

	<b>GESTIÓN DE RECURSOS Y SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>		<b>Código</b>	FO-GS-15
			<b>VERSIÓN</b>	02
	<b>ESQUEMA HOJA DE RESUMEN</b>		<b>FECHA</b>	03/04/2017
			<b>PÁGINA</b>	1 de 1
<b>ELABORÓ</b>		<b>REVISÓ</b>		<b>APROBÓ</b>
Jefe División de Biblioteca		Equipo Operativo de Calidad		Líder de Calidad

## RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES):

NOMBRE(S): CARLOS MARIO APELLIDOS: OQUENDO LÓPEZ

NOMBRE(S): BELKYS VIVIANA APELLIDOS: SEPÚLVEDA PÁEZ

FACULTAD: INGENIERIA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA CIVIL

DIRECTOR:

NOMBRE(S): GERSON APELLIDOS: LIMAS RAMÍREZ

CO-DIRECTOR:

NOMBRE(S): \_\_\_\_\_ APELLIDOS: \_\_\_\_\_

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): REINGENIERÍA PARA LA REDUCCIÓN DE ACTIVIDADES NO CUMPLIDAS EN PROYECTOS DE EDIFICACIONES

RESUMEN

Este proyecto realizó una reingeniería para la reducción de actividades no cumplidas en proyectos de edificaciones. Para ello, se implementó una investigación tipo cuantitativa y descriptiva. La información se obtuvo mediante la observación de obras, bitácora de campo, y formatos de registro y cálculo. La población y muestra correspondió a un edificio de 4 pisos de uso institucional. Se lograron fijar lineamientos basados en el último planificador para la disminución de actividades no cumplidas en proyectos de edificaciones. Posteriormente, se establecieron los procesos prácticos en el cual se calcularon los porcentajes de cumplimiento de las actividades en ejecución del proyecto. Finalmente, se identificaron las causas de no cumplimiento que se generaron en estos proyectos que fueron analizados.

PALABRAS CLAVE: Reingeniería, Reducción de actividades, Bitácora, Cumplimiento de obra.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 88 PLANOS:      ILUSTRACIONES:      CD ROOM: 1

\*\*Copia No Controlada\*\*

REINGENIERÍA PARA LA REDUCCIÓN DE ACTIVIDADES NO CUMPLIDAS EN  
PROYECTOS DE EDIFICACIONES

CARLOS MARIO OQUENDO LÓPEZ  
BELKYS VIVIANA SEPÚLVEDA PÁEZ

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2022

REINGENIERÍA PARA LA REDUCCIÓN DE ACTIVIDADES NO CUMPLIDAS EN  
PROYECTOS DE EDIFICACIONES

CARLOS MARIO OQUENDO LÓPEZ  
BELKYS VIVIANA SEPÚLVEDA PÁEZ

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Ingeniero Civil

Director:

GERSON LIMAS RAMÍREZ

Ingeniero Civil

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERIA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2022

## **ACTA DE SUSTENTACION DE TRABAJO DE GRADO**

**FECHA:** 10 DE FEBRERO DE 2022 **HORA:** 10:00 a. m.

**LUGAR:** VIDEO CONFERENCIA GOOGLE MEET

**PLAN DE ESTUDIOS:** INGENIERIA CIVIL

**TITULO DE LA TESIS:** "REINGENIERÍA PARA LA REDUCCIÓN DE ACTIVIDADES NO CUMPLIDAS EN PROYECTOS DE EDIFICACIONES".

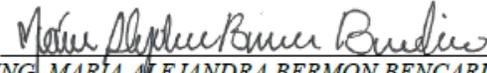
**JURADOS:** ING. JAVIER ALFONSO CARDENAS GUTIERREZ  
ING. MARIA ALEJANDRA BERMON BENCARDINO

**DIRECTOR:** INGENIERO GERSON LIMAS RAMIREZ.

NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES:	CODIGO	CALIFICACION	
		NUMERO	LETRA
CARLOS MARIO OQUENDO LOPEZ	1113883	4,4	CUATRO, CUATRO
BELKYS VIVIANA SEPULVEDA PAEZ	1113854	4,4	CUATRO, CUATRO

# **A P R O B A D A**

  
ING. JAVIER ALFONSO CARDENAS GUTIERREZ

  
ING. MARIA ALEJANDRA BERMON BENCARDINO

**Vo. Bo.**   
JAVIER ALFONSO CARDENAS GUTIERREZ  
Coordinador Comité Curricular

Betty M.

## Contenido

	<b>pág.</b>
Introducción	13
1. Problema	15
1.1 Título	15
1.2 Planteamiento del Problema	15
1.3 Formulación del Problema	16
1.4 Objetivos	17
1.4.1 Objetivo general	17
1.4.2 Objetivos específicos	17
1.5 Justificación	17
1.6 Alcances y Limitaciones	20
1.6.1 Alcances	20
1.6.2 Limitaciones	21
1.7 Delimitaciones	21
1.7.1 Delimitación espacial	21
1.7.2 Delimitación temporal	22
1.7.3 Delimitación conceptual	22
2. Marco Referencial	23
2.1 Antecedentes y Estado del Arte	23
2.1.1 Antecedentes bibliográficos	23
2.1.1.1 Antecedentes internacionales	23
2.1.1.2 Antecedentes nacionales	24
2.2 Marco Teórico	25

2.2.1	Reseña histórica	25
2.2.2	Triángulo lean	25
2.2.3	Historia del Last Planner System	26
2.2.4	Porcentaje de actividades completadas (PAC)	27
2.2.5	Pasos para la medición del PAC	28
2.2.5.1	Reunión semanal	28
2.2.5.2	Llevar registro de trabajo semanal y PAC	28
2.2.5.3	Análisis de PAC	29
2.2.5.4	Análisis de causas de no cumplimiento	29
2.2.5.5	Teoría de las restricciones (TOC)	29
2.3	Marco Conceptual	32
2.4	Marco Legal	33
2.4.1	Ley 30 de 1992. Artículo 3	33
2.4.2	Resolución N° 0020 24 de enero de 2020	33
2.4.3	Acuerdo 065 de 1996 de la UFPS	33
3.	Diseño Metodológico	35
3.1	Tipo de Investigación	35
3.1.1	Investigación según el propósito	35
3.1.2	Investigación según el nivel	35
3.2	Población y Muestra	35
3.2.1	Población	35
3.2.2	Muestra	35
3.3.	Instrumentos para la Recolección de Información	36
3.3.1	Técnicas	36

3.3.2 Instrumentos	36
3.3.3 Fuentes primarias	36
3.3.4 Fuentes secundarias	37
3.4 Técnicas de Análisis y Procedimientos de Datos	37
3.5 Fases y Actividades del Proyecto	37
3.5.1 Objetivo 1. Fijar lineamientos basados en el último planificador, sus herramientas para la disminución de actividades no cumplidas en proyectos de edificaciones	37
3.5.2 Objetivo 2. Establecer procesos prácticos en el cual se calculan porcentajes de cumplimiento de las actividades en ejecución del proyecto en estudio con el fin de mejorar continuamente y así terminar en el plazo de ejecución establecido inicialmente	38
3.5.3 Objetivo 3. Identificar las causas de no cumplimiento que se genera en el proyecto de construcción para identificar cuáles son las que no permiten la ejecución de las actividades	40
4. Desarrollo del Proyecto	41
4.1 Objetivo 1. Fijar Lineamientos Basados en el Último Planificador, sus Herramientas para la Disminución de Actividades no Cumplidas en Proyectos de Edificaciones	41
4.2 Objetivo 2. Establecer Procesos Prácticos en el Cual se Calculan Porcentajes de Cumplimiento de las Actividades en Ejecución del Proyecto en Estudio con el fin de Mejorar Continualmente y así Terminar en el Plazo de Ejecución Establecido Inicialmente	49
4.3 Objetivo 3. Identificar las Causas de no Cumplimiento que se Genera en el Proyecto de Construcción para Identificar Cuáles son las que no Permiten la Ejecución de las	

Actividades	79
5. Conclusiones	82
6. Recomendaciones	84
Referencias Bibliográficas	85

## Lista de Figuras

	<b>pág.</b>
Figura 1. Problemas crónicos de la construcción	16
Figura 2. Productividad en EE.UU. 1964-2012	18
Figura 3. Previsibilidad de entrega a tiempo: diseño	19
Figura 4. Previsibilidad de entrega a tiempo: construcción	19
Figura 5. Despilfarro y valor agregado en la construcción y manufactura	20
Figura 6. Planta ciudad de Cúcuta Norte de Santander	21
Figura 7. Triangulo Lean	26
Figura 8. Pasos para la medición del PAC	28
Figura 9. Restricciones de un sistema	31
Figura 10. Desperdicio de concreto y tableros	44
Figura 11. Desperdicio de alambre para amarrar acero	44
Figura 12. Mapa de palabras claves	46
Figura 13. Documentos por país y territorio	47
Figura 14. Documentos por año	48
Figura 15. Documentos publicados por área	48
Figura 16. Documentos encontrados por autor	49
Figura 17. Diagrama de Gantt Fase II del proyecto	51
Figura 18. Actividad importante de la semana – Fundida de placa entrepiso 1	54
Figura 19. Actividad importante de la semana – fundida de columnas de 2do piso	56
Figura 20. Actividad importante de la semana – figurado y armado de acero 2do piso	58
Figura 21. Actividad importante de la semana – fundida de las columnas pantalla ascensor 2do piso	60

Figura 22. Actividad importante de la semana – armado de acero de refuerzo	62
Figura 23. Actividad importante de la semana – armado de acero de refuerzo	64
Figura 24. Actividad importante de la semana - armado de formaleta de escalera 2do.piso	66
Figura 25. Actividad importante de la semana -fundida de placa de entrepiso 2	68
Figura 26. Actividad importante de la semana – fundida de escalera 2do piso	70
Figura 27. Actividad importante de la semana - armado de acero de refuerzo de columnas 3er piso	72
Figura 28. Actividad importante de la semana – fundida de columnas 3er piso	74
Figura 29. Actividad importante de la semana – fundida de columnas pantalla ascensor 3er, piso	76
Figura 30. Porcentaje de actividades cumplidas de las 12 semanas estudiadas	77
Figura 31. Cálculo de actividades cumplidas mensualmente	78
Figura 32. Causas de no cumplimiento más comunes durante las semanas estudiadas	81

## Lista de Tablas

	<b>pág.</b>
Tabla 1. Formato de registro de trabajo semanal y PAC	39
Tabla 2. Formato de cálculo de causas de no cumplimiento y PAC	40
Tabla 3. Formato diligenciado de registro de trabajo semanal y PAC 1	53
Tabla 4. Formato diligenciado de registro de trabajo semanal y PAC 2	55
Tabla 5. Formato diligenciado de registro de trabajo semanal y PAC 3	57
Tabla 6. Formato diligenciado de registro de trabajo semanal y PAC 4	59
Tabla 7. Formato diligenciado de trabajo semanal y PAC 5	61
Tabla 8. Formato diligenciado de trabajo semanal y PAC 6	63
Tabla 9. Formato diligenciado de trabajo semanal y PAC 7	65
Tabla 10. Formato diligenciado de trabajo semanal y PAC 8	67
Tabla 11. Formato de trabajo semanal y PAC 9	69
Tabla 12. Formato de trabajo semanal y PAC 10	71
Tabla 13. Formato diligenciado de trabajo semanal y PAC 11	73
Tabla 14. Formato diligenciado de trabajo semanal y PAC 12	75
Tabla 15. Formato de cálculo de causas de no cumplimiento y PAC	80

## **Resumen**

Este proyecto realizó una reingeniería para la reducción de actividades no cumplidas en proyectos de edificaciones. Para ello, se implementó una investigación tipo cuantitativa y descriptiva. La información se obtuvo mediante la observación de obras, bitácora de campo, y Formatos de registro de trabajo semanal y PAC y formato de cálculo de causas de no cumplimiento y PAC. La población y muestra correspondió a un edificio de 4 pisos de uso institucional, en donde la empresa aceptó realizar la investigación. Se logró investigar la herramienta que permitió la mejora y disminución del porcentaje de actividades programadas no cumplidas en un proyecto de construcción. Seguidamente, se fijaron lineamientos basados en el último planificador para la disminución de actividades no cumplidas en proyectos de edificaciones. Posteriormente, se establecieron los procesos prácticos en el cual se calcularon los porcentajes de cumplimiento de las actividades en ejecución del proyecto, en estudio con la que se mejoró continuamente terminando en el plazo de ejecución establecido. Finalmente, se identificaron las causas de no cumplimiento que se generaron en el proyecto de construcción para precisar cuáles fueron las que no se permitieron la ejecución de las actividades.

## Introducción

Durante muchos años la mayoría de los proyectos de construcción presentan problemas debido a la ausencia de seguimiento y control de las actividades que se desean ejecutar en las obras, produciendo un atraso en el cronograma el cual genera un el incumplimiento para la fecha de entrega.

Pero, porque durante muchos años ha venido sucediendo este tipo de inconvenientes y ha sido uno de los principales inconvenientes y pérdidas que se han presentado en la industria de la construcción, por lo tanto, las empresas constructoras están en busca de mejorar los procesos implementando métodos que ayuden a mitigar las pérdidas ya sean de tiempo, de materiales, de costos entre otros.

En los últimos años hay herramientas que brindan calidad en los procesos de planificación de los proyectos, con el fin de reducir, el impacto de la variabilidad conocida como Last Planner system que está basado en la filosofía Lean Construction, lo cual ha traído resultados positivos en el sector de la construcción.

Pero, es importante añadir que, aunque hay herramientas de planificación eficaces, las empresas no han podido implementar de forma integral, ya sea por desconocimiento, por falta de un método que implemente este tipo de planificación de manera completa, porque las empresas creen que el costo de este es muy elevado o también por falta de fundamentación teórica.

Y aquí es donde vemos la importancia de facilitar la implementación de la herramienta para mejorar los temas de productividad, realizando un control de las actividades por medio de porcentajes de plan cumplido y causas de no cumplimiento lo que finalmente generaba un

impacto en los tiempos de entrega, mayor utilidad aumentando la competitividad.

## **1. Problema**

### **1.1 Título**

REINGENIERÍA PARA LA REDUCCIÓN DE ACTIVIDADES CUMPLIDAS EN PROYECTOS DE EDIFICACIONES.

### **1.2 Planteamiento del Problema**

Debido a los incumplimientos ocasionados en los proyectos de construcción y el atraso del mismo se vio la necesidad de realizar un estudio investigativo de lo que es la herramienta de planificación y control de Porcentaje de Actividades Completadas %PAC, realizando una investigación de las actividades cumplidas de acuerdo al cronograma inicial de un proyecto de construcción de un edificio de 4 pisos, el cual se cuantifica en porcentaje de aquellas actividades que se cumplieron y las que no, en donde se identifica las causas de no cumplimiento que generan el atraso del proyecto.

El los proyectos de construcción es muy común la presencia de problemas crónicos, por lo tanto, es necesario controlarlos de forma organizada y con información respecto a las actividades y cronograma del proyecto para realizar mejoras y que así se cumpla el proceso de ejecución en el plazo de entrega.

De acuerdo a los problemas crónicos de la construcción que presenta Pons & Rubio (2019), en su libro de “Last Planner System”, en donde se dice que en años como los 90’s varios autores han considerado diferentes motivos de los inconvenientes que se presentan en las construcciones lo cual se ve necesario que esto cambie.

A continuación, se presentan en la siguiente imagen estos algunos de los motivos más comunes:

PROBLEMAS CRÓNICOS DE LA CONSTRUCCIÓN	
1	Uso de métodos obsoletos para la Planificación, Control y Gestión de la Producción.
2	Escaso rigor en el cumplimiento de la Seguridad.
3	Proyectos incompletos, poco detallados y escasamente analizados.
4	Controles de calidad ineficaces que no garantizan la entrega de calidad a la primera.
5	Incumplimiento sistemático de los plazos de entrega.
6	Mano de obra poco cualificada, comparada con la industria manufacturera.
7	Falta de coordinación y transparencia entre las partes interesadas.
8	Escasos o nulos controles de la productividad.
9	Sobrecostos. Sistema de licitación basado en: (1) diseño, (2) licitación, (3) construcción.
10	Gran cantidad de retrabajos.

**Figura 1. Problemas crónicos de la construcción**

Fuente. Pons & Rubio, 2019.

Se vio la necesidad, por lo tanto, se emplea la herramienta de %PAC y se lleva un control adecuado de las actividades que se están ejecutando en el proyecto. Para mejorar los plazos de entrega y recuperar la confianza en el proyecto, creando compromiso por parte de los interesados.

### 1.3 Formulación del Problema

¿El análisis e implementación de una herramienta de control de ejecución de actividades generará un impacto en el proyecto de construcción?

## **1.4 Objetivos**

**1.4.1 Objetivo general.** Investigar una herramienta que permita la mejora disminuyendo el porcentaje de actividades programadas no cumplidas en un proyecto de construcción.

**1.4.2 Objetivos específicos.** Los objetivos específicos se plantean de la siguiente forma:

Fijar lineamientos basados en el último planificador, sus herramientas para la disminución de actividades no cumplidas en proyectos de edificaciones.

Establecer procesos prácticos en el cual se calculan porcentajes de cumplimiento de las actividades en ejecución del proyecto en estudio con el fin de mejorar continuamente y así terminar en el plazo de ejecución establecido inicialmente.

Identificar las causas de no cumplimiento que se genera en el proyecto de construcción para precisar cuáles son las que no permiten la ejecución de las actividades.

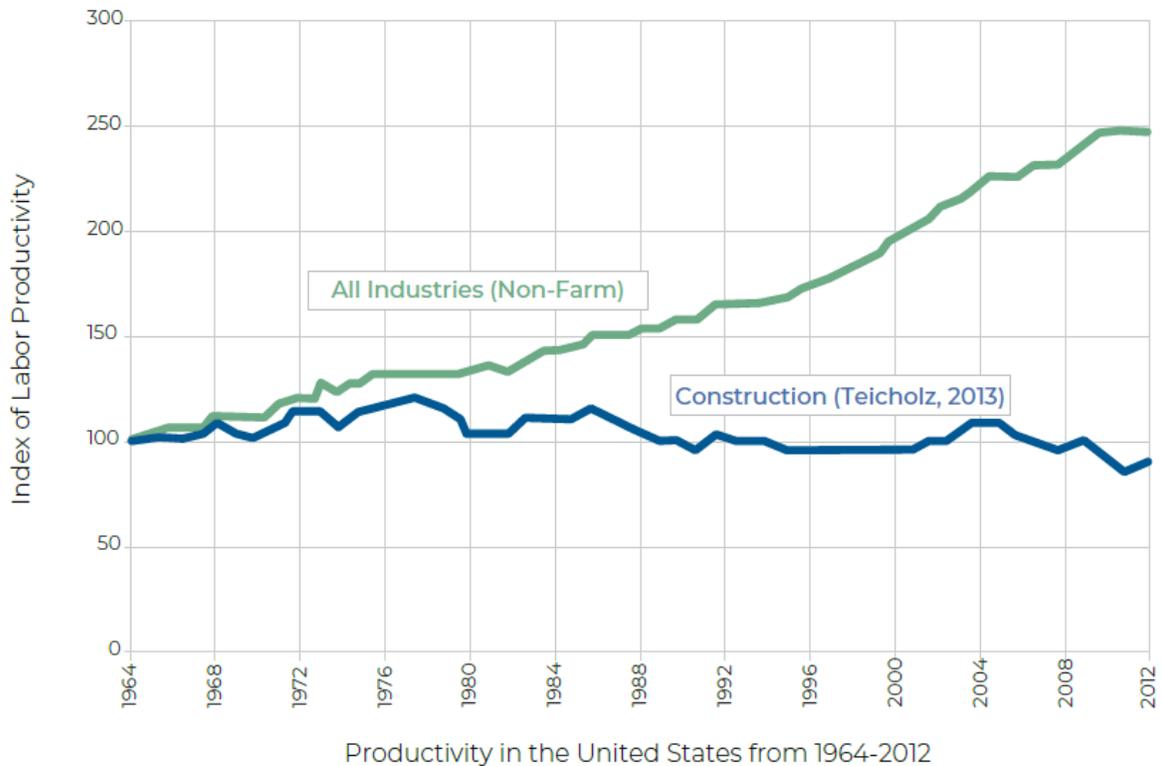
## **1.5 Justificación**

Debido al gran número de atrasos de los proyectos de construcción, a causas de actividades programadas no cumplidas en la ejecución del proyecto, lo cual a traducido a desperdicios como sobrecostos y sobretiempos debido al retrabajo, pagos por incumplimiento, planillas adicionales, desperdicios de materiales a causa de la falta de control y supervisión de estas actividades, disminuyendo la productividad el cual puede haber sido mejor si las condiciones de cumplimiento fueran las adecuadas.

El departamento de comercio de Estados Unidos ha realizado una cantidad de estudios en donde se visualiza como desde los años 60 la industria de manufactura ha aumentado su

productividad, diferente a la industria de la construcción que ha disminuido.

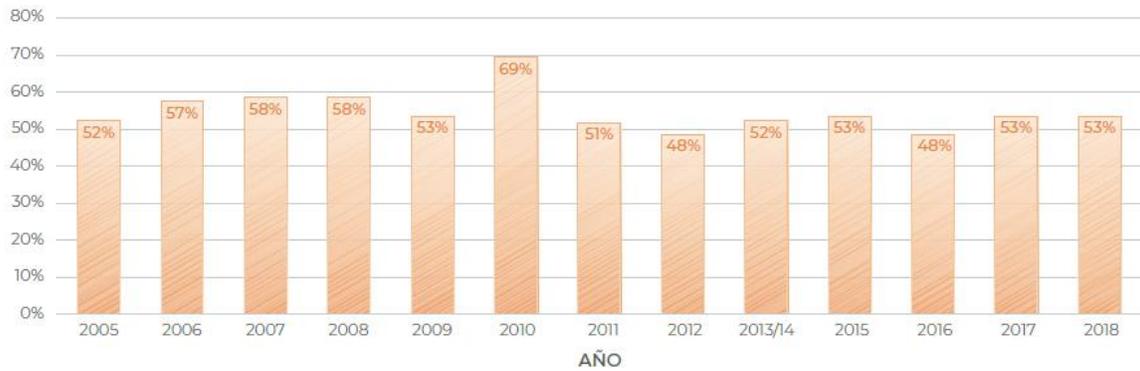
A continuación, se evidencia en la siguiente figura la gráfica de la productividad mencionada anteriormente.



**Figura 2. Productividad en EE.UU. 1964-2012**

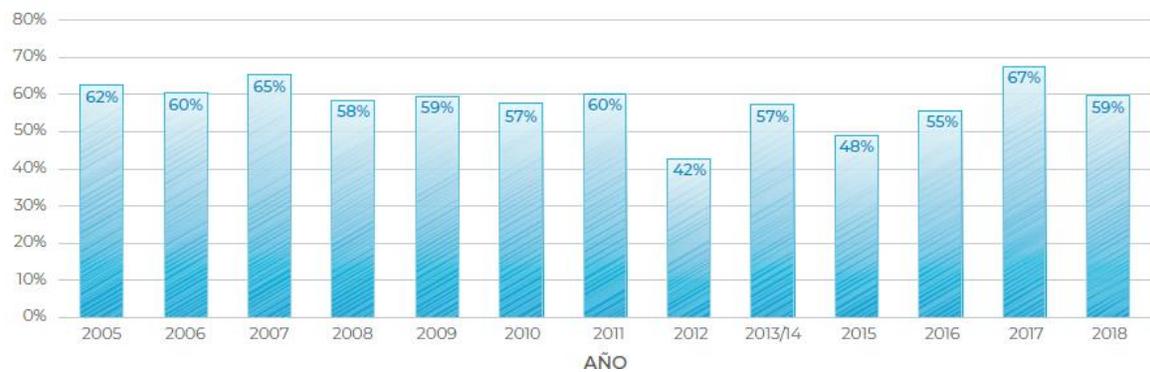
Fuente. Pons & Rubio, 2019.

En el Reino Unido se presenta anualmente en la siguiente gráfica basados en indicadores de rendimiento en la industria de arquitectura, ingeniería y construcción, que muestran las estadísticas anuales en diseño y construcción comparada con la planeación acordada inicialmente en cada una de las fases. En estas estadísticas se visualiza la entrega a tiempo o antes de tiempo de los proyectos. Demostrando que en general está por debajo del 60% en la última década.



**Figura 3. Previsibilidad de entrega a tiempo: diseño**

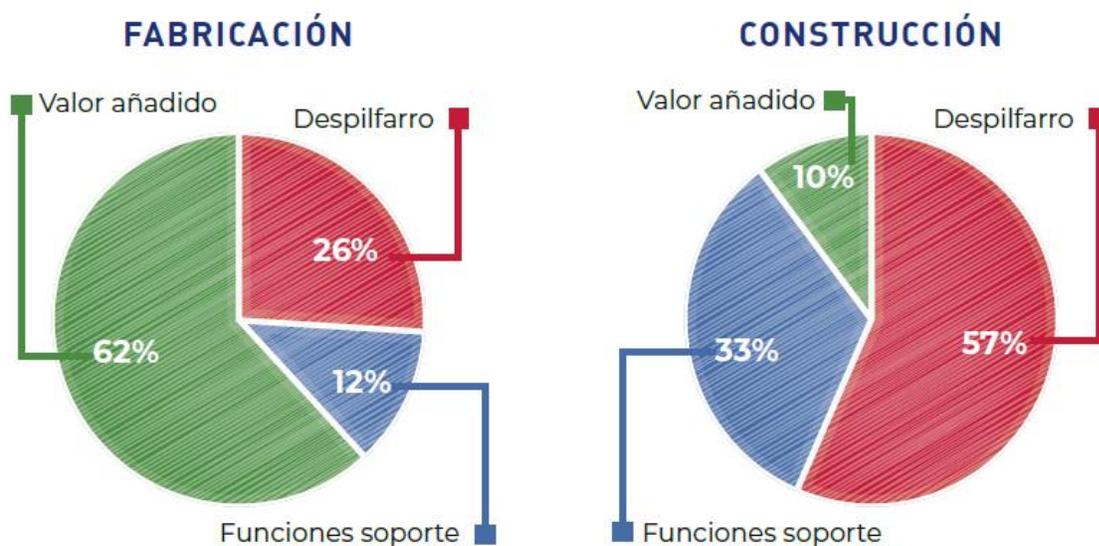
Fuente. Pons & Rubio, 2019.



**Figura 4. Previsibilidad de entrega a tiempo: construcción**

Fuente. Pons & Rubio, 2019.

En la siguiente figura se visualiza el despilfarro y valor agregado en proyectos de construcción, en donde hasta un 57% del tiempo, el esfuerzo y material de la inversión no le da un valor agregado al producto final, a diferencia de la industria de la fabricación solo demuestra un 26%.



**Figura 5. Despilfarro y valor agregado en la construcción y manufactura**

Fuente. Pons & Rubio, 2019.

Como se puede observar diferentes estudios verifican que la industria de la construcción ha estado muy por debajo en cuanto a productividad con respecto a la industria manufacturera.

Por lo tanto, es importante llevar un control adecuado y que funcione para mejorar los procesos de ejecución de las actividades de los proyectos y así se realice en el tiempo estipulado inicialmente.

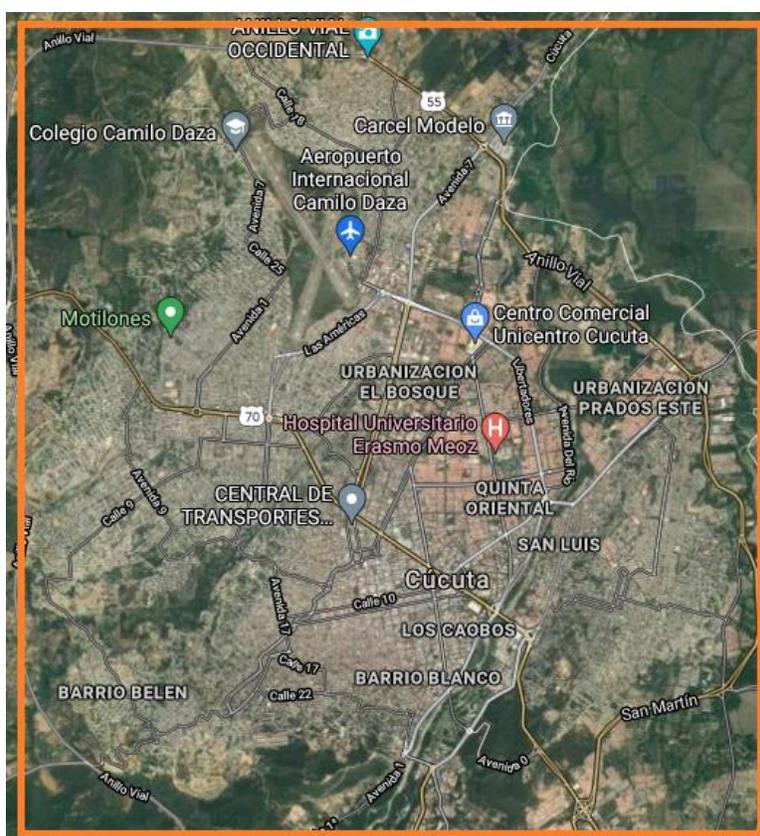
## 1.6 Alcances y Limitaciones

**1.6.1 Alcances.** Aplicar herramientas del sistema el Último planificador como métodos de supervisión y control para reemplazar métodos convencionales muy comunes en los proyectos de construcción, con el fin de generar mayor productividad, cumplimiento de plazos de entrega, mejora de procedimientos en la ejecución de las actividades

**1.6.2 Limitaciones.** Se debe tener en cuenta que el análisis que se realizó genera complicaciones relacionadas con la disposición del personal, la implementación de la herramienta como un nuevo proceso de supervisión y control del proyecto, debido a la toma de información en campo, la información que sale a la luz debido a la búsqueda incansable de las causas de no cumplimiento, la disposición de herramientas o materiales que se deban utilizar para verificar y controlar de manera adecuada, y sobre todo la confianza que esta herramienta proporciona.

## 1.7 Delimitaciones

**1.7.1 Delimitación espacial.** La delimitación espacial se evidencia a continuación:



**Figura 6. Planta ciudad de Cúcuta Norte de Santander**

Fuente: Google Earth, 2021.

La ciudad de Cúcuta es la capital del Departamento de Norte de Santander, el cual está ubicada en el valle homónimo al pie de la Cordillera Oriental de los Andes Colombianos, es frontera con Venezuela. Su área metropolitana está conformada por los municipios de Los Patios, Villa de Rosario, El Zulia, San Cayetano y Puerto Santander. Este proyecto se realiza en un proyecto de las empresas constructoras de la ciudad.

**1.7.2 Delimitación temporal.** Al realizar este análisis del proyecto se tiene un tiempo establecido de 4 meses el cual comenzará a partir de la aprobación de este anteproyecto. En el tiempo determinado se cumple con todos los objetivos específicos establecidos en este estudio.

**1.7.3 Delimitación conceptual.** Para la investigación de este proyecto se emplearon conceptos básicos como:

- Ejecución de actividades.
- Cumplimiento.
- Porcentajes.
- Lean Construction.
- Last planner system.
- Restricciones.
- Control de obra.
- Planificación de obra.
- Retrasos en obra.

## 2. Marco Referencial

### 2.1 Antecedentes y Estado del Arte

**2.1.1 Antecedentes bibliográficos.** Los antecedentes bibliográficos se muestran de la siguiente manera:

**2.1.1.1 Antecedentes internacionales.** Cedano, Flores & Mendoza (2016). “Implementación del Last Planner en la construcción del Hospital Saposoa durante la ejecución”. En la industria de la construcción en Perú los índices de productividad comparado con otros países vecinos, es considerado menos productivo y de baja calidad, por tal razón se han implementado con éxito sistemas como last panner el cual ha mejorado la productividad y ha aumentado la confianza en la planificación. Esta investigación desarrolla una implementación de last planner system LPS en la construcción de un hospital Saposoa durante la etapa de la ejecución; esta contaba con una planificación tradicional por 5 meses y luego se decide implementar LPS.

Caballero (2018). “Implementación de Last Planner System para mejorar el cumplimiento de plazos de ejecución en una obra pública de saneamiento por administración directa en el distrito de Santa Rosa de Quives, Canta-Lima en el periodo 2016-2017”. Esta investigación tiene como objetivo implementar el sistema del LPS para la mejora en el cumplimiento de plazos de ejecución del presupuesto en el Distrito de Santa Rosa de Quives provincia de Canta en Lima. Por lo tanto, se ejecuta un plan piloto de implementación de LPS, por un tiempo de 9 semanas equivalentes a 60 días liderado por el personal técnico de la municipalidad; la subgerencia de Desarrollo Urbano y Rural y las otras áreas de soporte; Unidad de Logística y Presupuesto.

A partir del cronograma de la ejecución de la obra se elaboró un plan maestro, donde se identifica cuáles son los hitos importantes de planificación y luego se elabora un Plan intermedio donde se analizaron las restricciones de las primeras 4 semanas, estableciendo responsables para crear compromisos, por último, se elaboró los planes semanales evaluando los porcentajes de plan cumplido y las causas de no cumplimiento para así realizar un plan de mejora.

**2.1.1.2 Antecedentes nacionales.** Vargas (2020). “Supervisión y seguimiento a las actividades de acabados y estructura siguiendo la programación de obra del proyecto residencial Smart Clarisas”. En esta investigación se manejó la creación, seguimiento y control de la programación de obra en Microsoft Project, cálculo de cantidades, inspección, siguiendo los diseños estructurales y arquitectónicos, especificaciones técnicas, de redes hidrosanitarias, inspección de elementos estructurales luego de ser fundidos, por medio de formatos control de tiempo, calidad y rendimiento basado en la filosofía Lean Construction. En el estudio se concluyo la necesidad de la organización y planificación de las actividades a ejecutar enfocándose en la prioridad del manejo de los recursos, sobre la generación de procesos que se pueden presentar.

Mendoza (2020). “Seguimiento de productividad y control de sellos de calidad a través del uso de los principios de la metodología Lean Construction en una obra en fase de construcción”. Este estudio tiene como objetivo inducir una mejora al momento de promover la metodología en proyectos actuales que se encuentran en la etapa constructiva. Esta ha ayudado a mejorar los rendimientos y a simplificar el monitoreo de los mismos, complementando con la transparencia y eficacia cada uno de los compromisos adquiridos por los involucrados. Además, agregan valor al cliente con respecto a la calidad de las entregas de los proyectos de vivienda, siendo el cliente el principal factor de valor del proyecto, conformado por 10 niveles y 1 sótano. Este proceso demuestra que al cuantificar los rendimientos y compromisos que se plantean en las reuniones

Last Planner System se logra efectivamente las fechas acordadas en las mismas.

## 2.2 Marco Teórico

**2.2.1 Reseña histórica.** Los principios Lean comienzan en la fábrica japonesa de automóviles Toyota, el cual fue fundada en 1918 por Sakichi Toyoda para su hijo Kichiro. El mercado japonés en ese entonces estaba dominado por las empresas estadounidenses como por ejemplo Ford y General Motors. Al inicio Toyota tuvo muchos inconvenientes derivados de la segunda guerra mundial el cual Japón quedó destruido, pero, esta nación consigue como afianzarse con la producción de los automóviles y camiones hasta que la producción se detiene en la Segunda guerra mundial.

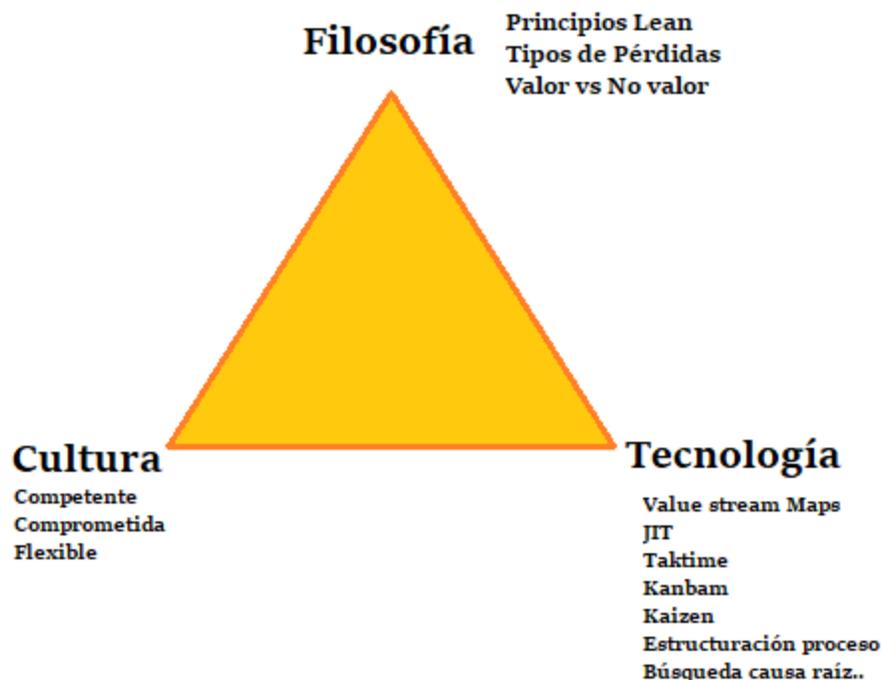
Para los años 1950 el director general de la empresa viajó a los Estados Unidos las formas y métodos de fabricación de la empresa Ford, con el fin de observar los procesos de fabricación de los automóviles.

Mas adelante Ohno argumenta que los costos deberían reducirse por medio de la eliminación de los residuos como por ejemplo: apagar las máquinas automáticamente cuando esta falla, para que esta no desperdicie los materiales.

**2.2.2 Triángulo lean.** El pensamiento Lean es añadir valor y eliminar pérdidas, si se viera en un triángulo sería de la siguiente manera:

- **Filosofía.** Dado a que Lean no es uno más de los métodos, debido a que en sus fundamentos existe una variedad de principios que redefine los conceptos como valor, cliente o pérdidas.

- **Cultura.** Debido a que la aplicación de herramientas Lean son continuas, se generan compromisos y por ende se adapta a los proyectos.
- **Tecnología.** Debido a las herramientas por la cual se aplica Lean.



**Figura 7. Triangulo Lean**

Fuente: Koskela, 1992.

**2.2.3 Historia del Last Planner System.** La planificación basada en LPS no debe ser tan fácil como el uso de un programa computacional para organizar las actividades del proyecto. Esta termina lo que empieza y lo que debe hacerse, como se debe hacer, cuáles son las acciones para tomar y cuál es el responsable de la actividad y por qué (Bueno, 2014).

Con ese fin Glend Ballard propuso el último Planificador, basado en la filosofía Lean construction, el cual le apunta al incremento de la fiabilidad de la planificación para así aumentar la productividad. Pero este aumento de la confiabilidad se hace tomando acciones de mejora

planificando con los 3 niveles de planeación que ofrece Last Planner System: Planificación maestra, intermedia y semanal.

**2.2.4 Porcentaje de actividades completadas (PAC).** Es una actividad que está dentro de la herramienta Last Planner System que ayuda a medir el porcentaje de avance realizado actualmente en obra. Una vez se haya comenzado a ejecutar la primera semana de actividades del proyecto, se podrá medir el PAC, el cual es una actividad que es muy importante debido a que con este valor porcentual se tendrá una visión más clara y numérica del avance del proyecto para así tomar medidas que mejoren los tiempos de ejecución de las actividades, así como también analizar cuáles son las causas de no cumplimiento de aquellas actividades retrasadas o que aún no se han podido ejecutar (Pinedo & Elespuru, 2019).

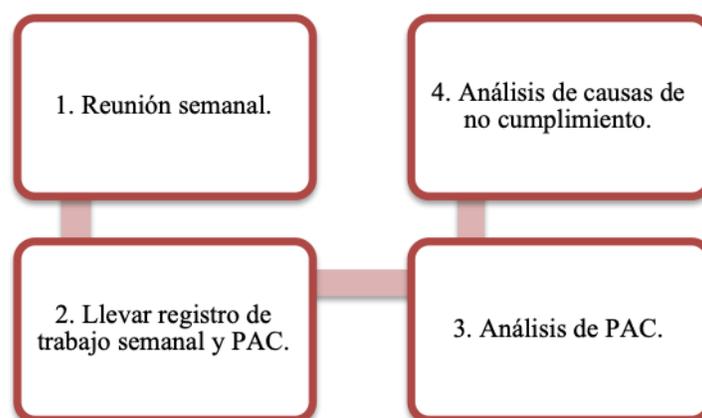
Para la realización y medición del PAC es necesario llevar un registro, el cual consiste del trabajo semanalmente con un formato que se lleva en obra de acuerdo al cronograma y la planificación del proyecto (Cruz, 2019). Para esto, es importante cumplir con unos de los procesos claves del sistema Last Planner, debido a que este proceso ayudará a la organización y el control del avance de la obra (Pirca & Pirca, 2019). Y para realizarlo se realizan una serie de reuniones el cual consiste en llevar a cabo un:

- Plan maestro.
- Plan intermedio.
- Plan semanal.

Este último, Plan semanal es de gran importancia para realizar el PAC, debido a que éstos se toman de acuerdo aquellas actividades que se deben ejecutar durante la semana habiendo sido

programadas por un plan maestro inicialmente, un plan intermedio durante el proceso de ejecución y por último un plan semanal que es donde se detalla claramente las actividades a ejecutar (Rojas 2019).

**2.2.5 Pasos para la medición del PAC.** A continuación se evidencian los pasos para la medición del PAC:



**Figura 8. Pasos para la medición del PAC**

**2.2.5.1 Reunión semanal.** Consiste en realizar una reunión cada 8 días durante todo el proyecto, se hará el mismo día y a la misma hora cada semana el cual está definido por el equipo de trabajo (Martínez, 2019). En esta reunión se tocarán temas como la identificación de aquellas actividades a ejecutar durante la semana según lo planificado en el plan intermedio, las causas de no cumplimiento de las actividades ejecutadas y la toma de decisiones al respecto y por último la medición del PAC (Díaz, Oliveira, Pucharelli & Pinzón, 2019).

**2.2.5.2 Llevar registro de trabajo semanal y PAC.** En esta fase se tomará un registro en obra en donde se llevará de manera organizada las actividades que se van a ejecutar durante la semana, la persona o equipo de trabajo responsable de cada actividad, la fecha de inicio y

terminación de la tarea, el porcentaje de PAC solicitado y cumplido y por último las causas se no cumplimiento de actividades (Pirca & Pirca, 2019)

**2.2.5.3 Análisis de PAC.** En este caso se analizará que actividades se programaron inicialmente y cuáles de estas se ejecutaron, lo ideal es que se ejecute el 100% de las actividades programadas, aunque la mayoría de veces suelen atrasarse, pero la idea principal de esta herramienta del cálculo de porcentaje de actividades completadas es que vaya mejorando cada vez más el avance en obra, realizando mediciones para analizar las causas del no cumplimiento de las actividades, así como también el tiempo de ejecución de cada una de ellas (Moyano & Ventura, 2019).

Para el análisis del PAC se hace mediante la ecuación N°1

Ecuación N° 1.

$$\% PAC = \frac{\text{Número de actividades cumplidas}}{\text{Número de actividades programadas}} \times 100$$

**2.2.5.4 Análisis de causas de no cumplimiento.** Las Causas de No Cumplimiento (CNC) son aquellas razones por las que el PTS no pudo ser completado al 100%. La identificación de estas causas y su posterior análisis para tomar medidas correctivas y/o preventivas deben ser realizadas de manera seria y responsable, ya que son, junto al PAC, puntos de partida para la mejora continua de la planificación.<sup>38</sup> En este sentido, las CNC deben ser clasificadas de tal manera que, luego puedan vincularse con el Lookahead Planning y el análisis de restricciones y así las soluciones ataquen de mejor manera la causa.

**2.2.5.5 Teoría de las restricciones (TOC).** La Teoría de las Restricciones es una filosofía de administración de sistemas que permite encontrar soluciones enfocadas en función de puntos

críticos con el objetivo de alcanzar una meta mediante un proceso de mejora continua. TOC se basa en el método científico que afirma que todo sistema debe tener una restricción, ya que de lo contrario sus salidas se incrementarían infinitamente o serían cero (Sánchez & Herrera, 2015).

A partir de ello, se puede distinguir tipos de restricciones que impiden que se pueda realizar la actividad con normalidad.

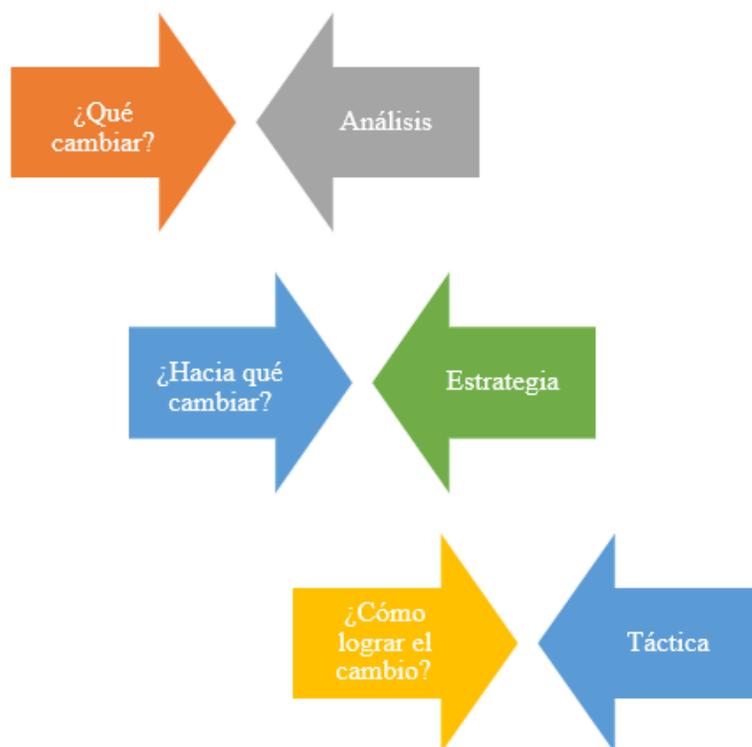
- **Restricciones físicas.** Se refieren a entes palpables, tales como el mercado, la capacidad de un elemento dentro de un proceso productivo, la disponibilidad de recursos, etc.
- **Restricciones de Política (Normativas).** Se refieren a limitaciones que surgen a partir de disposiciones o procesos propios de la organización.

De acuerdo con ello, la relación entre un sistema y una cadena compuesta por varios eslabones; es aquella en la que cada eslabón depende de su interacción con los otros. Por ello, las restricciones del sistema son semejantes a los eslabones más débiles de la cadena, lo que hace imprescindible que para aumentar la resistencia de la cadena, se debe incrementar la resistencia de estos eslabones más débiles (Quispe & Machaca, 2020).

A partir de lo anterior, para una restricción física, es importante emplear el siguiente esquema de pasos indicados por Goldratt & Cox (1992):

- Identificar la restricción del sistema total.
- Explotar la restricción Subordinar el sistema a la restricción.
- Elevar la restricción.
- Verificar si es que existe una nueva restricción.

Por otro lado, en las restricciones políticas es preciso aplicar un esquema metodológico acreditado como proceso de pensamiento, debido a que restricciones no nacen por la ausencia de capacidad del sistema, sino por políticas o normativas erradas. Los procesos de pensamiento son esquemas que brindan respuesta a las siguientes preguntas:



**Figura 9. Restricciones de un sistema**

Básicamente, el primer paso, analizar, consiste en descubrir el problema raíz, la cual se define como la causa del conjunto de los efectos indeseables percibidos en el sistema.

De acuerdo con ello, se sigue con el paso de plantear una estrategia. En ello, se toma la orientación hacia donde se quiere llegar con medidas que abordarán el problema. Y finalmente, se toma una táctica con la cual se desarrolla la metodología para poder lograr superar las restricciones generadas.

## 2.3 Marco Conceptual

**Ejecución de actividades.** Se refiere a la implementación o puesta en marcha del proyecto, consiste en poner en práctica la planificación llevada a cabo previamente. Durante la ejecución de las actividades, se debe poner énfasis en la comunicación para tomar decisiones lo más rápido posible en caso de que surjan problemas.

**Cumplimiento.** Define como la acción de cumplir, en este sentido se expresa como ejecutar un proyecto que se debe convenir en un plazo de ejecución u obligación de contratos de obra de infraestructura.

Porcentajes: es la forma cuantitativa de expresar el cumplimiento de actividades en la ejecución del proyecto, bien sea un porcentaje bajo, medio o alto.

**Lean Construction.** Significa la construcción sin pérdidas, es una nueva filosofía de trabajo con muchas ventajas competitivas.

**Last Planner System.** Es una planificación colaborativa el cual se le llama el último planificador, que consiste en controlar, supervisar y gestionar actividades para la ejecución de la obra y que esta no presente un porcentaje de plan cumplido menor al 80%.

**Restricciones.** Es una filosofía administrativa el cual permite encontrar soluciones de mejora para los puntos críticos del proyecto.

**Causas de no cumplimiento.** Es donde se identifica la causa hasta llegar a la razón exacta del porque se incumplió con la tarea que ya estaba programada, buscando el por qué los trabajadores y encargados incumplieron.

**Control de obra.** Es la coordinación de todos los recursos humanos, materiales y financieros para lograr alcanzar un objetivo planteado previamente. Las variables que juegan un papel crucial dentro del control son, el coste, la calidad y el tiempo.

**Planificación de obra.** Se resume en la administración, coordinación y preparación de todos los recursos que requiere la empresa para operar un proyecto: recursos humanos, materiales y financieros agrupándolos para operar en un tiempo y costo determinado previamente.

**Retrasos en obra.** Son todos aquellos eventos que originan una extensión en el tiempo requerido para la terminación de una obra, se van a ver reflejados como días adicionales de trabajo o como el inicio tardío de algún proceso y pueden ocasionar cambios en el alcance del contrato.

## **2.4 Marco Legal**

**2.4.1 Ley 30 de 1992. Artículo 3.** “Garantiza la autonomía universitaria y vela por la calidad del servicio educativo a través del ejercicio de la suprema inspección y vigilancia de la Educación Superior”.

**2.4.2 Resolución N° 0020 24 de enero de 2020.** “Considerando que la Universidad Francisco de Paula Santander, requiere la construcción y adecuación de la planta física para el normal desarrollo de las actividades académicas y funcionamiento de la institución.”

**2.4.3 Acuerdo 065 de 1996 de la UFPS.** “El Consejo Superior Universitario de la Universidad Francisco de Paula Santander en el Estatuto estudiantil el día 26 de agosto de 1996, mediante el acuerdo N° 065, artículo 140, define las opciones que, del estudiante para realizar su trabajo de grado, los posibles proyectos, trabajos de investigación y sistematización del

conocimiento, proyectos de extensión, pasantías, trabajos dirigidos y reglamentado por el acuerdo 069 del 5 de septiembre de 1997. En el inciso G de este acuerdo manifiesta que el trabajo dirigido consiste en el desarrollo, por parte del estudiante y bajo la dirección de un profesional en el área del conocimiento a la que es inherente el trabajo, de un proyecto específico que debe realizarse siguiendo el plan previamente establecido en el anteproyecto correspondiente, debidamente aprobado. Se deberá cumplir con todos los objetivos, requisitos, estatutos y procedimientos propios del contratista.

### 3. Diseño Metodológico

#### 3.1 Tipo de Investigación

Este estudio del proyecto se basa en un tipo de investigación cuantitativo y descriptivo

**3.1.1 Investigación según el propósito.** Aplicada porque en la práctica se lleva a cabo la teoría estudiada en este proyecto, resuelve necesidades de la planificación en donde lleva a mejorar el proyecto en cuanto a la gestión y control.

**3.1.2 Investigación según el nivel.** Metodología descriptiva en esta etapa del trabajo investigativo se realizó una organización de los resultados de aquellas observaciones generadas, sus características y procesos que se fundamentan en las teorías investigadas. Esta investigación se fundamenta en los análisis y todas las pruebas que se pueden realizar en la metodología del proyecto para evaluar la estimación de los resultados obtenidos.

#### 3.2 Población y Muestra

**3.2.1 Población.** La población en la cual se realiza este estudio son los proyectos de construcción de la ciudad de Cúcuta Norte de Santander, que se está ejecutando al momento de realizar el trabajo investigativo.

**3.2.2 Muestra.** La muestra elegida de acuerdo con un análisis en donde se busca a las empresas constructoras de la ciudad de Cúcuta permitir realizar este estudio, es un edificio de 4 pisos de uso institucional, en donde la empresa aceptó realizar la investigación, pero sin revelar datos del nombre de la constructora ni la ubicación.

### **3.3. Instrumentos para la Recolección de Información**

**3.3.1 Técnicas.** Para el desarrollo de este proyecto fue necesario utilizar herramientas como formatos, Microsoft Excel y Microsoft Project para realizar la planificación de la obra, calcular porcentajes de plan cumplido e identificar las causas de no cumplimiento.

**3.3.2 Instrumentos.** Para el desarrollo del proyecto fue necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

**Observación por parte de los investigadores.** Con el fin de analizar y obtener datos confiables, por lo tanto, es necesario que los investigadores supervisen diariamente las actividades ejecutadas en la obra.

**Reuniones semanales.** Con el fin de calcular los porcentajes de plan cumplido, las causas de no cumplimiento y los índices de mejora.

**Toma de información.** La toma de información diaria por medio de un formato de bitácora y trabajo semanal.

**3.3.3 Fuentes primarias.** Para recolectar los datos en campo fue necesario utilizar un formato de:

- Bitácora.
- Formato de registro de trabajo semanal y PAC.
- Formato de cálculo de causas de no cumplimiento y PAC.

**3.3.4 Fuentes secundarias.** Esta investigación se realizó haciendo seguimiento y control presencial durante la ejecución del proyecto para identificar cual es el porcentaje de avance que tienen las actividades

### **3.4 Técnicas de Análisis y Procedimientos de Datos**

Para la recolección de datos se utilizaron herramientas como formatos y software de Microsoft Project y Excel, el cual podemos analizar el cumplimiento de las actividades por medio de porcentajes de programación completadas (PPC).

### **3.5 Fases y Actividades del Proyecto**

**3.5.1 Objetivo 1. Fijar lineamientos basados en el último planificador, sus herramientas para la disminución de actividades no cumplidas en proyectos de edificaciones.** Los resultados del objetivo 1 se evidencian a continuación:

#### **Actividades:**

1. Se analizaron los beneficios de herramientas basadas en la filosofía Lean construction como el porcentaje de actividades completadas PAC, análisis de restricciones, causas de no cumplimiento, con el fin investigar si este es viable para la disminución de incumplimientos de actividades.
2. Se determinó cuál es la herramienta a utilizar para la medición de actividades cumplidas y porque esta es la escogida de acuerdo a un análisis bibliométrico realizado con scopus y Vosviewer.

**3.5.2 Objetivo 2. Establecer procesos prácticos en el cual se calculan porcentajes de cumplimiento de las actividades en ejecución del proyecto en estudio con el fin de mejorar continuamente y así terminar en el plazo de ejecución establecido inicialmente.** Los resultados del objetivo 2 se evidencian a continuación:

**Actividades:**

1. Cálculo de cumplimiento de actividades para analizar los porcentajes que se están ejecutando en el proyecto de construcción.
2. Realizar Formato de registro de trabajo semanal y PAC.

**Tabla 1. Formato de registro de trabajo semanal y PAC**

REGISTRO DE TRABAJO SEMANAL Y PAC										
OBRA	EDIFICIO INSTITUCIONAL		FECHA		SEMANA N°.					
ACTIVIDAD	RESPONSABLE	FECHAS		%CUMPLIMIENTO		1- LOGRADO/NO LOGRADO	CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO			
		INICIO	TÉRMINACIÓN	SOLICITADO	REAL		PROVEEDOR MATERIALES	QUIP. CUNTALES	TA MIAL	TIEMPO
<b>Total Logrado (suma de 1)</b>										
<b>PAC (suma de 1/número de actividades)</b>										

La ejecución de la planificación semanal comprende de una serie de reuniones que se realizarán cada 8 días en el lugar de la obra, de acuerdo al día que desee el personal de trabajo correspondiente a la planificación inicial y el control de la obra.

1. Formato de cálculo de causas de no cumplimiento y PAC.

**Tabla 2. Formato de cálculo de causas de no cumplimiento y PAC**

<b>Calcular Causas de no Cumplimiento y PAC</b>												
<b>Semana</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>...</b>	<b>Total Acumulado</b>
<b>Actividades Programadas</b>												
<b>Actividades Completadas</b>												
<b>PAC</b>												
<b>Pac Acumulado</b>												
<b>Causas de no Cumplimiento</b>												
<b>Proveedor</b>												
<b>Herramientas y Equipos</b>												
<b>Contratistas</b>												
<b>Mal Tiempo</b>												
<b>Pre-Requisito</b>												
<b>Diseños</b>												
<b>Otros</b>												

2. Análisis de la información obtenida.

**3.5.3. Objetivo 3. Identificar las causas de no cumplimiento que se genera en el proyecto de construcción para identificar cuáles son las que no permiten la ejecución de las actividades.** Los resultados del objetivo 3 se evidencian a continuación:

**Actividades:**

1. Se identificó cuáles son las causas de no cumplimiento de las actividades semanales con el fin de encontrar el por qué se está incumpliendo en caso de que pase.

## 4. Desarrollo del Proyecto

### 4.1 Objetivo 1. Fijar Lineamientos Basados en el Último Planificador, sus Herramientas para la Disminución de Actividades no Cumplidas en Proyectos de Edificaciones

#### Actividades:

1. Se analizaron los beneficios de herramientas basadas en la filosofía Lean construction como el porcentaje de actividades completadas PAC, análisis de restricciones, causas de no cumplimiento, con el fin investigar si este es viable para la disminución de incumplimientos de actividades.
2. Se determinó cuál es la herramienta a utilizar para la medición de actividades cumplidas y porque esta es la escogida de acuerdo a un análisis bibliométrico realizado con scopus y Vosviewer.

Inicialmente se realiza una investigación sobre las responsabilidades en la industria de la construcción y es que se encuentra un poco separada e indefinida, por lo tanto, esta no se enfoca en la calidad y genera inconvenientes pérdidas e imprevistos.

En la construcción se encuentran problemas severos, de acuerdo a Pons y Rubio en su libro del 2019.

Se estudio y analizó un proyecto en el cual se tomó información de la fase II del proyecto. Este consistía en la Construcción de estructura, mampostería e instalaciones eléctricas para un edificio de 4 pisos.

Se analizó por medio de supervisión diaria en campo y de acuerdo a la denominación en el libro de Juan Felipe Pons los siguientes problemas:

**Uso de métodos obsoletos para la planificación, control y gestión de la producción.** De acuerdo a lo observado en campo, se pudo descifrar que en el proyecto no se utilizan métodos de planificación, en este proyecto la planificación la realiza el encargado de la ejecución de la obra, pero de manera inadecuada. De acuerdo a la filosofía lean construction que ha traído resultados positivos importantes en el sector de la construcción con respecto a la planeación, el control de las pérdidas y de la ejecución de todo el proyecto, por medio de herramientas como %PAC, causas de no cumplimiento, análisis de las restricciones que ayuda a mitigar los imprevistos e inconvenientes presentados a la hora de ejecutar un proyecto de construcción. Por ende, en este caso la planeación se ha visto perjudicada y ha traído consigo una serie de imprevistos que atrasan la obra o interviene en el plazo del proyecto.

**Controles de calidad ineficaces que no garantizan la entrega de calidad a la primera.** El control de calidad es ineficaz debido a que se utilizan procedimientos que no funcionan, porque la información se toma una vez esta ejecutado las actividades del cronograma el cual nunca se realiza. De esta manera se puede entender que el proyecto no utiliza ninguna herramienta que beneficie o mejore la supervisión y control de las actividades porque estas no tienen una planeación adecuada inicialmente.

**Incumplimiento sistemático en los plazos de entrega.** Debido a la improvisación en la ejecución de las actividades el proyecto genera una cantidad de imprevistos ocasionando el incumplimiento en el plazo pactado de entrega del proyecto.

**Falta de coordinación y transparencia en las partes interesadas.** En este caso se pudo observar que los interesados del proyecto no tienen una comunicación adecuada para la organización de las actividades, en ocasiones solo una persona maneja el control de estas y según

la filosofía lean construction es importante que la planeación y control del proyecto se realice de manera colaborativa, es decir, en equipo para que todos los interesados se involucren en la ejecución del proyecto.

**Escasos o nulos controles en la productividad.** No se tienen controles de calidad y este aspecto es importante para verificar en que se está fallando o en que se puede fallar y poder evitar inconvenientes, buscando la mejora continúa.

**Sobrecostos.** Debido a la planificación imprevista de las actividades y a la supervisión de calidad de la mano de obra, el proyecto genera una cantidad de sobrecostos que se pueden evitar utilizando herramientas por ejemplo de lean construction que es lo que hoy en día está en auge.

**Retrabados.** En el proceso de improvisación y ejecución de las actividades, debido a la ausencia de planeación adecuada se generan unos reprocesos como por ejemplo en un caso que se observó donde los trabajadores tuvieron que realizar demolición de muros y adecuación de nuevos trazos en la tubería de un baño por la falla en el diseño del proyecto.

**Desperdicios.** En muchas ocasiones debido a la ausencia de una mejora en la planeación del proyecto se notó que se generaban desperdicios de materiales, se puede decir que la ausencia de control de estas actividades y la planeación del proyecto inicialmente genera una gran cantidad de sobrecostos, entre estos los desperdicios de materiales que a continuación se observan en las siguientes figuras:



**Figura 10. Desperdicio de concreto y tableros**



**Figura 11. Desperdicio de alambre para amarrar acero**

Por esta razón, debido a lo observado este proyecto se centra en controlar las actividades presentando la información por medio de formatos y gráficos que ayudan a mitigar la improvisación y tener más en cuenta este tipo de herramientas que ayudan a mejorar la calidad de la información para así tomar decisiones correctas y mejorar continuamente en la ejecución del proyecto, por medio de porcentaje de actividades completadas %PAC y causas de no cumplimiento.

En este caso es posible generar un impacto implementando estas herramientas de forma adecuada e ir innovando la toma de datos para obtener calidad de la información presentadas en este estudio.

De acuerdo a la filosofía Lean construction y teniendo en cuenta las siguientes herramientas como %PAC y causas de no cumplimiento es importante tener claro el objetivo y sus beneficios, es por eso que a continuación es necesario mostrar cada uno de estos:

Los beneficios esperados en la aplicación de estas herramientas son:

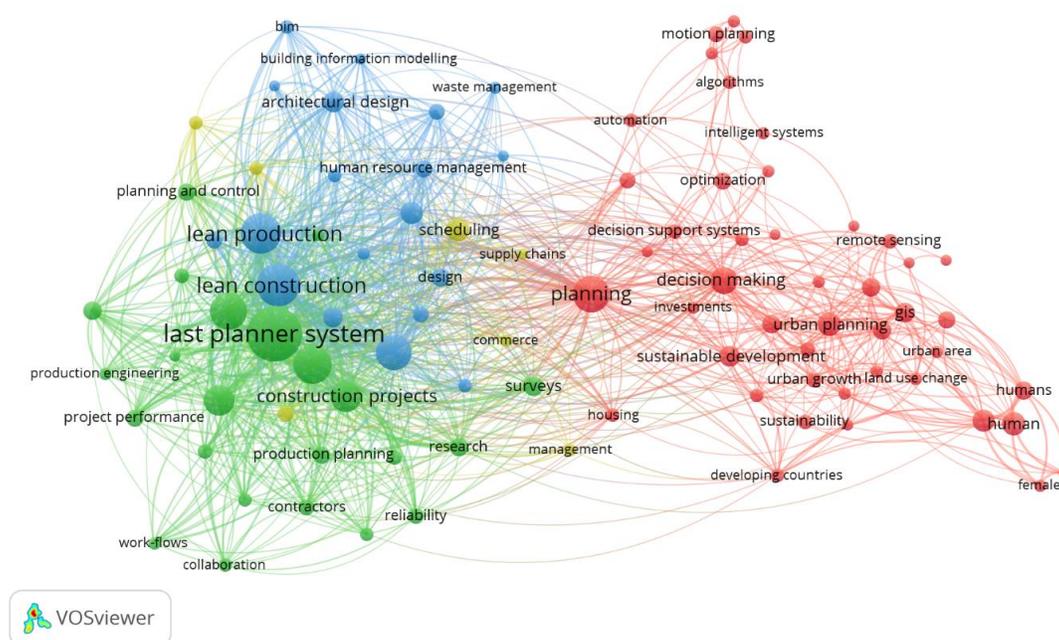
- Mayor beneficio y cumplimiento del presupuesto, se disminuyen los costos.
- Aumenta la productividad, la confianza y calidad, disminuyendo los tiempos de espera.
- Un ambiente de trabajo basado en la mejora continua y aprendizaje.
- Mayor comunicación con el equipo de trabajo, realizando un trabajo colaborativo.
- Mayor compromiso y colaboración entre los interesados.
- Oportunidad de identificar complicaciones de forma temprana realizando mejoras.

A continuación, por medio de un análisis bibliométrico se realizó una búsqueda en Scopus el 3 de noviembre de 2021 mediante la siguiente búsqueda: [Last planner system] vinculado a palabras claves utilizando el software Vosviewer y extrayendo un mapa en donde se visualiza el mayor contenido de las palabras claves arrojando mayor concentración en last planner system. Se realiza con esta palabra clave debido a que la herramienta %PAC y causas de no cumplimiento se utiliza mayormente en esta herramienta o método de planificación.

Inicialmente de la búsqueda se obtiene un resultado de 1.229 documentos. Con esta información documentada se realizó en primer momento un análisis descriptivo, se identifica los países con más vínculo con la herramienta, el año en el que más auge tiene el sistema, el área en donde más hay aplicaciones del tema y por último el resumen de autores que aplican, escriben e investigan sobre este tema.

A continuación, se realiza la exportación de los resultados sobre las palabras claves vinculadas al tema por medio de un mapa en donde se visualiza los resultados obtenidos asociados a la investigación sobre last planner system, en el cual se pueden observar 4 clusters por colores agrupándose en las diferentes relaciones de los conceptos y en los cuales se pueden observar las redes de citación. El tamaño de los puntos sumando a lo central y circular de estos y se visualiza los nexos que muestra un concepto con otro.

En la figura 12 se puede observar el mapa de palabras claves.

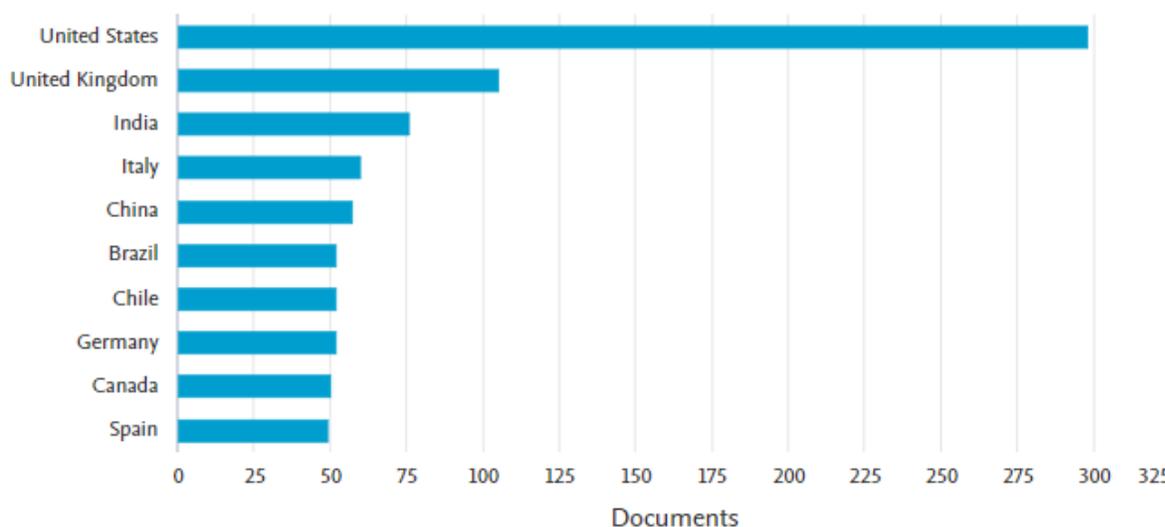


**Figura 12. Mapa de palabras claves**

En la siguiente figura 13 se observa los documentos publicados por países, en el cual se observa que tiene mayor auge en los Estado Unidos con un resultado de 298 documentos, el cual demuestra la aplicabilidad en un país que es una potencia en infraestructura y que tiene planes de invertir en 8 años 1,2 billones de dólares para vías, puentes, transporte, aeropuertos, etc.

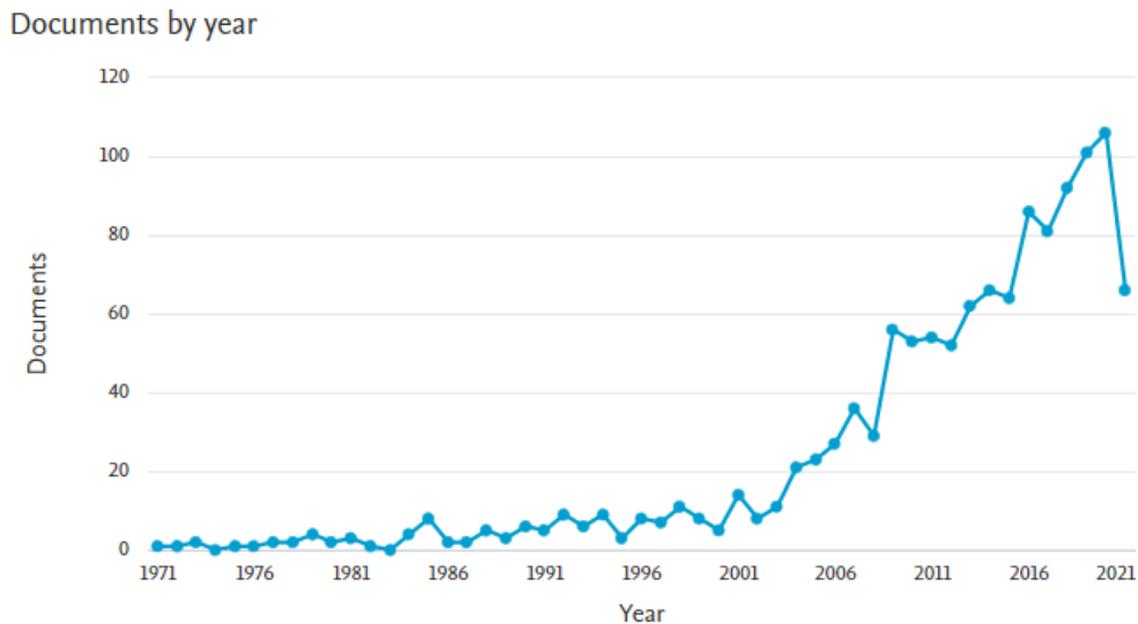
### Documents by country or territory

Compare the document counts for up to 15 countries/territories.



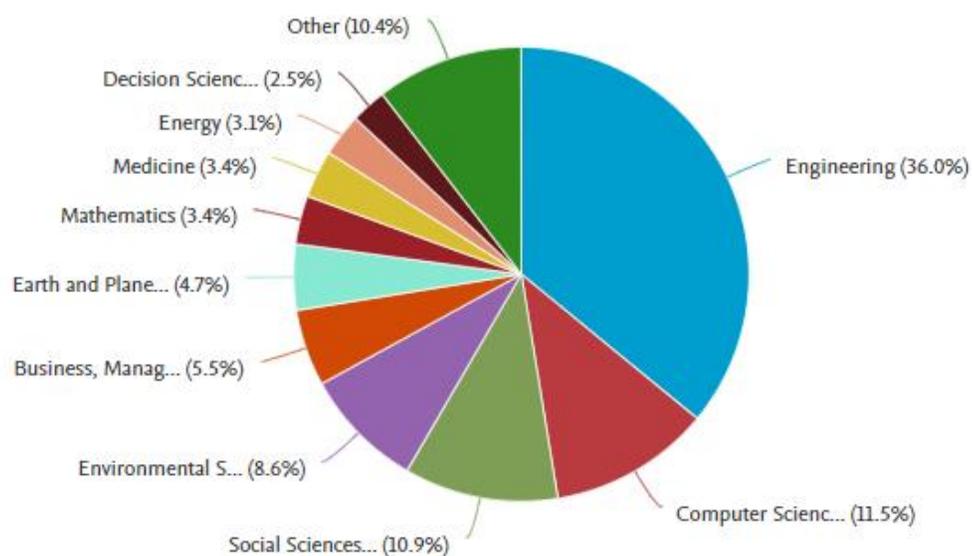
**Figura 13. Documentos por país y territorio**

En la siguiente figura 14 se observa el ascenso que ha llegado a tener esta herramienta basada en la filosofía Lean construction a través del tiempo, para el año 2020 llegó a publicarse 106 documentos y para el 2021 tuvo un descenso a 66 documentos publicados en Scopus.



**Figura 14. Documentos por año**

En la siguiente figura 15 se observa el área de aplicabilidad de la herramienta basada en la filosofía Lean construction y se puede visualizar que con un resultado del 36% esta aplicado a la ingeniería.

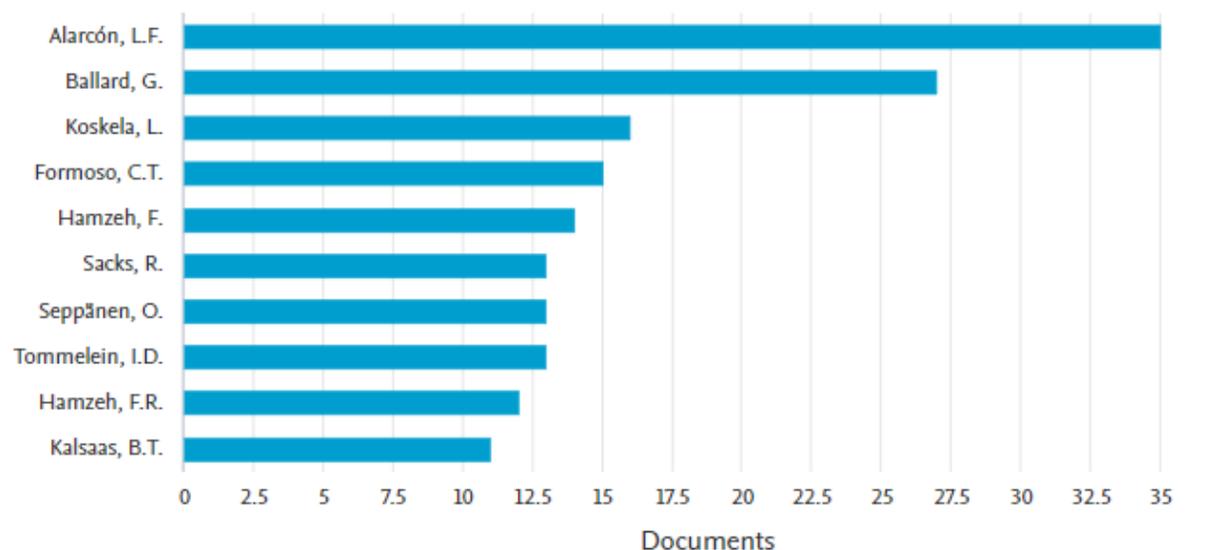


**Figura 15. Documentos publicados por área**

En la siguiente figura 16 se observa los resultados obtenidos por autor, en este caso Alarcón, L.F., Ballard, G y Koskela, L son los que mayores resultados obtuvieron con un 37, 25 y 16 documentos respectivamente y siendo estos autores y creadores de esta metodología que ha cambiado el mundo de la construcción en cuanto a la mejora en la planificación.

### Documents by author

Compare the document counts for up to 15 authors.



**Figura 16. Documentos encontrados por autor**

**4.2 Objetivo 2. Establecer Procesos Prácticos en el Cual se Calculan Porcentajes de Cumplimiento de las Actividades en Ejecución del Proyecto en Estudio con el fin de Mejorar Continuamente y así Terminar en el Plazo de Ejecución Establecido Inicialmente**

#### **Actividades:**

1. Cálculo de cumplimiento de actividades para analizar los porcentajes que se están ejecutando en el proyecto de construcción.

Inicialmente para poder realizar el cálculo de actividades para analizar los porcentajes que se están ejecutando en el proyecto de construcción, se realizó un diagrama de Gantt para realizar el cronograma del proyecto de acuerdo a las actividades que se ejecutaron en la fase 2, para analizar el porcentaje de actividades cumplidas por medio del formato de registro de trabajo semanal y PAC.

A continuación, se observa en la figura 17 el diagrama de Gantt de las actividades realizadas en la fase.

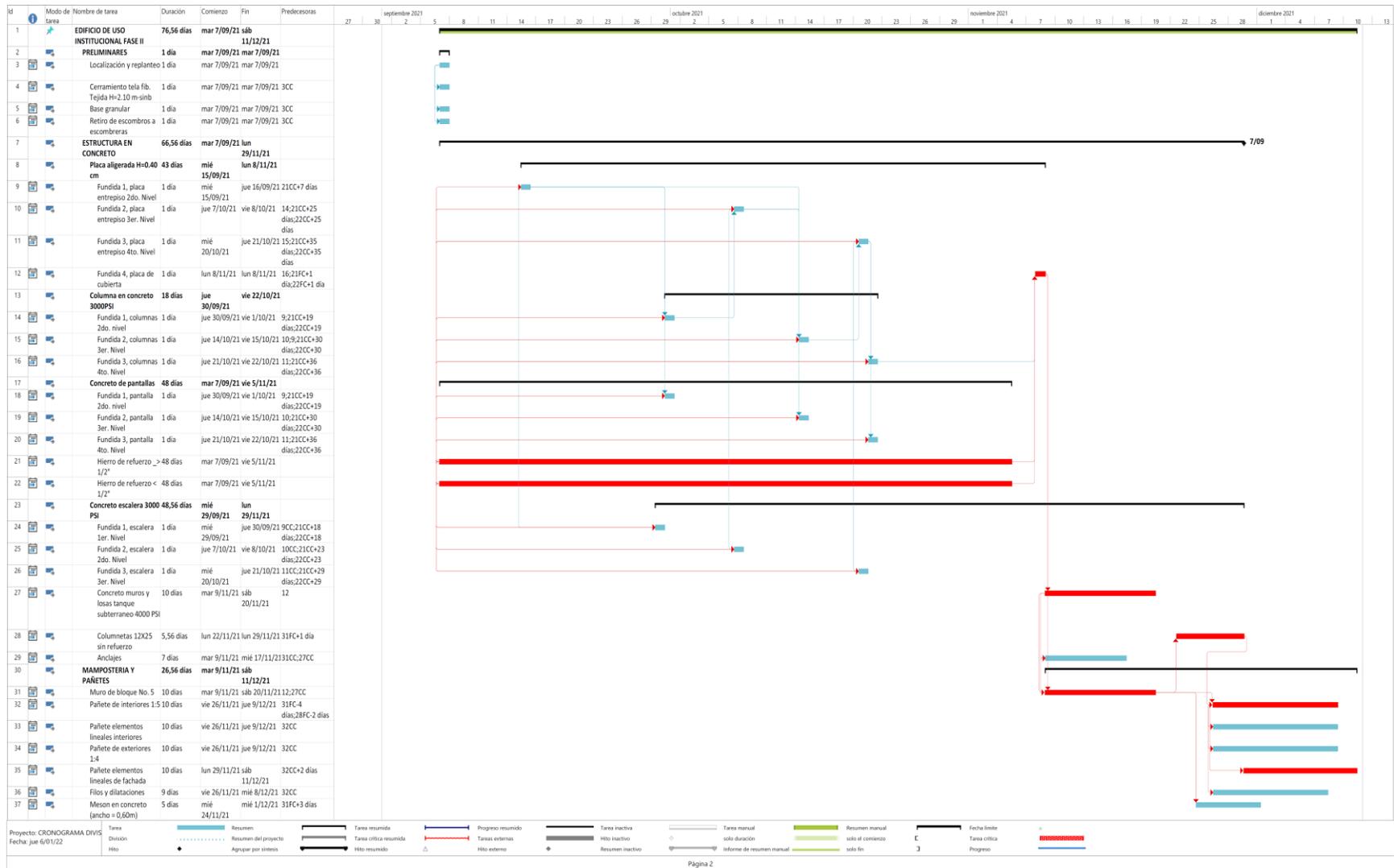


Figura 17. Diagrama de Gantt Fase II del proyecto

Como se puede observar en el diagrama de Gantt, se muestra la ruta crítica que es el acero de refuerzo, se puede visualizar en el diagrama de color rojo, el cual es importante resaltar que esta actividad debe estar previamente planificada debido a que si esta no se planea con tiempo atrasará el proyecto, incumpliendo con el plazo establecido.

En el diagrama se programaron actividades que ya estaban ejecutadas y las que aún no, sin embargo, se pudo realizar acorde a los tiempos tomados en bitácora diaria. Las actividades programadas en el diagrama de Gantt, están planeadas para terminarse en 4 meses.

La ejecución de la planificación semanal comprende de una serie de reuniones que se realizarán cada 8 días en el lugar de la obra, de acuerdo al día que desee el personal de trabajo correspondiente a la planificación inicial y el control de la obra.

## 2. Realizar Formato de registro de trabajo semanal y PAC.

A continuación, se realiza el formato de actividades en un periodo de tiempo de 12 semanas, con el fin de calcular el porcentaje de actividades cumplidas ejecutadas en el proyecto y revisar si está ejecutándose acorde al plazo o debe mejorar.

**Tabla 3. Formato diligenciado de registro de trabajo semanal y PAC 1**

1. REGISTRO DE TRABAJO SEMANAL Y PAC												
OBRA	EDIFICIO INSTITUCIONAL	FECHA	13-sep-21	SEMANA N° 1								
ACTIVIDAD	RESPONSABLE	FECHAS		%CUMPLIMIENTO		1- LOGRADO/NO LOGRADO	CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO					
		INICIO	TÉRMINACIÓN	SOLICITADO	REAL		PROVEEDOR	HARRAM./EQUIP	MATERIALES	MAL TIEMPO	PLANEACIÓN	MANO DE OBRA
Fundida placa entrepiso 1 y escalera	Marcos B.	13/09/2021	13/09/2021	100%	100%	1						
Desinstalación de formaleta de placa de entrepiso 1	Marcos B.	14/09/2021	14/09/2021	100%	100%	1						
Desinstalación de formaleta de escalera piso 1	Marcos B.	14/09/2021	14/09/2021	100%	100%	1						
Marcación de ejes	Marcos B.	14/09/2021	14/09/2021	100%	100%	1						
Corte, figurado y armado de acero de refuerzo de columnas 2do. Piso	Marcos B.	15/09/2021	18/09/2021	100%	70%	0	X					X
<b>Total logrado (suma de 1)</b>						4						
<b>PAC (suma de 1/número de actividades)</b>						80%						

Como se puede observar en la semana 1 se inició la actividad de fundida de placa de entrepiso 1 y de la escalera, el cual inició el 13 de septiembre, el cual es una actividad programada para el día 29 de septiembre, esto indica que la actividad está ejecutada antes de tiempo. Como se puede observar el porcentaje de la primera semana en que se calcula el %PAC dio como resultado 80% de ejecución de las actividades programadas, lo cual indica que la ejecución de la obra va adelantada.

Las causas de no cumplimiento de esta semana indica que no se realiza la actividad no ejecutada por causa de la herramienta, equipo y mano de obra, debido a que no se tenía las suficientes cortadoras y personal para realizar esta actividad a tiempo.



**Figura 18. Actividad importante de la semana – Fundida de placa entrepiso 1**

**Tabla 4. Formato diligenciado de registro de trabajo semanal y PAC 2**

1. REGISTRO DE TRABAJO SEMANAL Y PAC												
OBRA	EDIFICIO INSTITUCIONAL	FECHA	20-sep-21	SEMANA N°. 2								
ACTIVIDAD	RESPONSABLE	FECHAS		%CUMPLIMIENTO		1- LOGRADO/NO LOGRADO	CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO					
		INICIO	TÉRMINACIÓN	SOLICITADO	REAL		PROVEEDOR	HARRAM/EQUIP	MATERIALES	MAL TIEMPO	PLANEACIÓN	MANO DE OBRA
Corte, figurado y armado de acero de refuerzo de columnas 2do. Piso	Marcos B.	20/09/2021	23/09/2021	100%	100%	1						
Traslado de formaleta a placa	Marcos B.	21/09/2021	21/09/2021	100%	100%	1						
Instalación de formaleta de columnas	Marcos B.	21/09/2021	24/09/2021	100%	100%	1						
Fundida columnas 2do. Piso	Marcos B.	23/09/2021	23/09/2021	100%	100%	1						
Armado de mesa de placa entrepiso 2	Marcos B.	24/09/2021	24/09/2021	70%	40%	0		X				X
Desinstalación de formaleta de columnas	Marcos B.	-	-	100%	0%	0				X		
<b>Total logrado (suma de 1)</b>						4						
<b>PAC (suma de 1/número de actividades)</b>						67%						

En la segunda semana se calcula el porcentaje de actividades cumplidas el cual se pudo observar que la ejecución del proyecto disminuyó, debido al mal tiempo, a las herramientas y equipos y la mano de obra, de acuerdo al análisis de las causas de no cumplimiento observadas durante la supervisión diaria.

El cálculo del %PAC arroja que en esta semana se ejecutó el 67% de las actividades programadas, aunque en el diagrama de Gantt muestre que la fundida de columnas está a tiempo, hay algunas actividades como el armado de la mesa de la placa entrepiso 2 no se ejecutó lo esperado, debido a la ausencia de herramientas y mano de obra.

De 6 actividades programadas en la semana se realizaron 4 al 100%, aunque el porcentaje presentado no es tan bajo, este sí presenta una amenaza para la ejecución del proyecto, porque si este sigue disminuyendo perjudica el plazo de entrega.



**Figura 19. Actividad importante de la semana – fundida de columnas de 2do piso**

**Tabla 5. Formato diligenciado de registro de trabajo semanal y PAC 3**

1. REGISTRO DE TRABAJO SEMANAL Y PAC												
OBRA	EDIFICIO INSTITUCIONAL	FECHA		27/09/2021	SEMANA N° 3							
ACTIVIDAD	RESPONSABLE	FECHAS		%CUMPLIMIENTO		1- LOGRADO/NO LOGRADO	CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO					
		INICIO	TÉRMINACIÓN	SOLICITADO	REAL		PROVEEDOR	HARRAM./EQUIP	MATERIALES	MAL TIEMPO	PLANEACIÓN	MANO DE OBRA
Figurado y armado de acero de refuerzo de ascensor 2do. Piso	Marcos B.	27/09/2021	2/10/2021	60%	60%	1						
Instalación de formaleta de columnas pantalla de ascensor	Marcos B.	28/09/2021	1/10/2021	60%	35%	0						
Fundida de columnas pantalla de ascensor 2do. Piso	Marcos B.	-	-	100%	0%	0	X				X	
Armado de mesa de placa entrepiso 2	Marcos B.	27/09/2021	2/10/2021	60%	60%	1	X					X
Desinstalación de formaleta de columnas ascensor	Marcos B.	-	-	100%	0%	0						
Desinstalación y restauración de casetones de placa entrepiso 1	Marcos B.	-	-	100%	100%	1		X				
<b>Total logrado (suma de 1)</b>						<b>3</b>						
<b>PAC (suma de 1/número de actividades)</b>						<b>50%</b>						

En la semana 3 se observó que el %PAC disminuyó a un 50% lo cual es preocupante debido a que ha empezado a disminuir y puede afectar otras actividades importantes del proyecto, afectando el plazo de entrega.

De las 6 actividades programadas en la semana se cumplieron 3. Analizando las causas de no cumplimiento se observa que estas se incumplieron a razón de: falla de los proveedores, ausencia de herramientas y equipos, mejora en la planeación y falta de mano de obra.



**Figura 20. Actividad importante de la semana – figurado y armado de acero 2do piso**

**Tabla 6. Formato diligenciado de registro de trabajo semanal y PAC 4**

1. REGISTRO DE TRABAJO SEMANAL Y PAC												
OBRA	EDIFICIO INSTITUCIONAL	FECHA	4/10/2021	SEMANA N° 4								
ACTIVIDAD	RESPONSABLE	FECHAS		%CUMPLIMIENTO		1- LOGRADO/NO LOGRADO	CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO					
		INICIO	TÉRMINACIÓN	SOLICITADO	REAL		PROVEEDOR HARRAM./EQUIP	MATERIALES	MAL TIEMPO	PLANEACIÓN	MANO DE OBRA	OTROS
Fundida de columnas pantalla de ascensor 2do. Piso	Marcos B.	4/10/2021	4/10/2021	100%	100%	1						
Armado de mesa de placa entrepiso 2	Marcos B.	4/10/2021	9/10/2021	80%	70%	0				X	X	
Desinstalación de formaleta de columnas ascensor	Marcos B.	5/10/2021	5/10/2021	100%	100%	1						
Desinstalación y restauración de casetones de placa entrepiso 1	Marcos B.	4/10/2021	9/10/2021	80%	60%	0	X					
<b>Total logrado (suma de 1)</b>						<b>2</b>						
<b>PAC (suma de 1/número de actividades)</b>						<b>50%</b>						

En la semana 4 se pudo observar al realizar el cálculo de porcentaje de actividades cumplidas que se cumple la mitad de las actividades programadas con un 50%, lo cual indica que el proyecto desde que inició ha venido desmejorando, por lo tanto, se deben realizar estrategias que ayuden a mejorar la planeación del proyecto.

Al observar el trabajo en campo, se analizan las causas de no cumplimiento y arroja que el incumplimiento se debe a la ausencia de planeación, herramientas y equipos y la mano de obra.



**Figura 21. Actividad importante de la semana – fundida de las columnas pantalla ascensor**

**2do piso**

**Tabla 7. Formato diligenciado de trabajo semanal y PAC 5**

1. REGISTRO DE TRABAJO SEMANAL Y PAC													
OBRA	EDIFICIO INSTITUCIONAL	FECHA	11/10/2021	SEMANA N° 5		CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO							
ACTIVIDAD	RESPONSABLE	FECHAS		% CUMPLIMIENTO		1- LOGRADO/NO LOGRADO	PROVEEDOR	HARRAM./EQUIP	MATERIALES	MAL TIEMPO	PLANEACIÓN	MANO DE OBRA	OTROS
		INICIO	TÉRMINACIÓN	SOLICITADO	REAL								
Armado de mesa de placa entrepiso 2	Marcos B.	11/10/2021	16/10/2021	80%	50%	0	X						
Armado de acero de refuerzo de vigas de placa	Marcos B.	11/10/2021	16/10/2021	40%	10%	0		X		X	X		
Desinstalación y restauración de casetones de placa entrepiso 1	Marcos B.	13/10/2021	16/10/2021	100%	70%	0	X						
Armado de acero de escalera 2do. Piso	Marcos B.	14/10/2021	16/10/2021	100%	50%	0					X		
Corte de casetones	Marcos B.	15/10/2021	16/10/2021	50%	30%	0	X						
<b>Total logrado (suma de 1)</b>						0							
<b>PAC (suma de 1/número de actividades)</b>						0%							

En la semana 5 se pudo observar al realizar el cálculo de %PAC que no se completo ninguna actividad programada, para el proyecto este tipo de eventos son cruciales debido a que se dejan de ejecutar actividades importantes lo cual afecta el plazo del proyecto.

De 5 actividades programadas no se terminó ninguna. Y las causas de no cumplimiento arrojan que se debe a la ausencia de materiales, herramientas y equipos, planeación y mano de obra.

En este caso es importante tomar estrategias de mejora para la ejecución de las actividades y así poder cumplir con el plazo pactado inicialmente.



**Figura 22. Actividad importante de la semana – armado de acero de refuerzo**

**Tabla 8. Formato diligenciado de trabajo semanal y PAC 6**

1. REGISTRO DE TRABAJO SEMANAL Y PAC												
OBRA	EDIFICIO INSTITUCIONAL	FECHA	18/10/2021	SEMANA N°. 6								
ACTIVIDAD	RESPONSABLE	FECHAS		% CUMPLIMIENTO		1- LOGRADO/NO LOGRADO	CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO					
		INICIO	TÉRMINACIÓN	SOLICITADO	REAL		PROVEEDOR	HARRAM/EQUIP	MATERIALES	MAL TIEMPO	PLANEACIÓN	MANO DE OBRA
Armado de mesa de placa entrepiso 2	Marcos B.	18/10/2021	23/10/2021	80%	80%	1						
Desinstalación y restauración de casetones de placa entrepiso 1	Marcos B.	18/10/2021	23/10/2021	100%	100%	1						
Armado de acero de escalera 2do. Piso	Marcos B.	18/10/2021	23/10/2021	100%	80%	0	X					X
Corte de casetones	Marcos B.	19/10/2021	23/10/2021	100%	60%	0	X					
Armado de acero de refuerzo de vigas de placa entrepiso 2	Marcos B.	19/10/2021	23/10/2021	50%	50%	1						
<b>Total logrado (suma de 1)</b>						<b>3</b>						
<b>PAC (suma de 1/número de actividades)</b>						<b>60%</b>						

En la semana 6 se pudo adelantar gran parte de las actividades programadas, dando como resultado de cumplimiento del 60%, ejecutando 3 de 5 actividades programadas.

De acuerdo a las causas de no cumplimiento observadas se analizo que el incumplimiento se debe a la ausencia de herramientas y equipo y mano de obra.



**Figura 23. Actividad importante de la semana – armado de acero de refuerzo**

**Tabla 9. Formato diligenciado de trabajo semanal y PAC 7**

1. REGISTRO DE TRABAJO SEMANAL Y PAC												
OBRA	EDIFICIO INSTITUCIONAL	FECHA	25/10/2021	SEMANA N°. 7								
ACTIVIDAD	RESPONSABLE	FECHAS		% CUMPLIMIENTO		1- LOGRADO/NO LOGRADO	CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO					
		INICIO	TÉRMINACIÓN	SOLICITADO	REAL		PROVEEDOR	HARRAM./EQUIP	MATERIALES	MAL TIEMPO	PLANEACIÓN	MANO DE OBRA
Armado de mesa de placa entrepiso 2	Marcos B.	25/10/2021	30/10/2021	100%	100%	1						
Armado de acero de escalera 2do. Piso	Marcos B.	25/10/2021	30/10/2021	100%	100%	1						
Corte de casetones	Marcos B.	25/10/2021	30/10/2021	100%	100%	1						
Armado de acero de refuerzo de vigas de placa entrepiso 2	Marcos B.	25/10/2021	30/10/2021	100%	70%	0		X				X
Instalación de formaleta de escalera 2do. Piso	Marcos B.	29/10/2021	30/10/2021	100%	80%	0	X					
<b>Total logrado (suma de 1)</b>						3						
<b>PAC (suma de 1/número de actividades)</b>						60%						

Realizando el cálculo de porcentaje de actividades completadas se obtiene un resultado de 60% de actividades cumplidas, como se puede observar de 5 actividades programadas se ejecutaron completamente 3 actividades.

Observando las causas de ni cumplimiento se analizó que la razón es por el incumplimiento de entrega del proveedor, por la ausencia de herramientas y equipos y mano de obra.



**Figura 24. Actividad importante de la semana - armado de formaleta de escalera 2do.piso**

**Tabla 10. Formato diligenciado de trabajo semanal y PAC 8**

1. REGISTRO DE TRABAJO SEMANAL Y PAC												
OBRA	EDIFICIO INSTITUCIONAL	FECHA	2/11/2021	SEMANA N° 8								
ACTIVIDAD	RESPONSABLE	FECHAS		%CUMPLIMIENTO		1- LOGRADO/NO LOGRADO	CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO					
		INICIO	TÉRMINACIÓN	SOLICITADO	REAL		PROVEEDOR	HERRAM/ EQUIP	MATERIALES	MAL TIEMPO	PLANEACIÓN	MANO DE OBRA
Armado de acero de refuerzo de vigas de placa entrepiso 2	Marcos B.	2/11/2021	5/11/2021	100%	70%	0	X			X	X	
Instalacion de formaleta de escalera 2do. Piso	Marcos B.	2/11/2021	5/11/2021	100%	80%	0				X	X	
Instalación de malla electrosoldada	Marcos B.	5/11/2021	6/11/2021	100%	100%	1						
Instalación de tubería eléctrica	Marcos B.	5/11/2021	6/11/2021	100%	100%	1						
Fundida de placa entrepiso 2	Marcos B.	5/11/2021	6/11/2021	100%	100%	1						
Fundida de escalera 2do. Piso	Marcos B.	5/11/2021	6/11/2021	100%	0%	0	X			X		
<b>Total logrado (suma de 1)</b>						<b>3</b>						
<b>PAC (suma de 1/número de actividades)</b>						<b>50%</b>						

Realizando el cálculo de porcentaje de actividades completadas en la semana 8 se obtiene un resultado de 50% de actividades cumplidas, como se puede observar de 6 actividades programadas se ejecutaron completamente 3 actividades.

Observando las causas de no cumplimiento se analizó que la razón es por el incumplimiento de entrega del proveedor, por la ausencia de herramientas y equipos, planeación y mano de obra.



**Figura 25. Actividad importante de la semana -fundida de placa de entepiso 2**

**Tabla 11. Formato de trabajo semanal y PAC 9**

1. REGISTRO DE TRABAJO SEMANAL Y PAC												
OBRA	EDIFICIO INSTITUCIONAL	FECHA	8/11/2021	SEMANA N° 9								
ACTIVIDAD	RESPONSABLE	FECHAS		% CUMPLIMIENTO		1- LOGRADO/NO LOGRADO	CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO					
		INICIO	TÉRMINACIÓN	SOLICITADO	REAL		PROVEEDOR	HERRAM/ EQUIP	MATERIALES	MAL TIEMPO	PLANEACIÓN	MANO DE OBRA
Instalacion de formaleta de escalera 2do. Piso	Marcos B.	8/11/2021	8/11/2021	100%	100%	1						
Fundida de escalera 2do. Piso	Marcos B.	8/11/2021	8/11/2021	100%	100%	1						
Desinstalación de formaleta de placa entrepiso 2 y escalera 2do. Piso	Marcos B.	9/11/2021	9/11/2021	100%	100%	1						
Corte y figurado de acero de refuerzo de columnas 3er. Piso.	Marcos B.	9/11/2021	13/11/2021	100%	50%	0	X			X		
<b>Total logrado (suma de 1)</b>						3						
<b>PAC (suma de 1/número de actividades)</b>						75%						

Realizando el cálculo de porcentaje de actividades completadas en la semana 9 se obtiene un resultado de 75% de actividades cumplidas, como se puede observar de 4 actividades programadas se ejecutaron completamente 3 actividades.

Observando las causas de no cumplimiento se analizó que la razón es por el incumplimiento de entrega del proveedor y por mejora en la planeación.



**Figura 26. Actividad importante de la semana – fundida de escalera 2do piso**

Tabla 12. Formato de trabajo semanal y PAC 10

1. REGISTRO DE TRABAJO SEMANAL Y PAC												
OBRA	EDIFICIO INSTITUCIONAL	FECHA	15/11/2021	SEMANA N°. 10								
ACTIVIDAD	RESPONSABLE	FECHAS		% CUMPLIMIENTO		1- LOGRADO/NO LOGRADO	CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO					
		INICIO	TÉRMINACIÓN	SOLICITADO	REAL		PROVEEDOR	HARRAM/EQUIP	MATERIALES	MAL TIEMPO	PLANEACIÓN	MANO DE OBRA
Corte y figurado de acero de refuerzo columnas 3er. Piso	Marcos B.	15/11/2021	20/11/2021	100%	100%	1						
Armado de acero de refuerzo de columnas 3er. Piso.	Marcos B.	15/11/2021	20/11/2021	100%	100%	1						
Instalación de formaleta de columnas de 3er. Piso	Marcos B.	16/11/2021	20/11/2021	100%	50%	0	X					
<b>Total logrado (suma de 1)</b>						2						
<b>PAC (suma de 1/número de actividades)</b>						67%						

Realizando el cálculo de porcentaje de actividades completadas en la semana 10 se obtiene un resultado de 67% de actividades cumplidas, como se puede observar de 3 actividades programadas se ejecutaron completamente 2 actividades.

Observando las causas de no cumplimiento se analizó que la razón es por el incumplimiento de entrega del proveedor.



**Figura 27. Actividad importante de la semana - armado de acero de refuerzo de columnas  
3er piso**

**Tabla 13. Formato diligenciado de trabajo semanal y PAC 11**

1. REGISTRO DE TRABAJO SEMANAL Y PAC												
OBRA	EDIFICIO INSTITUCIONAL	FECHA	22/11/2021	SEMANA N°. 11								
ACTIVIDAD	RESPONSABLE	FECHAS		% CUMPLIMIENTO		1- LOGRADO/NO LOGRADO	CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO				OTROS	
		INICIO	TÉRMINACIÓN	SOLICITADO	REAL		PROVEEDOR	HARRAM/EQUIP	MATERIALES	MAL TIEMPO		PLANEACIÓN
Instalación de formaleta de columnas de 3er. Piso	Marcos B.	22/11/2021	22/11/2021	100%	100%	1						
Fundida de columnas de 3er. Piso	Marcos B.	23/11/2021	23/11/2021	100%	100%	1						
Desinstalación de formaleta de columnas 3er. Piso	Marcos B.	24/11/2021	24/11/2021	100%	100%	1						
Corte y figurado de acero de refuerzo de vigas placa entrepiso 3	Marcos B.	24/11/2021	27/11/2021	100%	100%	1						
Armado de mesa de placa entrepiso 3	Marcos B.	24/11/2021	27/11/2021	50%	40%	0	X	X	X	X		
<b>Total logrado (suma de 1)</b>						4						
<b>PAC (suma de 1/número de actividades)</b>						80%						

Realizando el cálculo de porcentaje de actividades completadas en la semana 11 se obtiene un resultado de 80% de actividades cumplidas, como se puede observar de 5 actividades programadas se ejecutaron completamente 4 actividades.

Observando las causas de no cumplimiento se analizó que la razón es por el incumplimiento de entrega del proveedor, falta de herramientas, mejora en la planeación y escasa mano de obra.



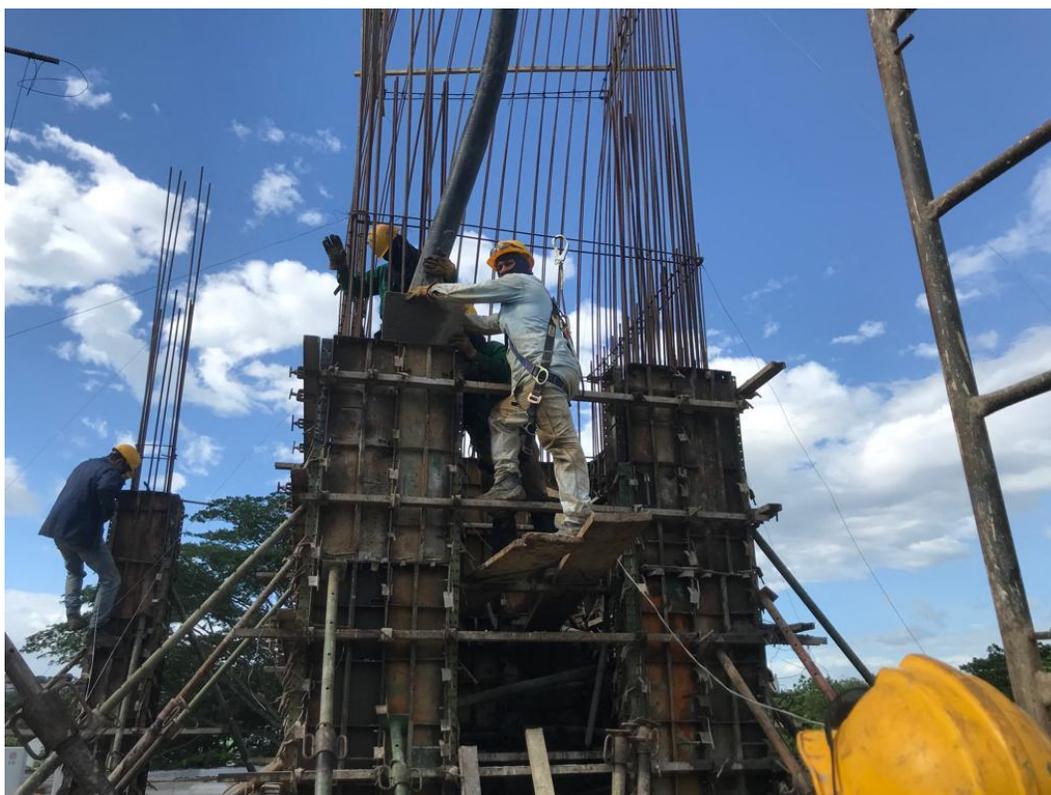
**Figura 28. Actividad importante de la semana – fundida de columnas 3er piso**

**Tabla 14. Formato diligenciado de trabajo semanal y PAC 12**

1. REGISTRO DE TRABAJO SEMANAL Y PAC												
OBRA	EDIFICIO INSTITUCIONAL	FECHA	29/11/2021	SEMANA N° 12								
ACTIVIDAD	RESPONSABLE	FECHAS		% CUMPLIMIENTO		1- LOGRADO/NO LOGRADO	CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO					OTROS
		INICIO	TÉRMINACIÓN	SOLICITADO	REAL		PROVEEDOR	HARRAM/EQUIP	MATERIALES	MAL TIEMPO	PLANEACIÓN	
Armado de acero de refuerzo placa entrepiso 3	Marcos B.	29/11/2021	4/12/2021	100%	90%	0	X	X	X	X		
Armado de mesa de placa entrepiso 3	Marcos B.	29/12/2021	4/12/2021	100%	100%	1						
Corte y figurado de acero de refuerzo de pantallas ascensor 3er. Piso	Marcos B.	29/11/2021	4/12/2021	100%	100%	1						
Armado de acero de refuerzo pantallas columnas ascensor 3er. piso	Marcos B.	29/12/2021	4/12/2021	100%	100%	1						
Fundida de columnas pantalla 3er. Piso ascensor	Marcos B.	4/12/2021	4/12/2021	100%	100%	1						
<b>Total logrado (suma de 1)</b>						<b>4</b>						
<b>PAC (suma de 1/número de actividades)</b>						<b>80%</b>						

Realizando el cálculo de porcentaje de actividades completadas en la semana 12 se obtiene un resultado de 80% de actividades cumplidas, como se puede observar de 5 actividades programadas se ejecutaron completamente 4 actividades.

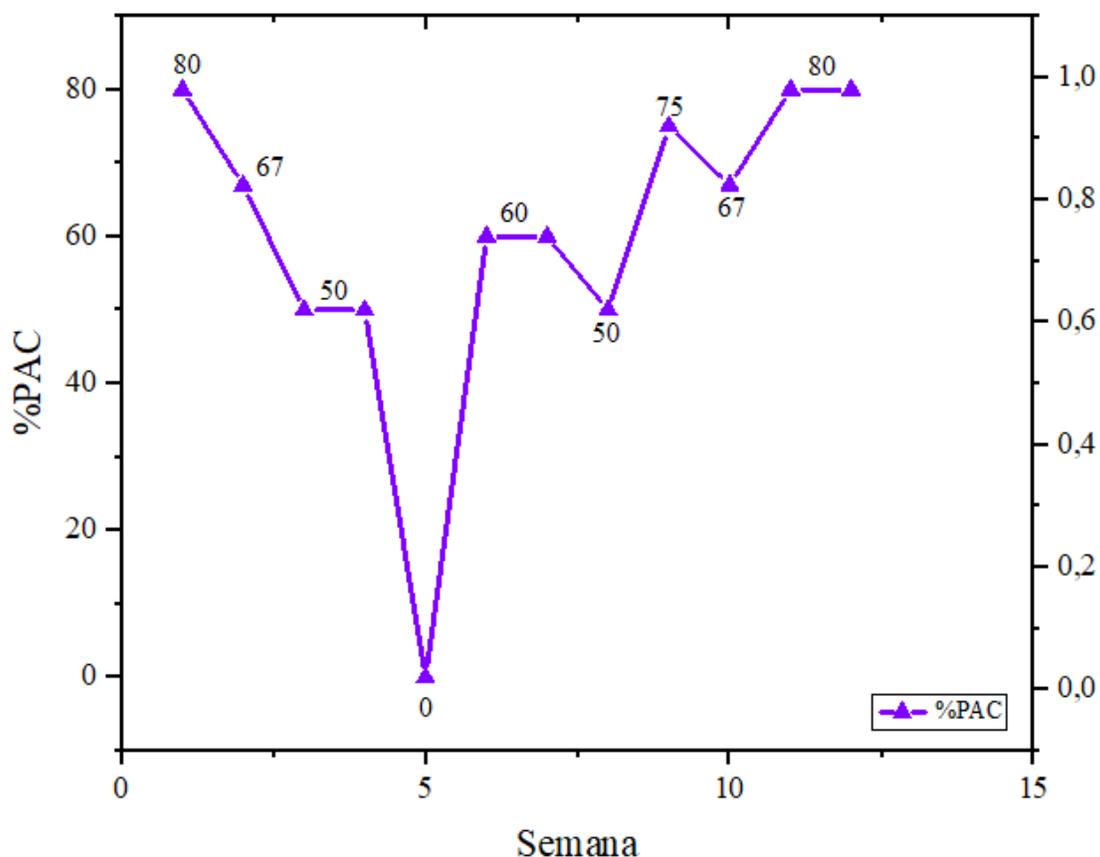
Observando las causas de no cumplimiento se analizó que la razón es por el incumplimiento de entrega del proveedor, falta de materiales, mejora en la planeación y escasa mano de obra.



**Figura 29. Actividad importante de la semana – fundida de columnas pantalla ascensor 3er, piso**

1. Análisis de la información obtenida.

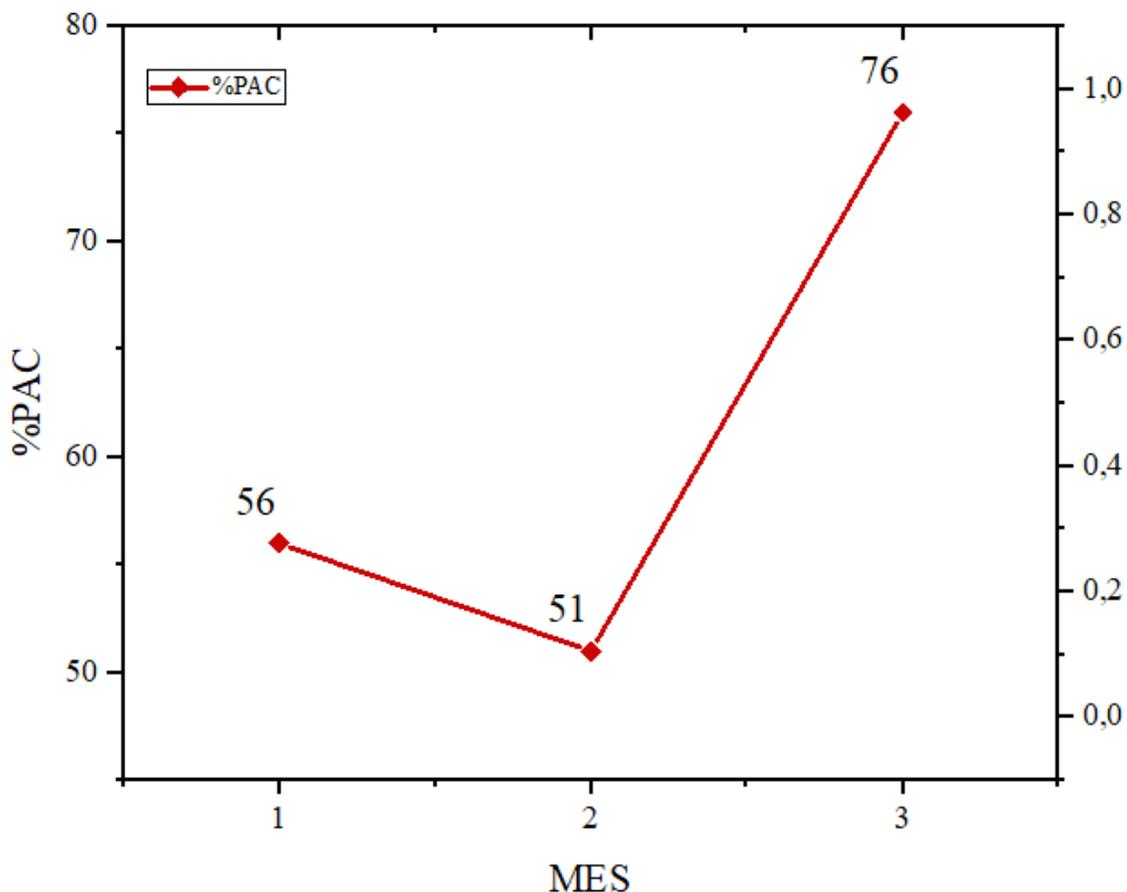
A continuación, en la siguiente figura 30 se observa el gráfico de actividades cumplidas semanalmente durante las 12 semanas estudiadas del proyecto.



**Figura 30. Porcentaje de actividades cumplidas de las 12 semanas estudiadas**

Como se puede observar en la gráfica, el proyecto tuvo un comienzo óptimo debido a que el cumplimiento de las actividades arrojaba 80 de 100%, pero al pasar el tiempo se fue disminuyendo debido a la ausencia de una mejor planeación, por la ausencia de mano de obra, de herramientas y equipos que no se encontraban en el momento en que se necesitaban lo cual atrasaban las actividades. Como se puede ver en la semana 5 no se cumplió en lo que se esperaba con las actividades, pero de ahí en adelante al llevar un control de cumplimiento se pudo contratar personal para la ejecución de las actividades lo cual fue mejorando el cumplimiento de las actividades de ahí en adelante llegando al final del estudio de la semana 12 con un 80% de PAC.

A continuación, en la siguiente figura se observa la gráfica de %PAC mes a mes:



**Figura 31. Cálculo de actividades cumplidas mensualmente**

Como se puede observar en la gráfica el primer mes tuvo un % PAC de 56%, el segundo mes del 51% y el tercer mes del 76%. Aunque 76% no es la meta para llegar a estar satisfecho con el trabajo realizado y que el proyecto no se atrase, este si mejoró los índices que mostraba cada uno de los meses estudiados.

El control de las actividades por medio de porcentajes de actividades cumplidas ayuda a buscar estrategias de mejora para avanzar en los proyectos y consigo trae una cantidad de herramientas que se pueden llevar en conjunto para buscar índices de mejora continua.

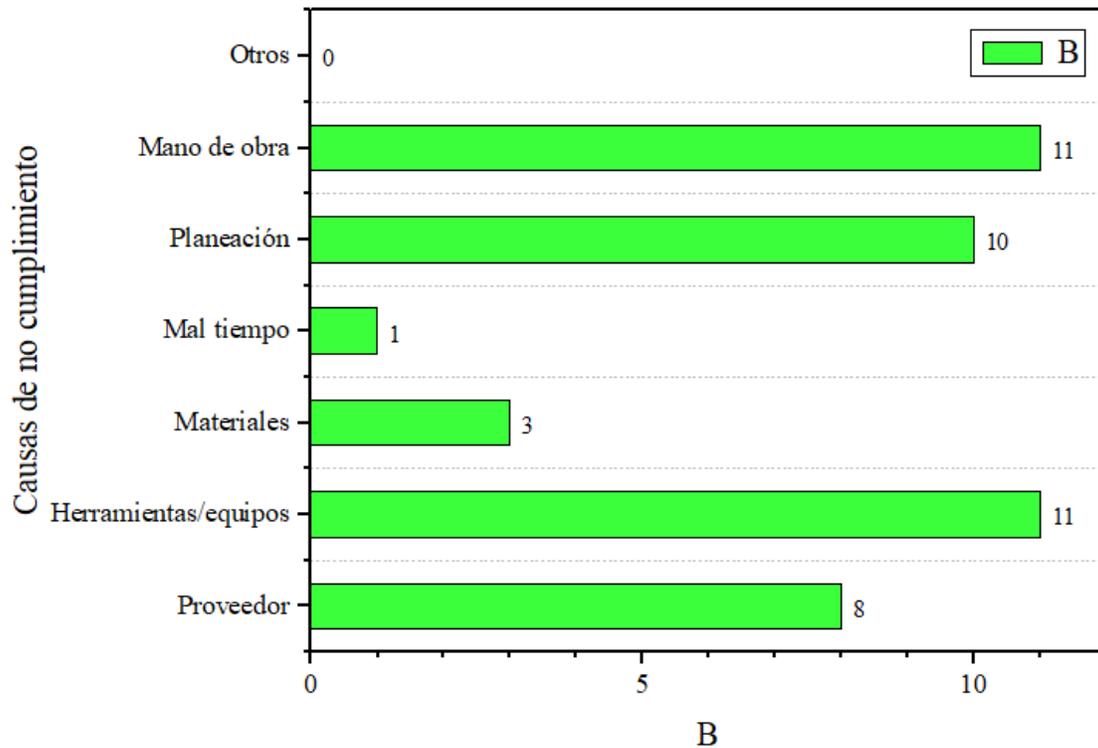
**4.3 Objetivo 3. Identificar las Causas de no Cumplimiento que se Genera en el Proyecto de Construcción para Identificar Cuáles son las que no Permiten la Ejecución de las Actividades**

**Actividades:**

Se identificó cuáles son las causas de no cumplimiento de las actividades semanales con el fin de encontrar el por qué se está incumpliendo en caso de que pase.



Como se puede ver en la tabla y la gráfica de la figura 32, las causas de cumplimiento más frecuentes son la ausencia de mano de obra, la falta de herramientas y equipos al momento de ejecutar las actividades y la ausencia de una planificación adecuada que sea eficaz y prevenga inconvenientes en el momento de ejecución del proyecto.



**Figura 32. Causas de no cumplimiento más comunes durante las semanas estudiadas**

## 5. Conclusiones

Se puede concluir de este análisis del objetivo 1, en cuanto a la aplicabilidad de la herramienta en la construcción que ha venido siendo un éxito para el mundo a través de los años, aunque se observó un descenso debido a la pandemia COVID – 19 el cual ha bajado su productividad.

En cuanto al mapa resultado obtenido del software VOSviewer se observó la importancia en los 4 clusters del tema debido a que son las palabras más utilizadas como plannig, last planner system, lean construction y scheduling, lo cual significa la planeación existente en la construcción por medio de los cronogramas y herramientas como el cálculo de %PAC y causas de no cumplimiento. La planeación colaborativa por medio de los niveles o fases de planificación aportando a una construcción sin pérdidas.

En cuanto al área de aplicabilidad se observó en la figura 15 con el mayor porcentaje en el área de la ingeniería.

Se ha podido analizar que mediante los estudios que se han realizado a través del tiempo y los resultados de productividad de la herramienta esta es un sistema que ha generado impacto a nivel mundial debido a la cantidad de estudios realizados y los resultados positivos en la industria de la construcción, sobre todo por el ascenso que ha tenido a través del tiempo después que Ballard, Koskela y Alarcón aplicaron esta herramienta y la transformaron de lean production a lean construction.

Por último, cabe resaltar del objetivo que en uno de los países potencia a nivel mundial como lo es Estados Unidos como muestra en la figura 13 se visualice que este sea el de mayor aplicabilidad, lo cual demuestra la confianza y fiabilidad del sistema.

En el objetivo 2 al realizar el cálculo de actividades cumplidas se observa en la gráfica de la figura 30, que el proyecto tuvo un comienzo óptimo debido a que el cumplimiento de las actividades arrojaba 80% de 100%, pero al pasar el tiempo se fue disminuyendo debido a la ausencia de una mejor planeación, por la ausencia de mano de obra, de herramientas y equipos que no se encontraban en el momento en que se necesitaban lo cual atrasaban las actividades.

Además, en la semana 5 no se cumplió en lo que se esperaba con las actividades llevando al fracaso total con un cumplimiento de 0% de las actividades, pero de ahí en adelante al llevar este control se pudo contratar personal para la ejecución de las actividades lo cual fue mejorando el cumplimiento de estas de ahí en adelante llegando al final del estudio de la semana 12 con un 80% de %PAC.

Por último, del objetivo 2 se puede observar en la gráfica de la figura 31 que el primer mes tuvo un % PAC de 56%, el segundo mes del 51% y el tercer mes del 76%. Aunque 76% no es la meta para llegar a estar satisfecho con el trabajo realizado y que el proyecto no se atrase, este sí mejoró los índices que mostraba cada uno de los meses estudiados.

En general el control de las actividades por medio de porcentajes de actividades cumplidas ayuda a buscar estrategias de mejora para avanzar en los proyectos y consigo trae una cantidad de herramientas que se pueden llevar en conjunto para buscar índices de mejora continua.

En el objetivo 3 se pueden ver en la tabla 15 y la gráfica de la figura 32, las causas de cumplimiento más frecuentes son la ausencia de mano de obra, la falta de herramientas y equipos al momento de ejecutar las actividades y la ausencia de una planificación adecuada que sea eficaz y prevenga inconvenientes en el momento de ejecución del proyecto.

## 6. Recomendaciones

De acuerdo al análisis obtenido en los 3 objetivos realizados en este estudio se recomienda:

Realizar una planeación general intermedia y semanal antes de iniciar el proyecto para que los inconvenientes e imprevistos que se presenten durante la ejecución del proyecto disminuya o se pueda resolver rápidamente generando un impacto positivo en el proyecto. Esta planificación puede estar basada en la filosofía Lean Construction con la herramienta de last planner system o el Último planificador Enel cual se puede realizar una planificación colaborativa en donde los interesados del proyecto se reúnan y pongan de acuerdo para ejecutar debidamente las actividades, liberando restricciones y buscando estrategias de mejora continua.

Contratar mano de obra calificada de acuerdo al plazo de ejecución y actividades del proyecto, debido a que las causas de cumplimiento con más frecuencia fue la ausencia de mano de obra.

Para mejorar la ausencia de materiales y las herramientas y equipos en el momento en que se necesitan es importante que se tenga en cuenta la planeación como se menciona en el primer inciso.

Por último, teniendo en cuenta estas recomendaciones se tiene la certeza de que el cumplimiento de las actividades estará por encima del 80% y así no perjudicará el plazo de ejecución, los sobrecostos, los desperdicios entre otros.

## Referencias Bibliográficas

- Aranguren, D., Quiroga, O., Solano, E. & Ortiz, C. (2018). *Evaluación de la aplicación de la metodología Last Planner en proyectos de interés prioritario utilizando herramientas informáticas*. Trabajo de grado. Universidad Católica de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Bueno, A. (2014). *Propuesta de mejora para disminuir el número de no cumplimientos de actividades programadas en proyectos de edificaciones basado en Last Planner System, para la Empresa A & Arq Contratistas y Consultores*. Tesis de grado. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima, Perú.
- Caballero, S. (2018). *Implementación de Last Planner System para mejorar el cumplimiento de plazos de ejecución en una obra pública de saneamiento por administración directa en el distrito de Santa Rosa de Quives, Canta-Lima en el periodo 2016-2017*. Tesis de grado. Universidad Privada del Norte. Lima, Perú.
- Cedano, S., Flores, A. & Mendoza, J. (2016). *Implementación del Last Planner en la construcción del Hospital Saposoa durante la ejecución*. Tesis de grado. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima, Perú.
- Cruz, C. (2019). *Guía básica para el control de obras en microempresas constructoras de la ciudad de Quito a través del cronograma valorado y curva de avance para el control en el desarrollo del proyecto*. Tesis de grado. Universidad de las Américas. Quito, Ecuador.
- Díaz, L., Oliveira, M. D., Pucharelli, P. & Pinzón, J. (2019). Integración entre el sistema last planner y el sistema de gestión de calidad aplicados en el sector de la construcción civil. *Revista Ingeniería de Construcción*, 34(2), 146-158.

- Fernández, D., Cárdenas, F. & Armiñana, E. (2011). La gestión de la obra desde la perspectiva del último planificador. *Revista de Obras Públicas*, 158(3), 1-518.
- Goldratt, E. & Cox, J. (2016). *The goal: a process of ongoing improvement*. Recuperado de: [https://www.defence.lk/upload/ebooks/The%20Goal%20-%20Eliyahu%20M.%20Goldratt%20\\_%20Jeff%20Cox.pdf](https://www.defence.lk/upload/ebooks/The%20Goal%20-%20Eliyahu%20M.%20Goldratt%20_%20Jeff%20Cox.pdf)
- Heigermoser, D., De Soto, G., Abbott, L. & Chua, K. (2019). BIM-based Last Planner System tool for improving construction project management. *Automation in Construction*, 4(104), 246-254. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580518305673>
- Hoyos, F. & Botero, F. (2018). Evolución e impacto mundial del Last Planner System: una revisión de la literatura. *Ingeniería y Desarrollo*. *Ingeniería y Desarrollo*, 36(1), 187–214.
- Huamán, L. & Sune, J. (2020). *Mejora de la planificación tradicional en procesos constructivos mediante la filosofía Lean Construction*. Tesis de grado. Universidad Ricardo Palma. Lima, Perú.
- Marin, A. (2021). *Implementación de Last Planner System en el proyecto Implementación de oficinas FPS, en la empresa Constructora Cleo SRL*. Tesis de grado. Universidad Privada del Norte. Lima, Perú.
- Martínez, D. (2019). *Mejoramiento de la planificación y control en las obras civiles con el método Last Planner System*. Tesis de grado. Universidad de Especialidades Espíritu Santo. Guayaquil, Ecuador.

- Mendoza, A. (2020). *Seguimiento de productividad y control de sellos de calidad a través del uso de los principios de la metodología lean construction en una obra en fase de construcción*. Tesis de grado. Universidad Pontificia Bolivariana. Bucaramanga, Colombia.
- Moyano, K. & Ventura, J. (2019). *Evaluación de la aplicación del Last Planner System en la construcción de edificios multifamiliares, en Trujillo, la Libertad*. Tesis de grado. Universidad Privada Antenor Orrego - UPAO. Trujillo, Perú.
- Pinedo, D. & Elespuru, V. (2019). *Aplicación de la filosofía Lean Construction a obras de edificaciones en la ciudad de Tarapoto, provincia de San Martín, Departamento de San Martín–2019*. Tesis de grado. Universidad Científica del Perú. Tarapoto-San Martín, Perú.
- Pirca, G. & Pirca, J. (2019). *Aplicación del sistema Last Planner System en el proceso de planificación de la obra: " dirección regional de educación de Huancavelica"*. Tesis de grado. Universidad Nacional de Huancavelica. Huancavelica, Perú.
- Pons, J. & Rubio, I. (2019). *Lean Construction y la planificación colaborativa metodología del Last Planner System*, Valladolid: Consejo general de la Arquitectura técnica de España.
- Portafolio Internacional. (2021). *¿En qué infraestructuras invertirá EE. UU. 1,2 billones de dólares?* Recuperado de: <https://acortar.link/8zz8jP>
- Quispe, E. & Machaca, Y. (2020). *Evaluación de la productividad de Last Planner para la construcción de obras civiles*. Tesis de grado. Universidad Nacional de Piura. Piura, Perú.
- Rojas, L. (2019). *Evaluación de productividad de mano de obra en construcción de edificio el Chotanito utilizando el sistema Last Planner Jaén Cajamarca 2017*. Tesis de grado. Universidad Cesar Vallejo. Chiclayo, Perú.

Sánchez, J. & Herrera, O. (2015). *Análisis de restricciones y productividad utilizando el sistema last planner para mejorar el flujo de trabajo en el túnel de presión en la central hidroeléctrica*. Tesis de grado. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima, Perú.

Universidad de Jaen. 2021). *Scopus*. Recuperado de: <https://acortar.link/Lwlew4>

Vargas, K. (2020). *Supervisión y seguimiento a las actividades de acabados y estructura siguiendo la programación de obra del proyecto residencial Smart Clarisas*. Tesis de grado. Universidad Pontificia Bolivariana. Bucaramanga, Colombia.