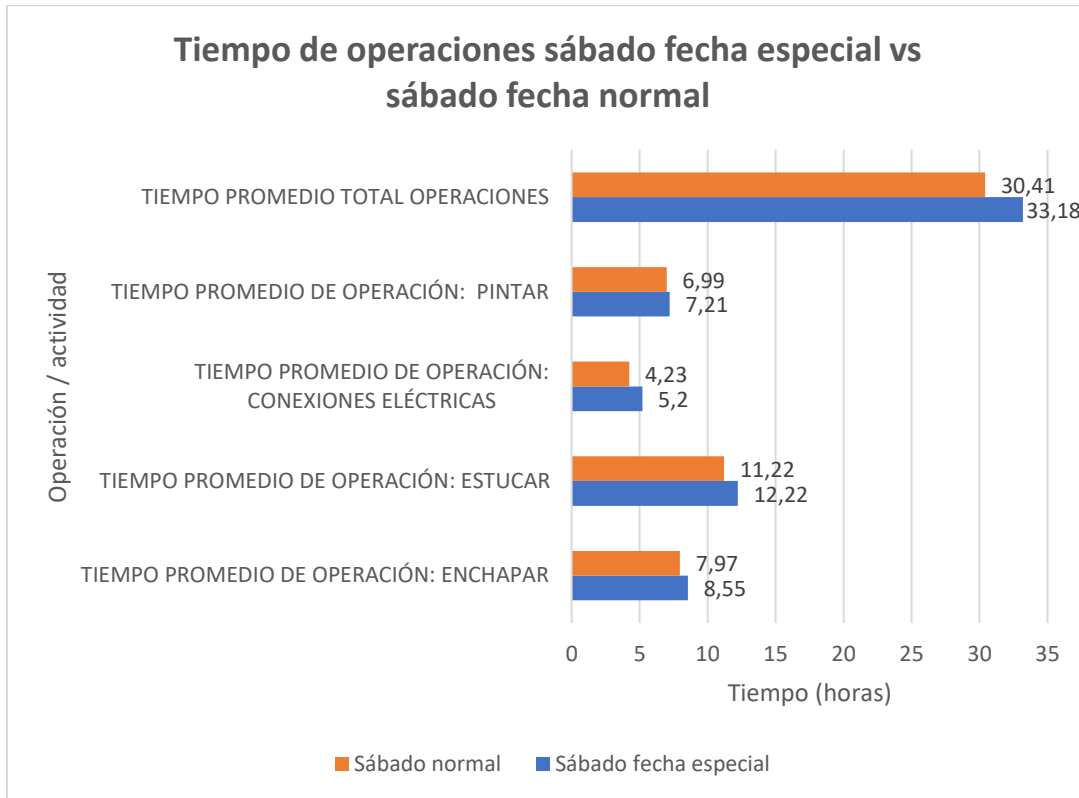


Figura 15. Gráfico de barras tiempos de operación sábado fecha especial vs sábado fecha normal

Para el análisis de la información revelada por la empresa sobre los costos y gastos generados para el año 2019, se hizo un análisis vertical de cada tipo de costo. Esto con el fin de analizar en qué está gastando la empresa en mayor proporción y si se puede o no disminuir los costos para aumentar las utilidades. La figura 16 muestra el análisis vertical realizado dando como resultado que los costos variables que contribuyen en mayor porcentaje al costo total es la nómina y los gastos operativos. Los costos operativos corresponden a los gastos necesarios para operar la constructora durante el proyecto, así como para dar comisiones de ventas para el proyecto. Por lo tanto, se podrían buscar estrategias para reducir los costos operativos variables y en nómina y así contribuir al aumento de utilidades. Pero, a pesar de ello, no se lograría obtener la utilidad deseada, por lo que se concluye que la forma de aumentar las utilidades es centrarse en la disminución de los costos de operación directos con el proyecto, es decir los correspondientes a la construcción de la obra gris y obra blanca del proyecto de construcción. Lo anterior se puede lograr revisando precios de diferentes proveedores para disminuir costos de producción.



TIPO DE GASTO	VALOR	PESO
Nomina	\$ 720.000.000	52,27%
Personal Extra	\$ 4.500.000	0,33%
Gastos fijos	\$ 3.000.000	0,22%
Gastos operativos	\$ 650.000.000	47,19%
Total Gastos admon y operativos	\$ 1.377.500.000	1

Figura 16. Gastos operativos y de administración del proyecto DIC SAS 2019

En seguida, se utilizó la técnica de los Cinco por qué, herramienta útil para conocer la causa raíz de un problema mediante cinco preguntas consecutivas permitiendo analizar la relación causa-efecto determinando por qué se está generando el problema. De esa manera, se pregunta de forma consecutiva por qué a cada pregunta problema, buscando llegar a la causa más profunda del problema general. A continuación, se presenta la aplicación de la técnica de los 5 por qué aplicado al problema de baja utilidades.

1. ¿Por qué se tienen problemas de baja utilidades?

Respuesta: Porque los costos reales totales en los que se incurre en el proyecto son significativamente mayores a los planeados.

2. ¿Por qué los costos reales totales son mayores significativamente a los planeados?

Respuesta: Porque no se sigue el presupuesto del proyecto

3. ¿Por qué no se sigue el presupuesto del proyecto?

Respuesta: Porque normalmente, se requieren los insumos de un día para otro, para no parar la obra lo que no da tiempo de analizar diferentes proveedores y costos.

4. ¿Por qué no se cuenta con disponibilidad de tiempo para recibir los insumos?

Respuesta: Porque no existe planeación en los pedidos de insumos.

5. ¿Por qué no existe planeación en los pedidos de los insumos para construir el proyecto?

Respuesta: **Porque no hay procedimientos estandarizados para realizar esta planeación.**

Cabe resaltar que la técnica de los Cinco por qué se puede seguir profundizando hasta encontrar la causa de la falta de procedimientos estandarizados para realizar la planeación en la Constructora. Sin embargo, se concluye que la causa del problema de bajas utilidades es la falta de procedimientos estandarizados.

Finalmente, en la figura 17 se presenta el diagrama Ishikawa, diagrama causa-efecto o espina de pescado. Este diagrama permite analizar las causas posibles de un problema conocido.



Figura 17. Diagrama Ishikawa baja utilidad DIC SAS

4.4 Selección de alternativas

El objetivo de la exploración de ideas es utilizar técnicas para encontrar diferentes soluciones al problema planteado aplicando un proceso creativo. Como se mencionó anteriormente, el problema planteado es la baja utilidad obtenida en los proyectos de construcción de la empresa DIC SAS. La técnica creativa utilizada para darle posibles soluciones al problema presentado fue lluvia de ideas en donde, en un principio las estudiantes integrantes del proyecto desarrollaron una lista de ideas acerca de posibles soluciones a la situación actual de la empresa. Posteriormente, se llevó a cabo una sesión de lluvia de ideas, dando como resultado lo representado en la figura 18.



PROBLEMA	Baja utilidad proyectos de construcción DIC SAS
CAUSA RAÍZ	Desorden en la empresa

No	IDEA
1	Cambiar los proveedores de materiales de construcción
2	Reducir personal
3	Automatizar labores de la constructora
4	Implementar 5S y sistema Pull
5	Estandarizar métodos
6	Empoderamiento de los empleados
7	Capacitar a los empleados
8	Implementar dispositivos poka yoke buscando reducir errores
9	Eliminar actividades que no agregan valor (VSM)
10	Incentivar a los empleados economicamente
11	Aumentar el número de empleados
12	Reemplazar al gerente financiero
13	Rediseñar el cronograma del proyecto
14	Disminuir el salario a los empleados

Figura 18. Lluvia de ideas solución a baja utilidad empresa DIC SAS

Posteriormente, se hizo un consenso para agrupar y aprobar las posibles alternativas de solución en compañía con el gerente de la empresa. En la Tabla 5 se presentan las alternativas aprobadas con su respectiva explicación e ideas de la lluvia de ideas que contiene.

Tabla 5. Alternativas de solución al problema presentado

ALTERNATIVAS DE SOLUCION	IDEAS QUE CONTIENE	EXPLICACIÓN
Implementar <i>Lean Construction</i> en la empresa	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	Se considera que las herramientas Lean incurren en bajos costos y pueden solucionar el problema presentado en la empresa.
Implementar innovación de procesos (PI) en la constructora	2, 3, 5, 13	Las herramientas de innovación de procesos ayudan a atraer más clientes, pues es ofrecer mediante la innovación algo diferente a la competencia. Con esto, se lograría obtener más clientes.
Crear programa de capacitaciones masivas a los empleados	6, 7	La falta de compromiso y de conocimiento de los empleados actuales puede generar desorden en la empresa.



		Se considera como alternativa porque con un nuevo personal ya capacitado podría mitigar el problema.
Dar incentivos económicos a los empleados.	10	Incentivando a los empleados se podría lograr un mayor compromiso y con ello una reducción en los tiempos de operación, mejorando así el problema de retrasos en la entrega de los proyectos.
Aumentar el número de empleados y disminuir los salarios altos.	11, 14	Esto implica mayores gastos económicos asociados a mayor cantidad de mano de obra, sin embargo, con esto se garantizaría contar con más personal que permita contar con la posibilidad de disminuir tiempos de operación.
Disminuir número de empleados y reemplazar al gerente financiero.	2, 12	Con esto se lograría incrementar la utilidad al reducir los costos asociados a nómina y contar la posibilidad de mejorar la situación financiera de la empresa al obtener una mirada diferente desde el punto de vista financiero.

En las seis alternativas propuestas, se tiene en cuenta que, la alternativa de capacitar al personal y dar incentivos a los empleados podrían formar parte de las otras tres alternativas. Para aumentar el número de empleados, hacer uso de herramientas *Lean Construction* y de innovación de procesos, se requiere capacitar al personal e incentivar a los empleados. Teniendo en cuenta lo anterior, se analizarán únicamente las alternativas del uso de herramientas *Lean Construction*, uso de herramientas de innovación de procesos (PI) y aumentar el número de empleados.

Luego de establecer las alternativas de solución al problema presentado, se procedió a determinar la mejor mediante la comparación por criterios de selección. Los criterios de selección para las alternativas fueron definidos con ayuda de la asesora de la empresa teniendo en cuenta algunas restricciones de la empresa. Lo anterior se hizo con el fin de determinar el nivel de aplicabilidad de cada alternativa y posteriormente seleccionar una. Los criterios de selección establecidos se muestran en la Tabla 6 acompañados de la respectiva explicación de por qué se escogió cada uno.

Tabla 6. Criterios de evaluación para la selección de alternativa

CRITERIO DE SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	EXPLICACIÓN
Costos asociados a la alternativa	El costo asociado a la alternativa es muy importante, pues, la empresa está en un momento crítico económicamente y por ello no puede incurrir en costos muy altos.
Robustez o sostenibilidad de la alternativa	La sostenibilidad de la alternativa muestra qué tan viable fue su implementación. Si la alternativa no es robusta, no vale la pena cambiar las condiciones de la empresa.
Tiempo de implementación	El tiempo de implementación es importante debido a que, actualmente, la empresa no cuenta con el tiempo suficiente para generar retrasos en sus operaciones, pues se encuentra en una situación económica crítica.
Facilidad de implementación	Es importante tener en cuenta la facilidad de implementación de la propuesta en la constructora, la alternativa elegida podría causar daños irreparables en la empresa.
Retorno de inversión	Es importante debido a que demuestra económicamente si la alternativa vale la pena para la empresa. Demuestra qué tanto vale la pena los costos asociados a la alternativa y los cambios generados en la empresa.

Después de establecer los criterios de selección de alternativas y las alternativas de solución, se procede a comparar las alternativas mediante el proceso AHP (Proceso de Análisis Jerárquico). El método AHP es utilizado para resolver problemas de alta

complejidad de criterios múltiples. Las decisiones que consideran múltiples criterios admiten una representación jerárquica, en donde el nivel más alto de la jerarquía provee el problema generador que se aborda para tomar una decisión al respecto. En el siguiente nivel de la jerarquía se informa los niveles que se tienen en cuenta para lograr la meta deseada. El último nivel de la jerarquía contiene las alternativas planteadas para lograr la meta global. Este método requiere realizar evaluaciones respecto a la importancia de cada uno de los criterios sobre cada alternativa. El método AHP fue utilizada asignando una calificación a criterio para cada alternativa. La evaluación se hizo subjetivamente de acuerdo con el grado de relevancia que poseía cada criterio en cada una de las alternativas. Se tuvo en cuenta el análisis de los cuatro criterios mencionados para las alternativas de uso de herramientas Lean Construction, uso de herramientas de innovación de procesos (PI) y aumentar el número de empleados como se mencionó anteriormente. En la Tabla 7 se presenta las ponderaciones utilizadas para evaluar los criterios sobre las alternativas, así como la descripción de cada uno.

Tabla 7. Explicación ponderación para cada criterio

CRITERIO	DESCRIPCIÓN	VALOR				
		5	4	3	2	1
Costo asociado a la alternativa	Es el costo que requiere cada alternativa para llevar a cabo su implementación.	Cuando la alternativa requiere de muy bajos costos para su implementación	Cuando la alternativa requiere de bajos costos para su implementación	Cuando la alternativa requiere de medios costos para su implementación.	Cuando la alternativa requiere de altos costos para su implementación.	Cuando la alternativa requiere de muy altos costos para su implementación
Robustez o sostenibilidad de la alternativa	Nivel de solidez o sostenibilidad que podría tener cada alternativa.	Cuando la alternativa es muy sostenible o robusta.	Cuando la alternativa es sostenible o robusta.	Cuando la alternativa es medianamente sostenible o robusta.	Cuando la alternativa es muy sostenible o robusta.	Cuando la alternativa es muy poco sostenible o robusta.
Tiempo de implementación	Tiempo que requiere la alternativa para llevar a cabo su implementación	Cuando la alternativa requiere de un muy bajo tiempo de implementación.	Cuando la alternativa requiere de un bajo tiempo de implementación.	Cuando la alternativa requiere de un mediano tiempo de implementación.	Cuando la alternativa requiere de un alto tiempo de implementación.	Cuando la alternativa requiere de un muy alto tiempo de implementación.



Facilidad de implementación	Nivel de facilidad para implementar la alternativa. Qué tan fácil resulta su implementación.	Cuando la alternativa es muy fácil de implementar en la empresa.	Cuando la alternativa es fácil de implementar en la empresa.	Cuando la alternativa tiene un nivel medianamente fácil de implementar en la empresa.	Cuando la alternativa es difícil de implementar en la empresa.	Cuando la alternativa es muy difícil de implementar en la empresa.
Retorno de inversión	Es qué tanto retorna la alternativa, teniendo en cuenta la inversión realizada.	Cuando la alternativa genera un muy alto retorno a la inversión.	Cuando la alternativa genera un muy alto retorno a la inversión.	Cuando la alternativa genera un mediano retorno a la inversión.	Cuando la alternativa genera un bajo retorno a la inversión.	Cuando la alternativa genera un muy bajo retorno a la inversión.

En la tabla 8 se presentan los resultados obtenidos, acompañados de una explicación de por qué se asignó cada valor.

Tabla 8. Resultados obtenidos del método AHP

ALTERNATIVA	GRAN TOTAL	MEJOR ALTERNATIVA
Lean Construction	49%	Lean Construction
Innovación	24%	
Contratar	27%	

Como se pudo observar en la Tabla 8, la mejor alternativa encontrada fue la implementación de las herramientas *Lean Construction* para aumentar utilidades y reducir el tiempo de entrega de los proyectos en la constructora. Es la alternativa seleccionada debido a que obtuvo un mayor porcentaje ponderado respecto a las demás alternativas.

5. DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN

5.1 Desarrollo del diseño de la solución

Anteriormente se evidenció la selección de la propuesta de diseño mediante la matriz AHP, la cual arrojó como resultado hacer uso de las herramientas *Lean Construction* para solucionar el problema de la falta de procedimientos estandarizados en la planeación, contribuyendo así con el de bajas utilidades generadas por la misma.

Para el desarrollo del diseño de la solución se empezó seleccionando las herramientas de *Lean Construction* útiles y aplicables en DIC SAS. A continuación, se presentan las herramientas seleccionadas, junto con su respectiva justificación y figura demostrativa.

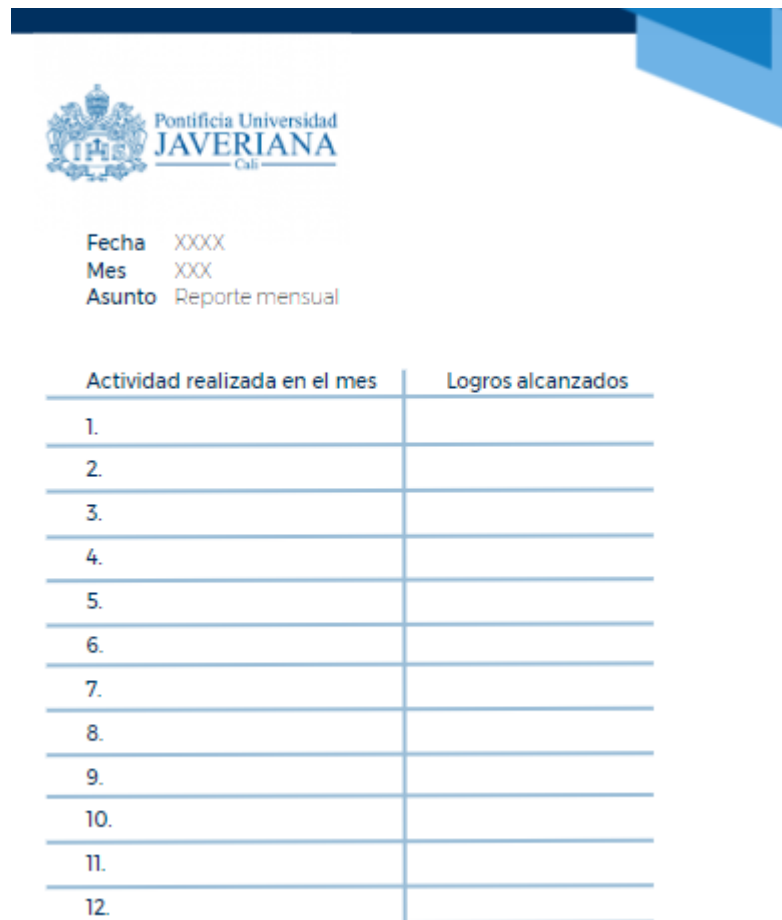
- **Hoshin Kanri:** Consiste en un método para alcanzar los objetivos estratégicos de la organización basado en la cooperación de toda la empresa. En japonés *Hoshin* puede traducirse a brújula y *Kanri* como administración o control. Este sistema fue desarrollado en los años 50 por el profesor Yoji Akao, en donde se propuso que cada empleado de una organización debe ser experto en su propio trabajo y con ello, la experiencia de cada persona individualmente debe ser reflejada en los objetivos generales de la empresa, convirtiéndola en la mejor en su campo y de esa manera, los trabajadores se alinean a los objetivos estratégicos (Lean Solutions, 2022).

Los pasos diseñados para la implementación de esta herramienta fueron los siguientes:

1. **Establecer la misión, visión y documentar el estado actual:** Se realiza con el fin de alinear los objetivos futuros de la organización con la misión y visión de esta.
2. **Determinar los objetivos crucialmente importantes:** Metas grandes y significativas que cambien positivamente la organización.
3. **Determinar los objetivos anuales:** Se determinan las metas a un plazo más corto (1 año), con el fin de dividir las metas, esto, con el fin de que la organización logre los objetivos crucialmente importantes (a largo plazo) mediante el cumplimiento de éstos.
4. **Objetivos en forma de cascada. De arriba hacia abajo:** En este paso, se definen las tareas de cada departamento de la organización para lograr los objetivos propuestos para el final del año. Para el diseño de este paso, se tuvo en cuenta los niveles de comunicación entre los diferentes departamentos.
5. **Ejecutar los objetivos anuales:** Se planea ejecutar las tareas necesarias para lograr los objetivos anuales cada año. La ejecución no se presenta debido a que aún no ha transcurrido el año para realizar la debida implementación.
6. **Hacer revisiones mensuales:** *Hoshin Kanri* no es un modelo que se implemente y deje funcionando todo aisladamente, sino, todo lo contrario, requiere de atención para que funcione sincronizadamente todo el tiempo.
7. **Realizar auditorías anuales:** Cada 12 meses realizar una evaluación rigurosa del cumplimiento de los objetivos del último año y el progreso hacia los objetivos

cruciales (a largo plazo). En caso de que el progreso hacia los objetivos cruciales no sea suficiente, esos objetivos se deben reevaluar y se deben tomar medidas correctivas.

Además, se propone realizar capacitaciones a todos los empleados en sus respectivas tareas y en áreas de empoderamiento y empatía con la empresa para aumentar su nivel de compromiso y de conocimiento con su labor para apoyar así a los objetivos estratégicos de la constructora. Así mismo, se diseñó una lista de control para llevar a cabo las revisiones mensuales en la constructora, como se muestra en la siguiente figura.



Fecha XXXX
Mes XXX
Asunto Reporte mensual

Actividad realizada en el mes	Logros alcanzados
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
6.	
7.	
8.	
9.	
10.	
11.	
12.	

Figura 19. Diseño de lista de control para llevar a cabo revisiones mensuales

- **Aplicar 5'S:** 5S es una herramienta de *Lean* utilizada internacionalmente en todo tipo de empresas, ya sea de servicios como de producción para aumentar el compromiso de los empleados, reducir desperdicios, organizar el flujo de tareas, evitar accidentes y mejorar la calidad (Lean Solutions, 2022). Para el diseño de esta herramienta se tuvo en cuenta como objetivo, reducir el tiempo de operaciones y evitar errores que implicasen para el desarrollo de algún proyecto de construcción incurrir en mayores costos asociados al proyecto, con el fin de aumentar la

satisfacción de los clientes e incrementar las utilidades de la compañía. También se tuvo en cuenta de que todas las áreas de la constructora debían estar involucradas en el proceso de implementación, incluyendo el área de tesorería, la gerencia financiera y administrativa, el área comercial y de mercadeo, la ejecución de obra y el área de compras y almacenamiento. A continuación, se presentan las 5S con su respectiva descripción y diseño para DIC SAS.

- 1. SEIRI o separar:** Para el diseño de SEIRI se tiene en cuenta buscar en todas las áreas los elementos que estén fuera de lugar, sucios o vencidos. Todo debe estar en el lugar correcto, si no está en el lugar correcto, se debe mover al lugar que pertenece, a la basura, o venderlo. Se priorizó aquí, el área de ejecución de la obra en donde se realizan las operaciones de construcción y el área de almacenamiento de los materiales que se compran para operar la obra, pues, solo deben contener lo que se necesita para evitar desperdicios de material, fisuras o daños que puedan llegar a causar reprocesos.
- 2. SEITON u organizar:** El diseño propone que todo debe organizarse para poder encontrarlo fácilmente y en poco tiempo (menos de 30 segundos). Se propone el uso de etiquetas y códigos de color para recordar el lugar correcto para todo. Etiquetar y ordenar los elementos de trabajo como lo son espátulas, rodillos, taladros e implementos de seguridad para cada empleado y por colores los materiales que tienen mayor riesgo a sufrir fisura o daño. Las etiquetas diseñadas para llevar a cabo la organización son las siguientes: de color rojo, para los materiales que tengan mayor riesgo a daño (por ejemplo, las láminas de Eterboard o láminas de vidrio); color amarillo los materiales que les quede cuenten con un riesgo medio a sufrir daños y color verde para los materiales cuyo riesgo de daño sea mínimo como es el caso de la arena. Se propone realizar esta organización con una frecuencia de entre una y dos semanas como máximo.
- 3. SEISO o limpiar:** Fase de limpieza. El diseño propone que todas las áreas se encuentren limpias en todo momento. Los empleados deben dejar limpios sus puestos de trabajo una vez terminen su jornada laboral, asegurándose de barrer y dejar limpios sus instrumentos de trabajo, garantizando así iniciar el día siguiente en condiciones laborales aseadas. Para el cumplimiento de SEISO, se propuso un cuadro de verificación diario para los empleados, el cual se muestra en la siguiente figura, en donde se puede evaluar el progreso de cumplimiento.



Pontificia Universidad
JAVERIANA
Cali

CHEQUEO SEISO
Mes XXX

Día	¿Puesto de trabajo limpio?	¿Encontró todas las áreas de la constructora limpias?	¿Ocurrió algún evento que afectara la limpieza del lugar?
Lunes	Si No	Si No	Si No
Martes	Si No	Si No	Si No
Miércoles	Si No	Si No	Si No
Jueves	Si No	Si No	Si No
Viernes	Si No	Si No	Si No
Sábado	Si No	Si No	Si No

Figura 20. Diseño de lista de control para llevar a cabo revisiones de SEISO

4. **SEIKETSU o estandarizar:** Es necesario estandarizar para mantener las 3S anteriores, se propone tomar fotos de cómo deberían lucir los diferentes espacios de la obra y de las oficinas de la constructora y utilizar listas de control y calendarios para ayudar a recordar qué tareas se deben hacer, cuándo hacerlas y quién las debe hacer. Es una herramienta demasiado útil, pues, ayuda a capacitar a los nuevos empleados y a notar los errores de manera fácil, ayudando a corregirlos rápidamente. A continuación, se presenta el diseño de la lista de control y calendarios. Las fotografías de cómo debería estar cada lugar se deben ubicar junto a las listas de control y calendarios diseñados.



CHEQUEO SEIKETSU
Mes XXX

Día	¿Se cumplió con SEIRI?	¿Se cumplió con SEITON?	¿Se cumplió con SEISO?
	Si No	Si No	Si No
Lunes	Si No	Si No	Si No
Martes	Si No	Si No	Si No
Miércoles	Si No	Si No	Si No
Jueves	Si No	Si No	Si No
Viernes	Si No	Si No	Si No
Sábado	Si No	Si No	Si No

Figura 21. Diseño de lista de control para llevar a cabo revisiones de cumplimiento de las 3S anteriores



CALENDARIO TAREAS Y RESPONSABILIDADES

Mes XXX

Tarea / responsabilidad	Encargado	Fecha finalización de tarea o responsabilidad
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		

Figura 22. Modelo de calendario de tareas y responsabilidades para cumplir con las 3S anteriores.

- 5. SHITSUKE o disciplina:** La herramienta *Lean* de 5S solo se puede sostener en el tiempo con la ayuda y disciplina de todos, por ello, el diseño propone involucrar a todos los empleados de la empresa en esta implementación. Se planea realizar auditorías o controles mensuales para verificar que se estén llevando a cabo las tareas para el cumplimiento de las 5S. El documento de verificación propuesto para cumplir con SHITSUKE se muestra en la siguiente figura.



CONTROL DE CUMPLIMIENTO SHITSUKE

Año 202X

Mes	¿Se cumplió con SEIRI?		¿Se cumplió con SEITON?		¿Se cumplió con SEISO?		¿Se cumplió con SHEIKETSU?	
	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
Enero								
Febrero								
Marzo								
Abril								
Mayo								
Junio								
Julio								
Agosto								
Septiembre								
Octubre								
Noviembre								
Diciembre								

Figura 23. Lista de control para evaluar cumplimiento con SHITSUKE

- **Heijunka:** Heijunka significa nivelación de la producción y es una herramienta utilizada para servir al cliente justo a tiempo y la cantidad correcta, adaptando el flujo de la producción al comportamiento de la demanda (Frías, 2019). En DIC SAS existe un proceso *push* en donde la producción dicta la cantidad de producto (en este caso cantidad de viviendas) que se impulsará al mercado. La producción en este caso consiste en el desarrollo de los proyectos de vivienda que desarrolla la constructora y el reto de nivelar la producción. Por esta razón, el diseño esta herramienta Lean propone basarse en un desarrollar un sistema de pronósticos más robusto que permita pasar de un sistema *push* a un sistema *pull* en donde la demanda es la que tira de los bienes, es decir, es la que dicta cuando y donde producir, entendiendo así el modo de producir los inmuebles para los clientes justo a tiempo y la cantidad correcta. El sistema de pronósticos se basaría mediante un estudio de mercado que se realice de forma robusta entendiendo la necesidad del mercado acerca de la compra de propiedad raíz ya sea para vivienda o para inversión.
- **Andón:** Andón es una expresión japonesa que significa lámpara y se relaciona con el control visual. Es una herramienta *Lean* útil para agrupar medidas prácticas de

comunicación con el propósito de plasmar, de forma evidente y sencilla el estado de algún sistema productivo (Frías, 2019). Para el diseño de esta herramienta, se tiene en cuenta un sistema en donde se defina el estado actual del proyecto de construcción de la siguiente manera: el residente de obra o supervisor de obra se encargará de ingresar en el dispositivo cada uno de los estados según corresponda (en color amarillo cuando el proyecto se encuentre en dicha etapa, en color rojo cuando dicha etapa no haya iniciado, en color verde cuando la etapa haya sido culminada):

- **Terreno y cimentación:** consiste en la nivelación del terreno, construyendo la cimentación sólida del terreno.
- **Estructura de la construcción:** consta de un modelo virtual tridimensional utilizado por la empresa (herramienta BIM) que permite observar la estructura de la obra. Consiste en ubicar el esqueleto de la construcción.
- **Instalaciones de la construcción:** consiste en la puesta de todos los elementos auxiliares que no forman parte de la estructura como lo son canaletas para agua y desagüe, conductos de ventilación, tubos para la fibra óptica o red de iluminación, entre otros.
- **Aislamiento e impermeabilización:** permite asegurar la durabilidad de la obra realizando un aislamiento frente a los elementos y la impermeabilización.
- **Acabados y cierre:** consiste en la construcción y ubicación de la cristalería, cerrajería, enchape, pintura y carpintería, así como la instalación de accesorios que darán acabados visuales al proyecto de construcción.

Este diseño busca tener un control del proyecto en todo momento, para tener un control de posibles errores o eventualidades en caso de tener a cargo más de un proyecto de forma simultáneamente, garantizando así la posibilidad de reacción de forma oportuna. En la siguiente figura, se presenta una idea de cómo se mostraría electrónicamente el diseño realizado. El diseño, se haría de forma electrónica y se manejaría de la misma manera, enviando un reporte a los empleados semana a semana.

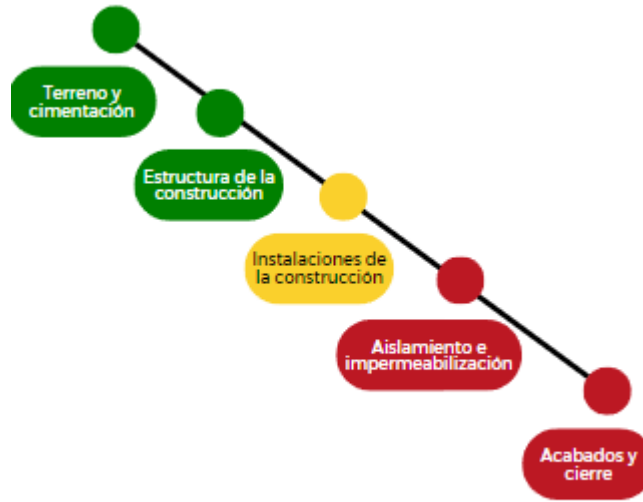


Figura 24. Diseño Andón para estado actual del proyecto

Para el diseño de la solución propuesta y la selección de las herramientas *Lean Construction* aplicables, se tuvo en cuenta el cumplimiento de la propuesta de diseño con las restricciones de diseño, especificaciones de diseño (características), leyes, normas y estándares de las partes interesadas de la organización. En la siguiente tabla se presenta la justificación del cumplimiento o no de la propuesta con sus respectivos aspectos.

Tabla 9. Cumplimiento de la propuesta con las restricciones, características y normas estándares de las partes interesadas de la organización

GRUPO DE INTERÉS	CUMPLIMIENTO RESTRICCIONES DE DISEÑO	CUMPLIMIENTO ESPECIFICACIONES DE DISEÑO (CARACTERÍSTICAS)	CUMPLIMIENTO LEYES, NORMAS Y ESTÁNDARES
Clientes	Cumple, pues se busca bajar el tiempo de operaciones y con esto de entrega de los proyectos al cliente, lo que hace que aumente la satisfacción del cliente. Se demuestra mediante el uso de la herramienta 5S.	Cumple, la estrategia ayuda a cumplir con los estándares del cliente, el pedido correcto en el tiempo correcto. También mejora el tiempo de entrega del proyecto.	Cumple, pues no afecta las leyes dispuestas Decreto 1077 de 2015: Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, Ley 1523 de 2012, Ley 9/97, Ley 80/93, Ley 1680/13, Ley 400/97 y Ley 1796/16.



Gerentes/ Dueños	No se puede garantizar el cumplimiento de esta restricción, pues, no se puede controlar el flujo de dinero de la empresa y su capacidad de inversión.	Cumple, la propuesta de diseño es flexible para realizar cambios cuando sean necesarios y la propuesta es fácilmente de aplicar.	Cumple con el código sustantivo del trabajo y la ley de insolvencia.
Empleados	Cumple, pues, Hoshin Kanri, garantiza la capacitación de los empleados y la educación de ellos, basada en empoderamiento, compromiso y empatía con la empresa.	Cumple, pues, la propuesta de diseño involucra el buen trato hacia los empleados y el involucramiento de estos.	Cumple, la propuesta de diseño va de la mano con las leyes del código sustantivo al trabajo y el buen trato al empleado.
Gobierno y legal	Cumple, la propuesta de diseño no incumple con ningún requisito o ley.	Cumple, la estrategia seleccionada va de la mano con el gobierno y legal.	Cumple, la propuesta de diseño no afecta el pago de impuestos de la empresa ni el incumplimiento con ningún ámbito legal.
Director del proyecto de diseño	Cumple, el director de diseño dispone del tiempo necesario y cumple con los conocimientos necesarios para llevar a cabo la propuesta de diseño.	Cumple, pues, la propuesta busca disminuir tiempos de operaciones en los proyectos y aumentar la satisfacción del cliente.	La propuesta cumple con los requisitos normativos y legales del director del proyecto de diseño.
Competidores	No aplica.	No aplica.	Cumple, la propuesta no afecta las leyes y normas con los competidores de la organización.
Estudiante	Cumple, las estudiantes cuentan con el tiempo necesario para llevar a cabo la propuesta de diseño.	Cumple, pues, mediante el diseño e implementación de la propuesta, las estudiantes logran poner en práctica los conocimientos adquiridos en el programa de maestría en ingeniería industrial.	No aplica.
Comunidad alrededor	Cumple, pues la comunidad no se ve afectada por los cambios propuestos en la ejecución del proyecto.	Cumple, la propuesta busca como resultado contar con la satisfacción de los clientes, el proyecto de vivienda valoriza la zona.	Cumple, la propuesta no afecta legal ni normativamente la conducta de la empresa frente a la comunidad de alrededor.




Proveedores	Cumple, la estrategia busca y propone nivelar la producción, lo que quiere decir realizar pronósticos realistas. Con ello, los proveedores tienen un pedido estable y conocido.	Cumple, pues, la propuesta tiene como fin aumentar la satisfacción de sus clientes y con ello se aumentará su reconocimiento en el mercado, pudiendo así mejorar el reconocimiento de sus proveedores, así como sus ventas.	Cumple, la propuesta no afecta el cumplimiento legal ni normativamente de la conducta de la empresa frente a sus proveedores.
Universidad (Pontificia Universidad Javeriana Cali)	No aplica.	No aplica.	Cumple, la propuesta de diseño no afecta a la Universidad ni legal ni normativamente.



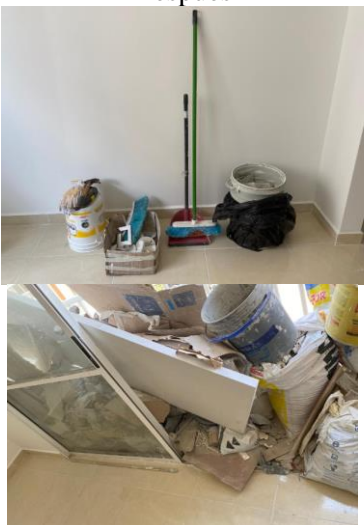
5.2 Validación del diseño propuesto

Una vez establecido el diseño de la propuesta de mejora, se procedió a validarlo mediante la implementación de pruebas piloto para cada una de las herramientas de *Lean Construction* seleccionadas. Es importante mencionar que, los resultados de los indicadores obtenidos con la implementación de las pruebas piloto no fueron medidos cuantitativamente, pues, se requiere de un mayor tiempo de permanencia para medirlos, sin embargo, fueron medidos analíticamente buscando relaciones entre las variables involucradas con los cambios generados por las pruebas piloto. A continuación, en la Tabla 10 se muestra la validación de las pruebas piloto realizadas junto con una descripción de los resultados obtenidos con cada una.

Tabla 10. Pruebas piloto de herramientas Lean seleccionadas y resultados obtenidos con cada una

HERRAMIENTA LEAN	PRUEBA PILOTO	RESULTADO OBTENIDO
Hoshin Kanri	<p>Una vez definidos los objetivos estratégicos de la empresa, su misión y visión y métodos de verificación se realizaron capacitaciones a los empleados para volverlos más expertos en sus tareas y empatizarlos con la empresa. Las capacitaciones se llevaron a cabo el sábado 15 de abril del 2023.</p> 	<p>Se contribuyó al indicador de desempeño de eficacia de tiempo de operación (ETO), pues, aunque no se obtuvo un resultado medible, a los empleados estar capacitados, aumentaron su nivel de compromiso y experticia en su labor, lo que hizo que realizaran la atención al cliente de forma más rápida. Además, al contribuir con el aumento del indicador de ETO, se aumenta también el indicador de eficacia de utilidad neta, pues, los clientes van a estar más satisfechos y se reducen costos asociados a desperdicios por descuidos o negligencia.</p>



			
5S	SEIRI	<p>Como prueba piloto, se hizo una separación de todos los elementos que estuviesen fuera de lugar como se indica en el diseño. A continuación, se presentan algunas imágenes de antes y después de implementar prueba piloto de SEIRI.</p> <p style="text-align: center;">Antes</p>  <p style="text-align: center;">Después</p> 	<p>El indicador de eficacia de tiempo de operación (ETO) se acerca más a su meta debido a que todos los implementos están donde tienen que estar, haciendo que los empleados encuentren sus utensilios de trabajo más rápidamente y con ello el tiempo de operaciones disminuya. Al acercar a su meta el ETO también lo hacen los demás indicadores, pues, como se dijo anteriormente, al disminuir el tiempo de operación y mejorar el orden se previenen de posibles errores que generen gastos y costos asociados a la obra, posibilitando el aumento a su meta del indicador de eficacia de utilidad neta.</p>



SEITON


Como se describió en el diseño, para la prueba piloto se crearon etiquetas de tres colores distintos para identificar qué nivel de riesgo tiene el material de la obra. La siguiente figura muestra las etiquetas diseñadas para el almacenamiento de la obra y la prueba piloto puesta en marcha.



Aumento de los indicadores de **eficacia de utilidad neta generada**, pues, mediante la prueba piloto se logró reducir desperdicios y con ello gastos, aumentando el indicador de eficacia de utilidad generada.

SEISO

Para la prueba piloto, se realizaron varios formatos como el diseñado para el cumplimiento de SEISO. Los resultados obtenidos fueron bastante agradables, pues en más de un 60% de los casos, los empleados cumplieron con los aspectos necesarios para el cumplimiento la limpieza del lugar y en caso de obtener eventualidades que dañarán la limpieza, éstos fueron corregidos en menos de una hora en todos los casos. En la siguiente figura se presenta un ejemplo de los resultados obtenidos.


Pontificia Universidad JAVERIANA
 Cali

CHEQUEO SEISO
Mes: XXXX

Día	¿Puesto de trabajo limpio?	¿Encontré todas las áreas de la constructora limpias?	¿Ocurrió algún evento que afectara la limpieza del lugar?
Lunes	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> Si	<input checked="" type="checkbox"/> Si
Martes	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> Si	<input checked="" type="checkbox"/> Si
Miercoles	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> Si
Jueves	<input checked="" type="checkbox"/> Si	<input checked="" type="checkbox"/> Si	<input checked="" type="checkbox"/> Si
Viernes	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> Si
Sábado	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> Si

Aumento del indicador de **eficacia de tiempo de operación (ETO)**, debido a que al mantener todo limpio en la empresa, los empleados pueden hacer su trabajo más rápidamente, lo que aumenta las probabilidades de entregar más rápido el proyecto al cliente y con ello un aumento en **eficacia de utilidad generada** (al disminuir tiempo de costo en mano de obra y otros gastos asociados en el retraso de la obra).



Dia	¿Puesto de trabajo limpio?	¿Encontro todas las áreas de la constructora limpias?	¿Ocurrió algún evento que afectara la limpieza del lugar?
Lunes	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	Si <input checked="" type="checkbox"/>
Martes	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	Si <input checked="" type="checkbox"/>
Miércoles	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	Si <input checked="" type="checkbox"/>
Jueves	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	Si <input checked="" type="checkbox"/>
Viernes	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	Si <input checked="" type="checkbox"/>
Sabado	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No Fiesta

SEIKETSU

Para estandarizar, se hizo como prueba piloto la entrega a los empleados del calendario diseñado junto con la lista de control para verificar si se llevó a cabo o no el cumplimiento de las 3S anteriores. En la siguiente figura se muestra un ejemplo del calendario y lista de control utilizada por los empleados.

Dia	¿Se cumplio con SEIRI?	¿Se cumplio con SEITON?	¿Se cumplio con SEISO?
Lunes	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	Si <input checked="" type="checkbox"/> No
Martes	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No
Miércoles	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No
Jueves	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No
Viernes	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No
Sabado	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No

Se obtuvo como resultado un acercamiento hacia su meta en el indicador de **eficacia de tiempo de operación (ETO)**. Se analiza que al estandarizar las 3S anteriores, se tiene como resultado una disminución de tiempo de operación y con ello una disminución en gastos asociados a retrasos en la obra, posibilitando así una mejora en el indicador de eficacia de utilidad generada.



Pontificia Universidad
JAVERIANA

CHEQUEO SEIKETSU
Mes XXXX

Día	¿Se cumple con SEIRI?	¿Se cumple con SEITON?	¿Se cumple con SEISO?
Lunes	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Martes	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Miércoles	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Jueves	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Viernes	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Sábado	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No

SHITSUKE

Para el desarrollo de la prueba piloto se entregó a un empleado una lista de verificación para el mes de abril de 2023, en donde ellos pudieran responder a la validación de la implementación de las 4S anteriores y evaluar así su sostenimiento. Aunque la lista fue llenada únicamente por el mes de abril, lo ideal es que se siga llenando hasta completar un año y poder así evaluar su sostenimiento. A continuación, se presenta el resultado obtenido.


Pontificia Universidad
JAVERIANA

CONTROL DE CUMPLIMIENTO SHITSUKE
Año 2023

Mes	¿Se cumple con SEIRI?	¿Se cumple con SEITON?	¿Se cumple con SEISO?	¿Se cumple con SEIKETSU?
Enero	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Febrero	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Marzo	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Abril	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Mayo	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Junio	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Julio	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Agosto	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Septiembre	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Octubre	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Noviembre	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Diciembre	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No

Aumento en **todos los indicadores** propuestos, pues, como se indicó en las 4S anteriores, con la implementación de ellas, se obtiene un acercamiento a su meta de todos los indicadores.



<p>Heijunka</p>	<p>Para el desarrollo de la prueba piloto se indicó a los empleados tener un manejo de los materiales para cada operación de la ejecución de la obra establecida de acuerdo a lo supervisado por el residente de obra, ni más ni menos de forma que garantizara la calidad de la obra, pero también la economía para la misma. Los empleados siguieron instrucciones, como se definió en el diseño de esta herramienta. Así mismo se realizaron los pedidos a los proveedores de forma que no se generaban retrasos por causa de no contar con material al momento de necesitarlo.</p>	<p>Al no haber faltantes de materiales necesarios para la ejecución de la obra al momento de necesitarlo, el tiempo de operación se reduce notoriamente, lo que causa un aumento en el indicador de eficacia de tiempo de operación (ETO). Además, al no haber sobrantes en materiales, los gastos económicos en desperdicios disminuyen, contribuyendo a un aumento en el indicador de eficacia de utilidad neta generada.</p>
<p>Andon</p>	<p>La prueba piloto se realizó un día (el sábado 15 de abril) y se realizó mediante computarizadamente y en papel. El residente de obra fue llenando a partir de la fecha el estado actual del proyecto y dando a conocer semana a semana mediante papel físico a los trabajadores el estado actual del proyecto notificándoles si el proyecto se encontraba en tiempo de acuerdo con el cronograma o bien, contaba con retraso.</p> 	<p>El conocimiento del estado actual del proyecto permite tomar medidas correctivas en caso de que exista algún inconveniente, pues, permite observar el estado actual del proyecto y saber en qué acción tomar para evitar más días de retraso. Esto permite evitar un tiempo de retraso de entrega del proyecto alto, lo que contribuye al aumento del indicador de eficacia de tiempo de operación (ETO) y la prueba piloto lo demostró, pues, según los empleados, era posible controlar las demoras del proyecto encontrando en dónde estaban y evitando que se repitieran en la siguiente semana, así como el hecho de conocer el estado actual del proyecto permitía que los trabajadores tomaran responsabilidad del proyecto y acción para evitar más días de retraso.</p>



Notificación estado actual proyecto construcción DIC SAS

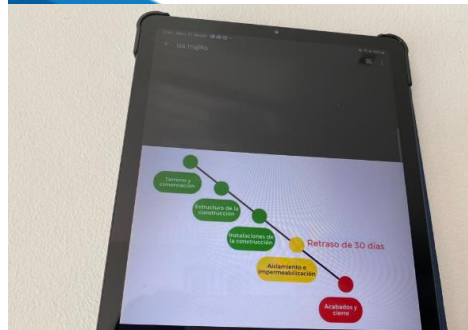
Fecha 15 abril 2023

Desde la gerencia de proyectos de DIC SAS nos permitimos enviarles un reporte del estado actual de nuestro proyecto.



Nota: las etapas que se encuentran en color verde han sido culminadas, las etapas en color rojo aun faltan por iniciarse y en color amarillo nos encontramos en ejecución.

Teniendo en cuenta que a la fecha nos encontramos con un retraso de 30 días respecto al cronograma del proyecto, esperamos contar con su disposición y ayuda para juntos cumplir con la fecha de entrega del proyecto.





Por otro lado, se hizo una toma de tiempos de operaciones durante la última semana de abril de 2023, en donde se obtuvo una reducción notable del tiempo promedio de operación. Se tomó una muestra de 5 datos cada día como se hizo en la etapa medir [ver Anexo 9]. Así mismo, los indicadores de eficacia de tiempo de operaciones se acercaron mucho más a 1, como era de esperarse. En la siguiente tabla se puede observar una mejora significativa respecto a los indicadores de eficacia de tiempo de operaciones antes y después de implementar la prueba piloto.

Tabla 11. Resultados indicador eficacia del tiempo de operación antes y después

Variable	Antes	Después
Eficacia del tiempo de operación (ETO)	Enchapar: 90,16%	Enchapar: 106%
	Estucar: 88,19%	Estucar: 99,28%
	Conexiones eléctricas: 72,43%	Conexiones eléctricas: 119%
	Pintar: 86,19%	Pintar: 107,66%

Como se puede observar, existe una mejora de este indicador, por lo que se puede concluir que, según este indicador, la propuesta de mejora es útil para la empresa.

Por otro lado, en cuanto a los demás indicadores definidos, aunque aún no se puede evaluar el flujo de efectivo que se genera en la empresa para todo el proyecto y para todo el año 2023, se puede analizar que la propuesta de mejora contribuirá en una disminución de gastos asociados a retrasos y desperdicios en la obra, lo que aumentaría la posibilidad de mejorar el indicador de eficacia de utilidad generada. Por lo tanto, se puede decir que la estrategia de uso de herramientas Lean y su propuesta de diseño es válida para implementar y que mejoraría los indicadores de desempeño establecidos.

Así mismo, se realizó el VSM (*Value Stream Mapping*) mejorado con las implementaciones del proyecto realizadas definiendo el tiempo del proceso. En la Figura 25 se presenta el VSM mejorado con los tiempos calculados.

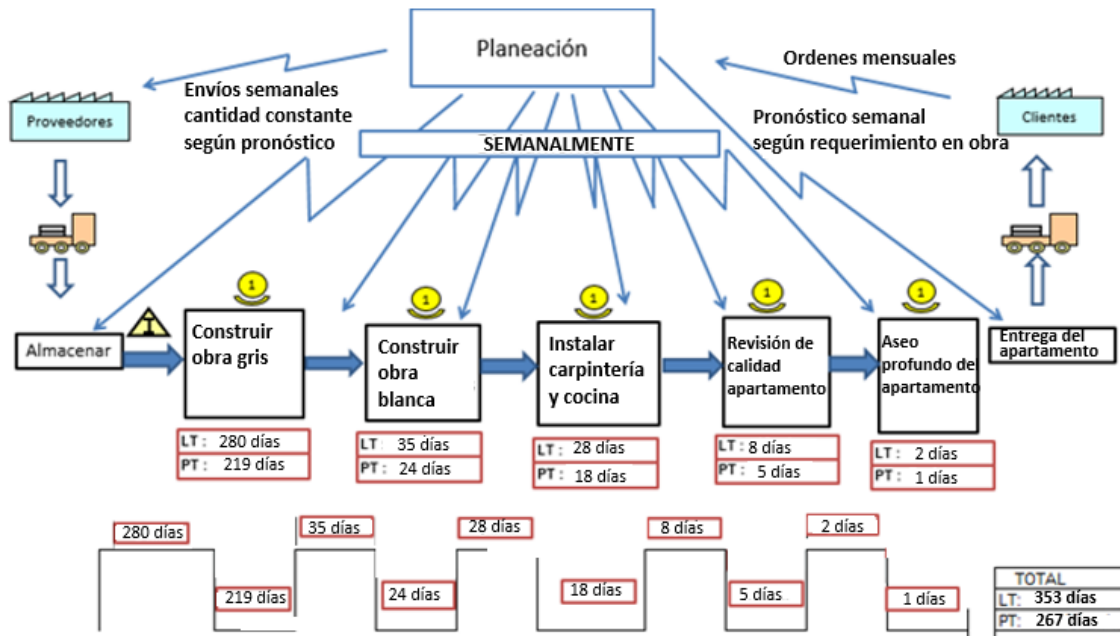


Figura 25. VSM mejorado proyectos DIC SAS

Como se puede observar en la figura 25, el LT (*Lead Time* o tiempo de espera) del proceso total es de 353 días y el PT (*Processing Time* o Tiempo de Proceso) es de 267 días. Tanto el tiempo de espera como el tiempo de proceso son aproximadamente 40 días más bajos respecto a los tiempos calculados en el VSM actual de la empresa. Además, son 10 días más bajos con respecto al tiempo planeado para entrega del proyecto por parte de la constructora.

Es importante entender que si bien, los tiempos analizados en este proyecto permitieron evidenciar la reducción de tiempos en la etapa de construir obra blanca, también se reducen los tiempos en las demás actividades, tal como se muestra en el VSM. Para realizar los pronósticos de reducciones de tiempos en las actividades de construir obra gris, instalar carpintería y cocina, revisión de calidad del apartamento y aseo profundo del apartamento se llevaron a cabo sesiones de reuniones en compañía con el gerente de la empresa y la persona directamente responsable de cada etapa. En las reuniones lo que se hizo fue entender las relaciones existentes entre las actividades que se implementaron y las conexiones que podrían existir si se implementaran en las etapas de cada proceso, se analizaron datos históricos, se utilizaron datos empíricos y con ayuda de los expertos en los procesos se realizó una idea de la aficción que las actividades implementadas podría tener en las etapas del proceso que se pretendían pronosticar. Para las estimaciones se tuvo en cuenta ser conversadores teniendo

en cuenta que es mejor ser prever menos reducción en los tiempos de las actividades de lo que realmente se podría esperar evitando expectativas que sean poco realistas. Así, para la etapa de construir obra gris, se estimo una reducción del *Lead Time* de 20 días y del *Processing Time* de 21 días. Para la etapa de instalar carpintería y cocina, de la sesión de reunión se concluyó que las actividades implementadas podrían lograr una reducción del *Lead Time* de 7 días y del *Processing Time* de 7 días. Para la etapa de revisión de calidad del apartamento se estimó en la reunión una reducción en el *Lead Time* y en el *Processing Time* de 2 días para ambas actividades. Finalmente, para la etapa de aseo profundo y teniendo en cuenta que es la actividad más rápida en el proceso, en la reunión se logró estimar una reducción del *Lead Time* de 1 día y del *Processing Time* de 1 día.

5.3 Plan de control

El plan de control se encuentra basado en la estandarización de la implementación de la propuesta, es decir, el plan de control establece la uniformidad en los métodos de trabajo para garantizar que otras constructoras puedan utilizar los métodos desarrollados en este proyecto. Teniendo en cuenta esto, durante todo el diseño de la propuesta se mencionaron tanto las fases del proyecto de construcción, como el diseño de los formatos y de las estrategias de capacitación de forma que puedan ser aplicados en cualquier proyecto de construcción, ya sea de la empresa DIC SAS como de otra empresa. Para esto, el plan cuenta con lo siguiente:

1. **Procesos para los cuales es necesario el Procedimiento Operativo Estandarizado POE:** para todos los procesos de la propuesta de solución seleccionada, es decir cada una de las herramientas de Lean Construction seleccionada es necesario un POE.
2. **Establecimiento de una plantilla:** las plantillas establecidas para el plan de control se encuentran a continuación junto con sus instrucciones para que cualquier constructora o encargado de dirigir un proyecto de construcción la pueda aplicar. Así mismo se define el responsable de llevar a cabo el proceso de monitoreo de las plantillas.

Tabla 12. POE Aplicación Hoshin Kanri

Código POE-1	PROCEDIMIENTO OPERACIONAL ESTANDARIZADO APLICACIÓN HOSHIN KANRI	VERSIÓN 01
Objetivo: aplicar la herramienta Hoshin Kanri en un proyecto de construcción		
Alcance: constructoras encargadas de proyectos de vivienda		
Metodología: 1. Definir la visión de la empresa: identificar y escribir la misión, la visión y los valores clave de la organización. 2. Establecer los objetivos estratégicos de la empresa: establecer las metas de la organización para lograr cumplir con su visión. 3. Establecer objetivos anuales de la empresa: dividir los objetivos estratégicos en cinco (uno por año), permitiendo así contar con objetivos a un plazo más corto. Los		



<p>objetivos deben ser definidos SMART, es decir que deben ser específicos, medibles, alcanzables, realistas y de duración limitada.</p> <p>4. Comunicar los objetivos a toda la empresa: comunicarle y explicarle a todo el equipo los objetivos de la empresa, así como el trabajo necesario para alcanzar los objetivos anuales.</p> <p>5. Ejecutar los objetivos anuales: en diferentes equipos y mediante diferentes estrategias la organización se debe alinear para el cumplimiento de los objetivos anuales.</p> <p>6. Realizar revisiones mensuales: realizar reuniones mensuales en la que se revise el cumplimiento de los objetivos anuales.</p> <p>7. Realizar revisiones anuales: reuniones con el fin de determinar si se cumplieron o no los objetivos anuales planteados y qué tan alineada esta la empresa en el cumplimiento de su visión.</p>	
<p>Responsable: director de obra</p>	<p>Elaborado por: Isabela y Daniela Trujillo Urbano</p>
<p>Fecha de emisión: abril de 2023</p>	

Tabla 13. POE Aplicación 5S

Código POE-2	PROCEDIMIENTO OPERACIONAL ESTANDARIZADO APLICACIÓN 5S	VERSIÓN 01
Objetivo: aplicar la herramienta 5S en un proyecto de construcción		
Alcance: constructoras encargadas de proyectos de vivienda		
<p>Metodología:</p> <p>1. Iniciar aplicando SEIRI: Para esto se deben seguir los siguientes pasos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.1. Realizar un recorrido de la obra 1.2. Revisar todo aquello que estorbe o que ocupe espacio que no requiera ser utilizado. 1.3. Optimizar el espacio quedando únicamente con el material imprescindible a utilizar asignando un espacio adecuado para ubicarlo. <p>2. Aplicar SEITON: Para esto se deben seguir los siguientes pasos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 2.1. Realizar un recorrido por la obra 2.2. Revisar qué material y equipos se deben destinar en qué zonas 2.3. Determinar las mejores zonas que van a destinarse a las ubicaciones para el acopio, los medios auxiliares, el material que hay que reutilizar o devolver, los escombros y residuos. <p>3. Aplicar SEISO: Para esto se deben seguir los siguientes pasos:</p>		



<p>3.1. Limpiar, organizar y señalar con ayuda de materiales adecuados marcando zonas de acopio, almacenaje o pasos o bien los materiales importantes a tener en cuenta para su manejo.</p> <p>3.2. Indicar visualmente mediante colores los tipos de materiales a los que pertenece cada material de la obra según su nivel de riesgo.</p> <p>4. Aplicar SEIKETSU: en este paso se le debe explicar a todo el equipo el funcionamiento es decir todos los procedimientos anteriores para generar la cultura y el habito en los empleados.</p> <p>5. Aplicar SHITSUKE: este paso busca mantener todos los pasos anteriores, para lo cual se deben establecer reuniones periódicas en donde se revise el cumplimiento de todos los pasos anteriores en la obra.</p>	
<p>Responsable: director de obra</p>	<p>Elaborado por: Isabela y Daniela Trujillo Urbano</p>
<p>Fecha de emisión: abril de 2023</p>	

Tabla 14. POE Aplicación Heijunka

Código POE-3	PROCEDIMIENTO OPERACIONAL ESTANDARIZADO APLICACIÓN HEIJUNKA	VERSIÓN 01
<p>Objetivo: aplicar la herramienta Heijunka en un proyecto de construcción</p>		
<p>Alcance: constructoras encargadas de proyectos de vivienda</p>		
<p>Metodología:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Estandarizar el trabajo: en este paso se debe estandarizar cada una de las operaciones realizadas en la obra, explicándole a los empleados la forma en que se debe realizar el trabajo. 2. Entender cuándo el cliente necesita el producto: para entender cuándo el cliente necesita un bien raíz, se debe realizar un análisis de mercado profundo. 3. Secuenciación: secuenciar el trabajo para asegurar realizar todos los modelos de vivienda de la misma manera. 		



Responsable: director de obra	Elaborado por: Isabela y Daniela Trujillo Urbano
Fecha de emisión: abril de 2023	

Tabla 15. POE Aplicación Andón

Código POE-4	PROCEDIMIENTO OPERACIONAL ESTANDARIZADO APLICACIÓN ANDÓN	VERSIÓN 01
Objetivo: aplicar la herramienta Andón en un proyecto de construcción		
Alcance: constructoras encargadas de proyectos de vivienda		
<p>Metodología:</p> <p>1. Definir los estados de la obra para finalizarla: en este paso es importante que queden definidos todos los estados con los que contará el proyecto de construcción, una guía es tener en cuenta los siguientes estados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Terreno y cimentación: consiste en la nivelación del terreno, construyendo la cimentación solida del terreno. • Estructura de la construcción: consta de un modelo virtual tridimensional utilizado por la empresa que permite observar la estructura de la obra. Consiste en ubicar el esqueleto de la construcción. • Instalaciones de la construcción: consiste en la puesta de todos los elementos auxiliares que no forman parte de la estructura como lo son canaletas para agua y desagüe, conductos de ventilación, tubos para la fibra óptica o red de iluminación, entre otros. • Aislamiento e impermeabilización: permite asegurar la durabilidad de la obra realizando un aislamiento frente a los elementos y la impermeabilización. • Acabados y cierre: consiste en la construcción y ubicación de la cristalería, cerrajería, enchape, pintura y carpintería, así como la instalación de accesorios que darán acabados visuales al proyecto de construcción. <p>2 Alimentar semana a semana el sistema: de forma digitalizada en el sistema se debe ir actualizado el estado que se encuentra completado, el estado que falta por iniciar y el estado en el que se en cuenta la obra de la siguiente manera:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Color verde: estado de obra terminado • Color amarillo: estado de obra en el que se encuentra la obra • Color rojo: estado de obra que aún no ha sido iniciado <p>3 Tomar decisiones al respecto informándole a los empleados al respecto si la obra se encuentra en tiempos con respecto al cronograma o si presenta algún retraso cada semana.</p>		



Pontificia Universidad
JAVERIANA
Cali

Responsable: director de obra	Elaborado por: Isabela y Daniela Trujillo Urbano
Fecha de emisión: abril de 2023	

3. **Escribir, evaluar y publicar el POE:** una vez desarrollado el documento como se observó anteriormente cada plantilla para cada herramienta *Lean Construction* seleccionada, se evalúa el entendimiento del residente de obra mediante la siguiente encuesta de satisfacción.

PLANTILLAS POE

isabelatrujillo14@gmail.com [Cambiar cuenta](#)

No compartido

¿El documento POE fue de su entendimiento?

Si

No

¿Las instrucciones del documento fueron claras?

Si

No

¿El documento POE le permitió implementar en el proyecto de construcción las herramientas Lean?

Si

No

[Enviar](#) [Borrar formulario](#)

Figura 25. Encuesta de satisfacción documentos POE

4. **Mantenimiento del POE:** los documentos deben mantenerse y actualizarse constantemente conforme surjan nuevas ideas, posibles errores de interpretación o mejores prácticas puestas en marcha.

La estandarización de la solución es útil para el proyecto para que se pueda aplicar en diferentes proyectos de la constructora y proporcionar una mejora a toda la empresa, pudiéndose materializar en aumento de utilidad neta generada y mejorar su imagen con el cliente, así como la posibilidad de ampliar la propuesta a otras constructoras.

6. IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

6.1 Requerimientos de recursos humanos

Los requerimientos de recursos humanos necesarios para que se llevará a cabo el proyecto de grado correspondieron a los descritos en la tabla 16.

Tabla 16. Requerimientos de recursos humanos

Recursos humanos
<ul style="list-style-type: none"> • Director del proyecto de grado • Estudiantes de maestría en ingeniería industrial • Docentes de la universidad • Gerente de la empresa • Empleados de la constructora

6.2 Requerimientos de recursos técnicos

Los recursos técnicos utilizados en el proyecto consistieron en material para llevar a cabo encuestas, entrevistas, así como los recursos técnicos para la implementación de las herramientas Lean Construction en la empresa.

6.3 Requerimientos de recursos económicos (inversiones)

La lista de los requerimientos de recursos económicos o inversiones a los cuales se tuvo en cuenta en el proyecto se encuentra en la siguiente tabla.

Tabla 17. Requerimientos de recursos económicos

Recurso económico	Valor
Personal encargado de brindar las capacitaciones.	\$1.000.000
Impresiones de formatos	\$100.000
Cronometro para toma de tiempos	\$30.000
TOTAL	\$1.130.000

7. ANÁLISIS DE RESULTADO

7.1. Medición de impactos

Dentro del análisis en la medición de los impactos de la solución propuesta, se tuvo en cuenta los indicadores de medición establecidos. También se detalla la medición del análisis financiero, social y ambiental dentro del contexto del proyecto.

En cuanto al indicador de eficacia del tiempo de operación (ETO), se puede observar en la Tabla XI, que para todas las operaciones el indicador mejoró en más de un 11%, lo que quiere decir que las herramientas Lean validadas fueron útiles para reducir el tiempo de operaciones en el proyecto de construcción, acercándose a la meta propuesta por la constructora.

Por otro lado, el indicador de eficacia de utilidad neta, aunque no se logró tomar una medición de los indicadores debido a que se miden a final de diciembre de cada año, se puede decir que, en ambos casos, el indicador mejorará, pues se redujeron desperdicios y tiempo de operación y con ello se reducen costos y mejor nivel de servicio al cliente (atrayéndolos), aumentando así, la utilidad neta.

Teniendo en cuenta el análisis financiero del proyecto, se puede decir que es rentable el proyecto, pues, el VPN fue mayor a cero [Ver Anexo 10]. Por lo tanto, el proyecto es viable económicamente.

Socialmente hablando, el proyecto de diseño contribuye indirectamente al ámbito laboral debido a que, aumentando el nivel de servicio al cliente, se lograría aumentar la atracción del cliente a la compra de la vivienda, viéndose así la viabilidad de que la empresa pueda aumentar su tasa de generación de empleo, mejorando la tasa de empleo de la sociedad.

Finalmente, en el análisis ambiental se puede decir, que, la propuesta de diseño a pesar de que el proyecto disminuye los residuos de construcción aumenta la generación de papel por etiquetas y listas de chequeo. Además, es de tener en cuenta que el sector de la construcción es uno de los sectores con mayor nivel de contaminación en el mundo.

7.2. Relación Beneficio – costo de la propuesta

7.2.1. Beneficios cualitativos

Los beneficios cualitativos de la propuesta implementaban en la constructora radican en siguientes aspectos:

- **Empoderamiento de los empleados:** esto se debe a que el proyecto permitió que los empleados participaran durante el proyecto y se pudieran sentir de esa forma parte de la empresa al tener en cuenta su opinión, sus inquietudes y opiniones de mejora.
- **Motivación de los empleados:** la motivación de los empleados por ir a trabajar en las nuevas condiciones fue notoria, desde la música que ponían al llegar a trabar (música alegre), hasta el trato de un empleado al otro con alegría.

- **Mejora el servicio al cliente:** el servicio al cliente fue mejorado teniendo en cuenta que los empleados fueron capacitados en el trato que se les daba a los clientes, así como en la posibilidad de reducción de tiempos de entrega del proyecto.
- **Construcción de relaciones a largo plazo:** la propuesta permitió que se reforzaran las relaciones de la empresa con los proveedores y empleados de forma que puedan perdurar a largo plazo y pueda existir un aspecto de lealtad.

7.2.2. Beneficios cuantitativos

En cuanto a los beneficios cuantitativos del proyecto, se puede decir que el mayor beneficio que trae el proyecto para la empresa es la posibilidad de aumentar sus utilidades, tal como se proyectó en el estado de resultados comparativo mes a mes y año a año comparando el estado de resultado del proyecto de construcción del año 2019 sin implementar el proyecto establecido en este proyecto de grado e implementándolo, para lo cual se puede observar una mejora significativa en más de \$200 millones de pesos, tal como se observa en la siguiente figura.

ESTADO DE RESULTADOS SIN PROYECTO LEAN CONSTRUCTION		ESTADO DE RESULTADOS IMPLEMENTANDO PROYECTO LEAN CONSTRUCTION	
Estado de Resultados	2019	Estado de Resultados	2019
Ingresos por venta del proyecto	\$ 5.000.000.000	Ingresos por venta del proyecto	\$ 5.000.000.000
(-) Costos de construcción del proyecto	\$ 3.658.000.000	(-) Costos de construcción del proyecto	\$ 3.299.516.000
Utilidad Bruta	\$ 1.342.000.000	Utilidad Bruta	\$ 1.700.484.000
% utilidad	26,84%	% utilidad	34,01%
GASTOS		GASTOS	
Nomina	\$ 720.000.000	Nomina	\$ 720.000.000
Personal Extra	\$ 4.500.000	Personal Extra	\$ 1.125.000
Gastos fijos	\$ 3.000.000	Gastos fijos	\$ 3.000.000
Gastos operativos	\$ 650.000.000	Gastos operativos	\$ 650.000.000
Total Gastos admon y operativos	\$ 1.377.500.000	Total Gastos admon y operativos	\$ 1.374.125.000
Ut Operativa . Depreciaciones		Ut Operativa . Depreciaciones	
Utilidad operativa	-\$ 35.500.000	Utilidad operativa	\$ 326.359.000
4x1000	-\$ 142.000	4x1000	\$ 1.305.436
Utilidad antes de impuestos	-\$ 35.358.000	Utilidad antes de impuestos	\$ 325.053.564
RENTA	\$ -	RENTA	\$ 113.768.747
Utilidad neta	-\$ 35.358.000	Implementación LEAN CONSTRUCTION	\$ 3.560.000,00
		Utilidad neta	\$ 207.724.817

Figura 26. Comparación proyección estado de resultados sin implementar proyecto Lean Construction e implementando proyecto Lean Construction.

Esto se debe a que las implementaciones realizadas logran reducir tiempos de operación de actividades y se demostró que se logró reducir tiempos de operación y la obra blanca, se reducen costos de construcción del proyecto aproximadamente en un 9,8% (dato estimado con compañía con el gerente de la constructora). De la misma manera en gastos de personal extra, no fue necesario obtenerlos para los meses posteriores al mes de abril, pues esto se predijo gracias que los empleados se encuentran con mayor nivel de empoderamiento y se observa que en la obra los empleados que hay pueden con la gestión. Sin embargo, se tienen en cuenta los costos asociados al proyecto en un nuevo ítem denominado "Costos implementación Lean Construction".



Por otro lado, a nivel cuantitativo, otro beneficio que se puede notar del proyecto es la mejora en los indicadores de eficacia descritos para medir el medir el proyecto, pues, tal como se muestra en la figura 27, todos los indicadores planteados de eficacia de tiempo de operación mejoraron en más de un 11% con la implementación de las herramientas Lean Construction.

	ETO: ENCHAPAR	ETO: ESTUCAR	ETO: CONEXIONES ELÉCTRICAS	ETO: PINTAR
ANTES	0,901664006	0,881932591	0,724251487	0,86185212
DESPUÉS	1,063970789	0,992841635	1,193202284	1,076634604
DIFERENCIA	0,162306783	0,110909044	0,468950797	0,214782484

Figura 27. Comparación indicadores eficacia tiempos de operación

8. CONCLUSIONES

- Las herramientas *Lean Construction* utilizadas en el proyecto de grado permitieron rediseñar el proceso productivo de la empresa DIC SAS demostrando cualitativamente una reducción en los costos de ejecución de obra y en los tiempos de entrega del proyecto.
- Mediante el uso del VSM, diagrama SIPOC, encuestas, entrevistas realizadas a los empleados de la empresa y entre otras herramientas de la ingeniería industrial fue posible caracterizar el sistema actual de la empresa DIC SAS y conocer las variables que influían en su proceso de construcción permitiendo entender el estado actual de la organización.
- Con el uso de herramientas de la ingeniería industrial se planteó una metodología que permitió medir y caracterizar el problema de bajas utilidades y altos tiempos de entrega de los proyectos en la empresa DIC SAS.
- Se diseñó la propuesta de mejora para la empresa mediante la implementación de herramientas *Lean Construction* seleccionadas (Hoshin Kanri, 5S, Heijunka, Andón) garantizando el tiempo de entrega del proyecto con una reducción de 40 días con respecto al estado actual de la empresa y disminuyendo los costos asociados al mismo en \$300 millones de pesos.
- Se definió una propuesta de sistema para la construcción de proyectos próximos de la empresa DIC SAS y de otras constructoras mediante la Estandarización de Procesos POES, permitiendo que la propuesta planteada en este trabajo de grado pueda ser replicada en otros proyectos y/o en otras empresas del sector.
- El proyecto de construcción analizado en este trabajo de grado tuvo una duración más alta de la esperada debido a diferentes circunstancias entre las cuales se encontraron el estallido social del año 2021 con los paros y movilizaciones en la ciudad de Cali.
- En el proyecto no se tienen en cuenta para las proyecciones realizadas los cambios externos al proyecto en variables económicas como lo son el aumento de salario mínimo y las disposiciones legales cambiadas en cuanto a los proyectos de construcción de vivienda VIS dictaminados por el gobierno para el presente año, los cuales, si bien se considera que influyen directamente en la empresa, se consideran otro objeto de estudio.
- La evaluación financiera del proyecto resultó viable, pues, no requiere una inversión significativa y permite generar ahorros que en VPN representan \$190 millones de pesos calculados con la tasa de oportunidad de la compañía (18%).
- Le evaluación de desempeño del indicador de eficacia en tiempo de operación para cada una de las operaciones evaluadas dio como resultado una mejora en más del 11% para todas las operaciones, lo que significa que el proyecto es viable según el indicador propuesto.
- El proyecto demostró que *Lean Construction* mejora significativamente la sostenibilidad en los proyectos de la construcción porque al reducir los desperdicios altamente contaminantes de este sector, se reduce el impacto ambiental también y por



lo tanto, la implementación de la filosofía Lean en el sector de la construcción es una gran contribución para la calidad de la sostenibilidad futura del mundo.

- El proyecto evidenció que el sector de la construcción es uno de los sectores que representa mayor reto de manejo de personal, pues, se pudo notar que en este sector existen factores culturales, sociales y demográficos que influyen en la forma de trabajo y que representan factor de riesgo para una empresa que desea realizar acciones de mejora porque sus colaboradores se resisten al cambio. Para trabajar este aspecto fue importante tener en cuenta la sensibilidad del personal integrando los niveles jerárquicos desde los más bajos hasta los más altos e incentivar a los empleados con “salario emocional”, es decir, brindar incentivos emocionales a través del reconocimiento de la labor, del reconocimiento de las nuevas formas de realizar las actividades y del reconocimiento del valor de la vida y de la familia de todos los colaboradores para la empresa.
- Se pudo notar en el desarrollo del proyecto que existen otros grandes retos a trabajar en la constructora y que muy posiblemente también son de trabajo en otras constructoras, los cuales son la gran proporción de gastos del dinero de los empleados en licor y su nivel de desconcentración con el trabajo en el momento en que se acerca el pago de quincena por pensar en el destino que le darán a ese dinero. Por lo tanto, es importante que las constructoras tengan en cuenta este reto presente y busque la forma de resolverlo o disminuirlo en sus colaboradores.
- Por otro lado, el proyecto permitió observar que los trabajadores de la construcción son trabajadores más prácticos que empíricos, los cuales les gusta hacer las cosas como siempre lo han venido haciendo, evitando cualquier tipo de supervisión o regla. Un ejemplo que evidencio esto fue la forma en la que fraguaban el enchape de los pisos de los apartamentos, porque no tomaban medidas, sino que “a ojo” revolvían la fragua con el agua y así mismo realizaban la labor y en el momento en que se trató de demostrarles que el producto debía ser utilizado con medidas específicas, todo el personal se rehusó al cambio y continuaron haciéndolo como lo venían haciendo. Este factor cultural significa un gran reto para la industria de la construcción que busque implementar la filosofía *Lean*.
- Finalmente, el proyecto es viable legal y ambientalmente cumpliendo con todas las especificaciones para esto. Así mismo, cumple con todas las restricciones del grupo de interesados en el proyecto.

9. RECOMENDACIONES

- Para investigaciones futuras, es recomendable aplicar herramientas adicionales de la filosofía *Lean* teniendo en cuenta que, sin lugar a duda, esto permitiría mejorar el proceso no solamente de construcción sino de toda la gestión de los proyectos que maneja la empresa
- Se recomienda a la empresa que lleve a cabo la propuesta de mejora en todos los proyectos que se encuentre implementando, así como en los futuros.
- Se recomienda hacer una revisión periódica de la satisfacción de los clientes por medio de encuestas de satisfacción para llevar un control del nivel de servicio y en caso tal, mejorarlo oportunamente.
- Capacitar a los empleados como mínimo una vez al año, pues, las necesidades y gustos de los clientes son cambiantes y es necesario que toda la constructora este actualizada en ello para prestar el mejor servicio al cliente.
- Se recomienda continuar capacitando al personal acerca de la metodología *Lean* y hacer uso del VSM constantemente para determinar las actividades que generan y no valor para los clientes.
- Pese a que el proyecto permite generar proyectos positivos se recomienda a la administración revisar su proceso presupuestal de tal manera que resulte más acorde a la realidad.
- Existen altos niveles de desperdicios de materiales por parte de los trabajadores de la construcción, para lo cual se hace necesario sensibilizar y empoderar al personal para tomar conciencia en cómo un manejo más eficiente de estos materiales puede traer beneficios para la empresa y para si mismos.
- Cumplir con los tiempos de entrega de los proyectos a los clientes es fundamental para determinar el nivel de servicio de una constructora y es crucial para la satisfacción del cliente. La propuesta de mejora se centró entre otras cosas, en disminuir la probabilidad de retrasos de la entrega del proyecto

GLOSARIO

Lean Construction: Es un modelo desarrollado para mejorar procesos de construcción eliminando desperdicios y entregándole el máximo valor a los clientes.

Mudas: Término de la filosofía Lean utilizado para referirse a los desperdicios-

Takt time: Tiempo medio entre el inicio de la producción de una unidad y el inicio de la producción de la siguiente.

TPS: Toyota Production System.

SIPOC: Supplier – Inputs- Process- Outputs – Customers.

VSM: Value Stream Mapping

Indicador KPI: Indicadores de Gestión.

BIBLIOGRAFIA

- Achell, P. (2019). Lean Construction y la planificación colaborativa. Metodología del Last Planner® System. *Riarte*.
- Almazan, B. (2015). *Poka Yoke*. Obtenido de <https://www.gestiopolis.com/wp-content/uploads/2008/04/poka-yoke-mejores-practicas.pdf>
- Arrieta, J. G. (2012). *Las 5s pilares de la fábrica visual*. Obtenido de <https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/1073>
- Benavides, M., & Ortiz, J. (2018). Determinantes de la estructura de capital de empresas de sector de la construcción de infraestructura (ingeniería y obras civiles) en Colombia. *Colegio de Estudios Superiores de Administración*.
- Botero, L. (2012). Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda (Lean construction como estrategia de mejoramiento estudio en Medellín). *Revista Universidad Eafit*.
- Bravo, O. (2012). Sigma Aplicada a Manufactura. *Universidad EAN*.
- Cantó, M. (2019). *Cómo aplicar “value stream mapping”(VSM)*. Obtenido de <https://web.p.ebscohost.com/abstract?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=22544143&AN=137195426&h=UPzfZQjzLozR9luE7H1k89%2b0L%2bDxMFkUqZXXK97mCklf79hLZbI9%2fe1twdjQRef8X9Ra44z%2fCF3y4HCbMXbsEkA%3d%3d&crl=c&resultNs=AdminWebAuth&result>
- DANE. (2014). *Cuarto Trimestre y Total Año 2014*. Obtenido de https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib/presen_PIB_IVtrim14.pdf
- Dennis, S., & Silva, J. (2019). La Importancia de la Cuarta Generación de Concesiones en el Desarrollo de la Infraestructura en Colombia. *Universidad de los Andes*.
- Figuerola, J. (2019). Sistema Industrializado libre. *Servicio Nacional de Aprendizaje SENA*.
- Frías, E. (2019). *Con qué frecuencia una empresa debe capacitar a sus empleados*. Obtenido de <https://www.eljaya.com/index.php/opinion/13540-con-que-frecuencia-una-empresa-debe-capacitar-a-sus-empleados>
- García Alcaez, J. L. (2011). *Factores relacionados con el éxito del mantenimiento productivo total*. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-62302011000400013&script=sci_arttext
- Gómez Botero, P. A. (2021). *Lean Manufacturing: flexibilidad, agilidad y productividad*. Obtenido de <https://ciencia.lasalle.edu.co/gs/vol3/iss2/7/>

- Google Maps. (2021). *Ubicación proyecto DIC S.A.S barrio La Flora, Cali*. Obtenido de <https://www.google.com/maps/place/Fioralleza+Apartamentos/@3.4888493,-76.5138225,17z/data=!3m1!4b1!4m9!3m8!1s0x8e30a9a134b1d711:0x51b772b2947152a1!5m2!4m1!1i2!8m2!3d3.4888493!4d-76.5116338!16s%2Ffg%2F11fk1nwc22?entry=ttu>
- Gutierrez, J., & Osorio, S. (2020). Mecanismos de financiación y gestión de recursos financieros del sector de la construcción, infraestructura y megaproyectos en Colombia. *Universidad y Empresa*, 119-148.
- Guzman, A. (2012). Aplicación de la filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos PUPC. *PUCP*.
- Guzman, A. (2016). Lean Construction With or Without Lean – Challenges of Implementing Lean Construction IGFLC. *International Group for Lean Construction*.
- Justo, J., & Lopez, O. (2016). Productividad, Eficiencia Y Sus Factores Explicativos En El Sector De La Construcción En Colombia 2005-2010 (Productivity, Efficiency and the Explanatory Factors in the Construction Sector in Colombia 2005-2010). *Cuadernos de Economía*, 63.
- Latorre, U., & Joseba, A. (2015). Filosofía Lean en la construcción. *Universidad Politécnica de Valencia*.
- Lean Solutions. (2022). *Conceptos Lean Manufacturing*. Obtenido de <http://leansolutions.co/conceptos/leanmanufacturing/>
- Martínez Hernández, J. C. (2020). *El sistema ANDON, como herramienta fundamental para disminuir el tiempo de respuesta y eliminar los defectos en línea de panel*. Obtenido de https://www.ecorfan.org/republicofperu/research_journals/Revista_de_Ingenieria_Industrial/vol4num12/Revista_de_Ingenieria_Industrial_V4_N12.pdf#page=38
- Muñoz Nájjar, J. A. (2002). *El "Hoshin Kanri"*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=243966>
- Orihuela, P. (2011). Lean Construction en el Perú. *Corporación de Aceros de Arequipa, 2011*.
- Orihuela, P. (2012). Lean Construction en el Perú 2012. *Corporación Aceros Arequipa*.
- Padilla, L. (2010). *LEAN MANUFACTURING*. Obtenido de https://fgsalazar.net/LANDIVAR/ING-PRIMERO/boletin15/URL_15_MEC01.pdf
- Rojas, M., & Valencia, M. (2017). Lean construction – LC bajo pensamiento Lean. *Universidad de Medellín*.
- Socconini, L. (2019). Las bases para el liderazgo y la cultura de clase mundial. *Marge Books*.
- Torres, R. (2011). *Una herramienta expresiva para implementación de tableros kanban virtuales*. Obtenido de <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/104052>



Valencia, J. (2018). Aplicación de Lean construction al sector de la infraestructura vial en Colombia. *Fundación Universidad de America*.

Villegas, A., & Herrera, A. (2015). El subsidio de vivienda y una vivienda digna en Colombia. *UNAULA*.

ANEXOS

Tabla 18. Tabla de anexos

No. Anexo	Nombre	Desarrollo (propio o terceros)	Tipo de Archivo (PDF, HTLM, Excel, Word...)
1	2019114 - Anexo 1. docx	Propio	Encuesta quejas de los empleados DIC SAS.
2	2019114 - Anexo 2. docx	Propio	Entrevistas a gerente DIC SAS.
3	2019114 - Anexo 3.xlsx	Propio	Encuesta orden, empatía, quejas, capacitaciones
4	2019114 - Anexo 4. xlsx	Propio	Cálculo tamaño de muestra
5	2019114 - Anexo 5. xlsx	Propio	Indicador de eficacia
6	2019114 - Anexo 6. xlsx	Propio	Estado de resultados DIC SAS
7	2019114 - Anexo 7. xlsx	Terceros	Medición de tiempos sábado fecha especial
8	2019114 - Anexo 8. xlsx	Propio	Cálculos eficacia utilidad
9	2019114 - Anexo 9. xlsx	Propio	Medición tiempos de operación
10	2019114 - Anexo 10. xlsx	Propio	VPN del proyecto