



UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL

DEPARTAMENTO DE FORMACIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN GESTIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN

TRABAJO DE TITULACIÓN

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAGÍSTER EN INGENIERÍA CIVIL,
MENCIÓN GESTIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN**

TEMA

**IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN CONSTRUCTION (LPS PLAN MAESTRO –
LPDS EJECUCIÓN INTEGRADA DE PROYECTOS) EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS PARA LA
CONSTRUCCIÓN DE OBRAS MUNICIPALES COMO LA REGENERACIÓN URBANA EN LA
CIUDAD DE GUAYAQUIL.**

AUTOR:

ING. JOEL CONSUEGRA SILVA

TUTOR:

MG. JORGE ENRIQUE TORRES RODRÍGUEZ

GUAYAQUIL-ECUADOR

2024



REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TÍTULO Y SUBTÍTULO: IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN CONSTRUCTION (LPS PLAN MAESTRO – LPDS EJECUCIÓN INTEGRADA DE PROYECTOS) EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS MUNICIPALES COMO LA REGENERACIÓN URBANA EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL.

AUTOR/ES: JOEL ANDRES CONSUEGRA SILVA	REVISORES O TUTORES: MG. JORGE ENRIQUE TORRES RODRÍGUEZ
INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD LAICA VICENTEROCAFUERTE DE GUAYAQUIL	GRADO OBTENIDO: MAGÍSTER EN INGENIERÍA CIVIL, MENCIÓN GESTIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN
POSGRADO MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN GESTIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN	CARRERA: Ingeniería Civil
FECHA DE PUBLICACIÓN: 2024	N. DE PAGS: 107

ÁREAS TEMÁTICAS: ARQUITECTURA Y CONSTRUCCION

PALABRAS CLAVE: Lean Construction, gestión de proyecto, costo, obras públicas, desperdicio de material, transformación de flujos, optimización de recursos.

El sector de la construcción es la mayor fuente de empleo e inversión que puede tener un país, por tanto, la gestión del proyecto, el crecimiento y su productividad son temas necesarios que deben ser mejorados y renovados.

Su desarrollo da paso a nuevas tecnologías y también a nuevas bases teóricas, donde se pretenden ver a la producción en la construcción como un proceso de transformación de flujos, creando sistemas que permitan optimizar, reducir o eliminar los flujos para mejorar los tiempos de entrega del proyecto. (Porrás Díaz et al. 2014)

Por lo tanto, las entidades organizadoras de las obras públicas y los encargados de ejecutar las obras deben de hacer uso de estas nuevas teorías como Lean Construction

que nos obligan a rectificar la producción innecesaria, productos sobrantes, proceso que no son realmente necesarios, movimientos de personal y transporte de productos sin ningún propósito (Juan Felipe Pons Achell 2014)

En base a estas nuevas teorías se procede a comparar los resultados de una obra municipal como la regeneración urbana en la ciudad de guayaquil para determinar los parámetros más influyentes en el costo y desperdicio entre la aplicación de lean construcción vs la construcción y gestión de una obra de manera tradicional.

Debido a lo cual se compromete desarrollar este estudio para definir la optimización de recursos y tiempo en el proyecto.

N. DE REGISTRO (en base de datos):	N. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		
ADJUNTO PDF:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
CONTACTO CON AUTOR/ES: JOEL ANDRES CONSUEGRA SILVA	Teléfono:	E-mail: jconsuegras@ulvr.edu.ec
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	PhD. Eva Guerrero López Directora Departamento Posgrado Teléfono: 042596500 Ext. 170 E- E-mail: eguerrerol@ulvr.edu.ec Mg. Kleber Moscoso Riera Coordinador de Maestría Teléfono: 042596500 Ext. 170 E-mail: kmoscoso@ulvr.edu.ec	

DEDICATORIA

La presente Tesis para obtener la Maestría de Ingeniería Civil mención en Gestión en la Construcción, se la dedico a Dios y a mi familia, quienes me ayudan en cada situación y decisión, gracias por todo.

AGRADECIMIENTO

A Dios y a mi familia por darme la fuerza, sabiduría y paciencia necesaria que me ayudan a cumplir cada una de mis metas propuestas, son un pilar fundamental dentro de mi vida, a ellos les dedico y agradezco todos mis logros.

Mi gratitud y reconocimiento a los docentes de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil y al Msc. Jorge Enrique Torres Rodríguez docente Tutor, por su completa orientación y ayuda en la elaboración de este trabajo.

CONSUEGRA TORRES.pdf

INFORME DE ORIGINALIDAD

4%

INDICE DE SIMILITUD

3%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.ucp.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

2

Submitted to CONACYT

Trabajo del estudiante

<1%

3

Submitted to Universidad Panamericana

Trabajo del estudiante

<1%

4

Submitted to Universitat Politècnica de València

Trabajo del estudiante

<1%

5

riuma.uma.es

Fuente de Internet

<1%

6

myslide.es

Fuente de Internet

<1%

7

Submitted to Universidad de Cartagena

Trabajo del estudiante

<1%

8

www.esan.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

9

www.coursehero.com

Fuente de Internet

20	repositoriotec.tec.ac.cr Fuente de Internet	<1 %
21	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1 %
22	blog.peoplenext.com.mx Fuente de Internet	<1 %
23	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
24	docshare.tips Fuente de Internet	<1 %
25	"BIM maturity and its relationships with lean and BIM uses performance", Pontificia Universidad Catolica de Chile, 2022 Publicación	<1 %
26	Submitted to Universidad Autónoma de Bucaramanga, UNAB Trabajo del estudiante	<1 %
27	"Evaluación y mejoramiento de los sistemas de producción en proyectos de construcción", Pontificia Universidad Catolica de Chile, 2013 Publicación	<1 %
28	logboekweer.nl Fuente de Internet	<1 %
29	prezi.com Fuente de Internet	<1 %

30

wiki2.org
Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas Activo

Excluir coincidencias < 20 words

Excluir bibliografía Activo



Firmado electrónicamente por:
JORGE ENRIQUE
TORRES RODRIGUEZ

Firma: _____

Mgtr. Jorge Enrique Torres Rodriguez

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Guayaquil, 04 de junio 2024

Yo, **ING. JOEL ANDRES CONSUEGRA SILVA**, declaro bajo juramento, que la autoría del presente trabajo me corresponde totalmente y me responsabilizo con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedo mis derechos de autor a la UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y normativa Institucional vigente.

Firma: _____

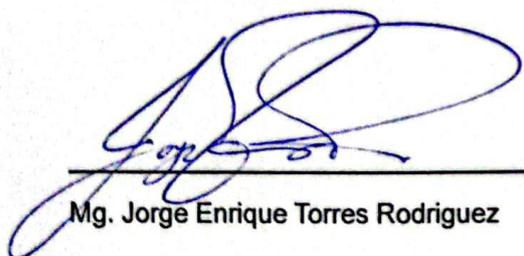


Ing. Joel Andrés Consuegra Silva

CERTIFICACION DEL TUTOR DE LA TESIS

Guayaquil, 04 de junio 2024

Certifico que el trabajo titulado "IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN CONSTRUCTION (LPS PLAN MAESTRO – LPDS EJECUCIÓN INTEGRADA DE PROYECTOS) EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS MUNICIPALES COMO LA REGENERACIÓN URBANA EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL", ha sido elaborado por el señor ING. JOEL ANDRÉS CONSUEGRA SILVA bajo mi tutoría, y que el mismo reúne los requisitos para ser defendido ante el tribunal examinador que se designe al efecto.



Mg. Jorge Enrique Torres Rodriguez

RESUMEN

El sector de la construcción es la mayor fuente de empleo e inversión que puede tener un país, por tanto, la gestión del proyecto, el crecimiento y su productividad son temas necesarios que deben ser mejorados y renovados.

Su desarrollo da paso a nuevas tecnologías y también a nuevas bases teóricas, donde se pretenden ver a la producción en la construcción como un proceso de transformación de flujos, creando sistemas que permitan optimizar, reducir o eliminar los flujos para mejorar los tiempos de entrega del proyecto.

Por lo tanto, las entidades organizadoras de las obras públicas y los encargados de ejecutar las obras deben de hacer uso de estas nuevas teorías como Lean Construction que nos obligan a rectificar la producción innecesaria, productos sobrantes, proceso que no son realmente necesarios, movimientos de personal y transporte de productos sin ningún propósito.

En base a estas nuevas teorías se procede a comparar los resultados de una obra municipal como la regeneración urbana en la ciudad de guayaquil para determinar los parámetros más influyentes en el costo y desperdicio entre la aplicación de lean construcción vs la construcción y gestión de una obra de manera tradicional.

Debido a lo cual se compromete desarrollar este estudio para definir la optimización de recursos y tiempo en el proyecto.

Palabras Claves: Lean Construction, gestión de proyecto, costo, obras públicas, desperdicio de material, transformación de flujos, optimización de recursos.

ABSTRACT

The construction sector is the largest source of employment and investment that a country can have, therefore, project management, growth and productivity are necessary issues that must be improved and renewed.

Its development gives way to new technologies and also to new theoretical bases, where it is intended to see production in construction as a process of transformation of flows, creating systems that allow optimizing, reducing or eliminating flows to improve project delivery times.

Therefore, the entities organizing public works and those in charge of executing the works must make use of these new theories such as Lean Construction that force us to rectify unnecessary production, surplus products, processes that are not really necessary, personnel movements and transportation of products without any purpose.

Based on these new theories, the results of a municipal work such as urban regeneration in the city of Guayaquil are compared to determine the most influential parameters in cost and waste between the application of lean construction vs. the construction and management of a work in a traditional way.

For this reason, the company is committed to developing this study to define the optimization of resources and time in the project.

INDICE GENERAL

1. CAPÍTULO 1: MARCO GENERAL DE INVESTIGACIÓN.....	1
Titulo	1
Planteamiento del problema	1
Formulación del problema.....	4
Sistematización del problema.....	4
Delimitación del Problema de investigación	4
Línea de investigación Institucional / Facultad	5
Objetivo General	5
Objetivos Específicos	5
Justificación del trabajo de titulación	6
Hipótesis.....	7
2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	8
Marco Teórico	8
2.1.1. Precedentes en la metodología de la Construcción	10
2.1.2. Desarrollo de Lean Construction con el tiempo.....	11
2.1.3. Last planner system en los proyectos.....	13
2.1.4. LPDS Ejecución integrada de proyectos.....	18
2.1.5. Proyectos de Regeneración Urbana	24
2.1.6. Planificación y Control de obra.....	27
2.1.7. Metodología Constructiva habitual	31
Marco Conceptual	32
2.2.1. Planificación de proyectos con Lean Construction	32
2.2.2. Control de proyectos con Last planner system	33
2.2.3. Gestión y ejecución integrada del proyecto (IPD)	35
Marco Legal	39

2.3.1.	Contratos	39
2.3.2.	Contratos colaborativos - NEC (New Engineering Contract).....	39
3.	CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	42
	Enfoque de la investigación	42
	Tipo de investigación	42
	Métodos de investigación.....	43
3.1.1.	Técnicas de investigación	44
	Población y Muestreo	44
	Análisis de interpretación y discusión de resultados.....	45
3.5.1.	Reducción de tiempo en proyectos	45
3.5.2.	Disminución de costo en obra.....	46
3.5.3.	Comparación de desperdicios	47
4.	CAPÍTULO 4: INFORME TÉCNICO	48
	Antecedentes	48
	Objetivos	50
	Justificación.....	50
	Descripción de la propuesta de solución	51
4.1.1.	Presupuesto referencial del proyecto.	51
4.1.2.	Sectorización	53
4.1.3.	Programación lineal	60
4.5.1.	Beneficiarios directos e indirectos	75
	CONCLUSIÓN	76
	RECOMENDACIONES	77
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
	ANEXOS.....	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1 - Sistema de Planificación y Control - ¿Ir/No ir? _____	15
Fuente: Ballard & Tommelein, (2020) _____	15
Figura. 2 - Lean Project Delivery System _____	21
Figura. 3 - Comparación del desperdicio y el valor añadido entre en la Construcción y la Fabricación, en Estados _____	32
Fuente: Umstot & Fauchier, (2017) _____	32
Figura. 4 - Modelo general de Planificación del Proyecto usando LPS _____	34
_____	34
Figura. 5 -Reglas de actividades programadas para cada nivel del sistema de programación _____	35
Figura. 6 - Curva de MacLeamy _____	36
Figura. 7 - Proceso Tradicional del Diseño _____	38
Figura. 8 - Proceso Integrado del Diseño _____	38
Figura. 10 - Enfoque tradicional vs. Enfoque Lean _____	46
Figura. 11 -Beneficios obtenidos con la implantación Lean en España. _____	47
Tabla 1 Tiempo productivo (TP). tiempo contributorio (TC) y tiempo no contributorio (TNC) _____	49
Tabla 2.- Lista de los rubros más relevantes para el tren de actividades de la Regeneración Urbana San Jorge _____	52
Figura. 12 -Vista en planta del tramo 1 hasta el tramo 3 de la Obra de Regeneración Urbana San Jorge _____	53
Figura. 13 -Vista en planta del tramo 1 hasta el tramo 6 sectorizado de la Obra de Regeneración Urbana San Jorge _____	53
Fuente: Fundación Guayaquil Siglo XXI, (2021) _____	55
Figura. 14 -Tren de actividades para las dos primeras semanas del proyecto. _____	61
Figura. 15 - Dimensionamiento de cuadrillas. _____	62
Figura. 16 -Control de rendimiento de la cuadrilla y análisis de pérdida/ganancia _	62
Figura. 17 -APU ofertado del rubro de demolición y desalojo con maquinaria de contrapiso de soportales y acera _____	63
Figura. 18 – Mano de obra corregida del rubro de demolición y desalojo con maquinaria de contrapiso de soportales y acera _____	64

Figura. 19 - APU con rendimiento de mano de obra propuesto real de demolición y desalojo con maquinaria de contrapiso de soportales y acera _____	65
Figura. 20 - APU con rendimiento de mano de obra acumulado usando las herramientas de lean construction de demolición y desalojo con maquinaria de contrapiso de soportales y acera _____	66
Figura. 21 - APU con rendimiento de mano de obra ofertado de Pavimento de Hormigón 4,5Mpa. (Incluye Corte, juntas). _____	68
Figura. 22 - APU con rendimiento de mano de obra adecuado para el Pavimento de Hormigón 4,5Mpa. (Incluye Corte, juntas). _____	70
Figura. 23 - APU con rendimiento de mano de obra adecuado para el Pavimento de Hormigón 4,5Mpa. (Incluye Corte, juntas). _____	71
Figura. 24 - APU con rendimiento de mano de obra acumulado usando la herramienta de Lean Construction para el Pavimento de Hormigón 4,5Mpa. (Incluye Corte, juntas). _____	72
Figura. 25 - Control de precio entre mano de obra y ejecutado de la semana 5 ____	73
Figura. 26 - Análisis de pérdida o ganancia de los rubros con mayor influencia en el proyecto _____	74
Figura. 27- Tren de actividades semanal del proyecto. _____	81
Figura. 28 - Dimensionamiento de cuadrillas rubro demolición de acera _____	82
Figura. 29 - Control de rendimiento de la cuadrilla y análisis de perdida/ganancia rubro demolición de acera _____	82
Figura. 30 - Dimensionamiento de cuadrillas rubro “demolición y desalojo de maquinaria con bordillo” _____	83
Figura. 31 - Control de rendimiento de la cuadrilla y análisis de perdida/ganancia rubro “demolición y desalojo de maquinaria con bordillo” _____	83
Figura. 32 -Dimensionamiento de cuadrillas’ rubro “rotura de pavimento rígido incluye corte” _____	84
Figura. 33 - Control de rendimiento de la cuadrilla y análisis de perdida/ganancia rubro “rotura de pavimento rígido incluye corte” _____	84
Figura. 34 - Dimensionamiento de cuadrillas rubro “desalojo de pavimento rígido” _____	85
Figura. 35 - Control de rendimiento de la cuadrilla y análisis de perdida/ganancia rubra “desalojo de pavimento rígido” _____	85
Figura. 36 -Dimensionamiento de cuadrillas rubro acero para cajas de calzadas ____	86

Figura. 37 - Control de rendimiento de la cuadrilla y análisis de pérdida/ganancia rubro acero para cajas de calzadas. _____	86
Figura. 38 - Dimensionamiento de cuadrillas rubro hormigón para cajas en calzadas _____	87
Figura. 39 - Control de rendimiento de la cuadrilla y análisis de pérdida/ganancia rubro hormigón para cajas en calzadas _____	87
Figura. 40 - Dimensionamiento de cuadrillas rubro hormigón para bordillo _____	88
Figura. 41 - Control de rendimiento de la cuadrilla y análisis de pérdida/ganancia rubro hormigón para bordillo _____	88
Figura. 42 - Dimensionamiento de cuadrillas rubro pavimento de hormigón _____	89
Figura. 43 - Control de rendimiento de la cuadrilla y análisis de pérdida/ganancia rubro pavimento de hormigón _____	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tiempo productivo (TP). tiempo contributorio (TC) y tiempo no contributorio (TNC) _____	49
Tabla 2.- Lista de los rubros más relevantes para el tren de actividades de la Regeneración Urbana San Jorge _____	52
Tabla 3 volúmenes de hormigón en bordillos desde el proyecto _____	55
Tabla 4 de volúmenes de base y sub base en bordillos desde el proyecto _____	56
Tabla 5 de tuberías que se usaron en el proyecto _____	56
Tabla 6 m3 de hormigón que se usaron en el proyecto _____	58
Tabla 7 m3 de relleno que se usaron en el proyecto _____	58
Tabla 8 m3 de sub base que se usaron en el proyecto _____	59
Tabla 9 m3 de asfalto que se usaron en el proyecto _____	59
Tabla 10 cantidades de m3 que se usaron en la acera del proyecto _____	59

1. CAPÍTULO 1: MARCO GENERAL DE INVESTIGACIÓN

Título

Implementación de la Metodología Lean Construction (LPS plan maestro – LPDS ejecución integrada de proyectos) en la Gestión de Proyectos para la Construcción de Obras Municipales como la Regeneración Urbana en la Ciudad de Guayaquil.

Planteamiento del problema

La construcción es un segmento importante dentro del eje económico de un país, por tanto, las micro y grandes constructoras del mundo, merecen la implementación de nuevos sistemas de gestión en los proyectos, debido a la gran incertidumbre dentro de la planificación y posibles cambios en la metodología de trabajo durante la ejecución de una obra que puede ocasionar pérdidas en su realización. Para Socconini, (2019) en toda empresa, existe una serie de insumos a los que se debe dar importancia, que se resume en seis grupos básicos de nominando las (6 M):

- Mano de obra- Es el personal contratado que necesita un entrenamiento adecuado.
- Materiales- Cuando los materiales vienen con defectos o no siguen las especificaciones.
- Métodos- Cuando la forma de hacer el trabajo es inconsistente porque no hay métodos estandarizados ni seguimiento para asegurar el trabajo.
- Maquinaria- Se refiere a todo tipo de equipos cuando no trabajan de forma óptima y generan retrasos.
- Medio ambiente- Cuando las condiciones climáticas son variables
- Mediciones- Cuando dentro del sistema de medición existentes variaciones por los instrumentos o las personas que realizan dichas mediciones, esto también implica al momento de realizar los cálculos, se debe tener una metodología diseñada para lograr un trabajo de calidad muy altos

Dentro de estos seis grupos existe un factor común y es el capital. Es visible que cuando existe un costo involucrado, en muchas empresas que llegan a tener problemas de liquidez, lo más ideal es “reducir” aquellos costos, y la manera más

adecuada es “ajustando” las 6 M, esto se puede efectuar despidiendo el personal, reduciendo la calidad de los materiales o la falta de mantenimiento en las maquinarias, entre otros.

Se ha verificado que los recortes a las 6 M tienen un impacto inmediato en el resultado del problema a corto plazo, pero no resuelven el problema a mediano y largo plazo, como son los desperdicios, y esto no ha sido resuelto con solo despedir personal; por el contrario, en ocasiones esto genera nuevos problemas.

Las causas de estos desperdicios radican generalmente en políticas y formas de pensar, impuestas en el pasado que no han sido revisadas, ni mucho menos mejoradas.

Como resultado de los desperdicios en los procesos, es común que se encuentren otro tipo de pérdidas, entre las pérdidas más usuales tenemos: pérdida de tiempo, pérdida en recursos y de oportunidades.

Cualquier tipo de desperdicio y esfuerzos adicionales afecta la implementación de un proyecto, además de afectar la productividad del mismo, en costos y tiempos.

En base a lo descrito, se necesita una buena gestión en el manejo y minimización de desperdicios, lean construction (LC) es un enfoque que se puede utilizar para lograr ese objetivo, esta metodología ayuda a determinar el indicador más dominante en producir el desperdicio y el porcentaje de retraso que puede llegar a alcanzar en el cronograma de obra.

Según, Allo y Bhaskara. (2022) en un estudio realizado mediante entrevistas, observaciones y demás, se determina que los materiales e indicadores más dominantes que causan desperdicio son: el acero de refuerzo además de las fallas con las que viene un material y la espera que se produce al reemplazar dicho material.

Las bases teóricas de las cuales están compuestas el Lean Construction es pretender ver a la construcción como un proceso de transformación, de flujo y generador de valor, el objetivo es crear buenos sistemas de producción que permitan eliminar, optimizar o reducir los flujos, para mejorar los tiempos de entrega

Para, Díaz et ál. (2014) LC no debe ser pensado como un modelo o sistema de trabajo en el cual solo se siguen pasos, sino como un pensamiento dirigido a la

creación de herramientas que generen valor a las actividades, con fases y etapas en los proyectos de construcción.

En las diferentes fases de los proyectos dentro de la construcción, la reducción de los tiempos de ejecución en las actividades de obra, el control del desperdicio de los materiales y la prevención de accidentes laborales, son propósitos que, al cumplirlos, adicionan al proyecto una mejor calidad, con un menor coste y plazos de entrega más cortos.

Como consecuencia de la eliminación de desperdicio y obtener una diferencia entre “lo que debería hacerse y lo que se puede hacer”. Glenn, Ballard y Greg Howell idearon una herramienta denominada Last Planner que en Latinoamérica se lo conoce como Sistema del Ultimo Planificador o Plan Maestro, con el objetivo de mejorar el proceso de planificación de obra proponiendo una renovación al concepto de la obra tradicional.

Para poder aplicar esta metodología de trabajo, se debe de considerar un conjunto de actividades que realmente pueden hacerse de una manera más específica, para controlar más de cerca los impedimentos que eviten la ejecución de estas en obra, de esta forma la probabilidad de que las actividades programadas se lleven a cabo será muy alta, y se evitan retrasos en la realización de los trabajos en obra.

Por otra parte, los indicadores de productividad en el sector de la construcción son muy bajos y tienen poca mejoría en las últimas décadas, de tal manera que al parecer se han naturalizado los sobrecostos y atrasos en los proyectos, como si es algo propio o característico del sector. La industria de la construcción ecuatoriana utiliza todavía los métodos tradicionales durante la planificación de los proyectos, creando una resistencia a los cambios y lentitud en adoptar avances tecnológicos.

Para alcanzar un proceso de mejora continua se debe de instaurar el método científico de proponer e implementar el cambio, medir y controlar los resultados, además de llevar a cabo las acciones correctoras, los cuales son una base primordial para los métodos innovadores en la planificación como es el caso de Lean Construction, que pertenece a la industria de la construcción 4.0, la cual es muy utilizada en otros países.

Para el desarrollo de los proyectos de ingeniería y construcción se requiere nuevos y otros procesos, con una visión diferente del negocio que conlleva un esfuerzo, un cambio cultural y de mentalidad, que no es fácil de asimilar en corto plazo de un proyecto y que, además, consiente el uso de nuevas herramientas, metodologías de trabajo que se deberá aprender y con las que deberán acostumbrarse a trabajar.

Formulación del problema

¿Cómo podemos minimizar los efectos del costo y sobretiempos implementando la metodología “Lean Construction” dentro de la gestión de construcción y planificación de un proyecto?

Sistematización del problema.

¿Cómo se puede anticipar a los factores que influyen en los sobretiempos y necesidades de un proyecto?

¿De qué forma se logra controlar la producción de obra en los proyectos de construcción?

¿Qué limitaciones debemos identificar para reducir las pérdidas de un proyecto y ejecutarlo de manera óptima generando un ambiente de trabajo de compromiso que gestione el mejoramiento continuo?

Delimitación del Problema de investigación

- Campo: Construcción
- Área: Metodologías Constructivas / Gestión en la Construcción
- Aspecto: Investigación descriptiva del proyecto
- Tema: Implementación de la metodología lean construction (LPS plan maestro – LPDS ejecución integrada de proyectos) en la gestión de proyectos para la construcción de obras municipales como la regeneración urbana en la ciudad de Guayaquil.
- Delimitación Espacial: Regeneración Urbana dentro de la ciudad de Guayaquil - Ecuador
- Delimitación Temporal: Obras dentro de la urbe con un periodo de aproximado de 6 meses

Línea de investigación Institucional / Facultad

- Planificación y Control en Obra.
- Presupuestos.
- Estructura Urbana.

Línea Institucional

- Territorio, medio ambiente y materiales

Línea de investigación de la de facultad Ingeniería de industria y construcción

- Territorio

Sublínea de investigación de la de facultad Ingeniería de industria y construcción

- Ordenamiento de suelo y urbanístico

Objetivo General

Integrar un proceso de análisis, planificación y adecuada ejecución en la gestión de los proyectos de construcción utilizando métodos “Lean Construction”, que permitan la reducción de costo y tiempo durante la ejecución de la obra.

Objetivos Específicos

- Estudiar las nuevas técnicas de construcción que ayudan a la anticipación y minimizan los efectos de aquellos factores de riesgo, que intervienen durante el tiempo de construcción, además de utilizar los principios de lean construction para la apropiada organización de los proyectos.
- Efectuar un real análisis de los rendimientos de la mano de obra, llevando a cabo un control de la producción en obra, del mismo modo evaluar el porcentaje de tiempo excedido durante la ejecución del proyecto para obtener una planificación verídica.

- Identificar la relación tiempo/costo que tiene un proyecto aplicando metodologías LC, reduciendo la probabilidad de pérdidas y obteniendo de esta forma beneficios que puedan lograr una mejor gestión constructiva con un ambiente de trabajo involucrado y comprometido en todo el proyecto.

Justificación del trabajo de titulación

El desacierto de la construcción tradicional es centrarse en las actividades del proyecto y no tener en cuenta el flujo de los recursos para lograr dichas actividades. La idea básica en la filosofía de LC, es que la construcción es un modelo de transformación-flujo-valor, por lo tanto, se tiene el objetivo de diseñar sistemas de producción para minimizar o eliminar el desperdicio de materiales y la excesiva producción de residuos, con el fin de generar la máxima cantidad de valor Díaz et ál., (2014)

Entre los problemas típicos del modelo constructivo tradicional que se mantiene hasta la actualidad es una escasa experiencia en los nuevos sistemas de gestión y planificación de obras. La falta de interés en la formación y capacitación en los trabajadores, la falta de coordinación entre los actores participantes en las diferentes etapas del proyecto origina una baja productividad comparada con otras industrias. Pons., (2014)

Las principales consecuencias de aquello son: ejecución de obras fuera de plazo contractual, sobrecostos, reclamos derivados de la escasa calidad técnica, incertidumbre y variabilidad con respecto a las condiciones iniciales del contrato.

Las razones históricas de esta disfuncionalidad son muchas, entre ellas, la multiplicidad de participantes con intereses en conflicto, una cultura organizacional incompatible entre los miembros del equipo de proyecto y el acceso limitado a la información oportuna, en el momento preciso. Así pues, el objetivo de todos los actores en la industria de la construcción debería ser una mejor, más rápida y eficaz gestión integral del proyecto, desde el diseño hasta su finalización. Una de las maneras más efectivas para aumentar la eficiencia en la construcción es mejorando el proceso de planificación y control.

El principal objetivo del proceso de gestión es reducir el efecto del riesgo y así mejorar la toma de decisiones, que incluye tanto la prevención de problemas potenciales como la detección temprana de problemas reales. Es importante planificar los procesos que siguen para asegurar que el nivel, el tipo y la visibilidad del riesgo son proporcionales a la importancia del proyecto y a la organización que lo maneja.

La organización del proyecto evalúa continuamente los riesgos, sus consecuencias, toma las medidas preventivas y adecuadas estrategias para el éxito de los proyectos, debido que los proyectos tienden a ser más complejos y la competencia cada vez más preparada. En la filosofía LC la planificación y el control son procesos complementarios y dinámicos, en donde la planificación define los criterios y crea las estrategias necesarias para alcanzar los objetivos del proyecto y el control se asegura de que cada evento se producirá después de la secuencia prevista. Díaz et ál, (2014)

Hipótesis

La aplicación de la metodología “Lean Construction” dentro de los proyectos, reduce significativamente los costos y tiempos en la ejecución de obra versus los métodos tradicionales.

Variable dependiente

Reducción de Costo y Tiempo de la obra.

Variable independiente

Metodologías de construcción “Lean Construction”.

2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Marco Teórico

Con el tiempo, las técnicas junto con los materiales de construcción han evolucionado, convirtiéndose en más sofisticados. El avance de nuevos materiales junto con las tecnologías ha permitido que la construcción tome un papel vital en el desarrollo y crecimiento de las sociedades, convirtiéndose en un componente esencial de la economía global. El sector de la construcción da un aporte cercano al 7% del Producto interior bruto (PIB), Polanco, (2019) por lo tanto, su crecimiento y su productividad es un tema de las principales asociaciones gremiales y profesionales.

Los proyectos han sido considerados como temporales sistemas de producción, que necesitan ser diseñados, planificados, producido y entregado dentro de un tiempo determinado.

Para Kotter, (1995) el objetivo básico para mejorar la dirección de un proyecto es realizar cambios fundamentales, en la forma en la que se llevan a cabo cualquier tipo de proyecto. Algunos de estos esfuerzos de cambio ya sean estos administrativos o de cualquier otro tipo han tenido mucho éxito, y de la misma manera algunos han sido fracasos absolutos.

Sin embargo, las lecciones que se pueden extraer de estos cambios son interesantes y probablemente serán relevantes para más organizaciones tener un entorno cada vez más competitivo. La enseñanza más general que se puede aprender de los casos más exitosos es que el proceso de cambio pasa por una serie de fases que, en total, por lo general requieren un período de tiempo considerable, saltarse estos pasos solo crea la ilusión de velocidad y nunca produce un resultado satisfactorio. Una segunda lección muy general es que los errores críticos en cualquiera de las fases pueden tener un impacto devastador, frenando el impulso y anulando los logros obtenidos con tanto esfuerzo. Una razón del fallo es tal vez porque se tiene poca experiencia en la renovación.

Está afirmado que los proyectos con alto índice de complejidad no pueden ser gestionados a través de las formas convencionales, debido que crean vínculos

complicados que involucran a múltiples personas, además de estar sujetos a extensos cambios en el diseño del proceso.

Un enfoque para mejorar este tipo de situaciones es utilizar una optimización en el proceso y método constructivo. Incluyendo un conjunto claro de proceso para la entrega de los proyectos, con el objetivo de maximizar el rendimiento del proyecto, sea en el diseño, construcción y la aplicación de control del mismo.

Los proyectos de construcción involucran diversos factores de riesgo, que tienen diversos impactos que puede llevar a un exceso de tiempo. Kotter, (1995) dispone de ocho factores críticos con los que toda organización debe lidiar para manejar un proceso de transformación. Entre los cuatro primeros pasos se tiene: establecer un sentido de urgencia, formar una coalición guía, crear una visión y comunicar la visión. Luego debe comenzar la implementación y el uso de la nueva metodología, herramientas y/o filosofía. Los siguientes cuatro pasos son fortalecer a otros para que actúen de acuerdo con la visión, planificar y crear victorias a corto plazo, consolidar mejoras y producir aún más cambios y, finalmente, institucionalizar nuevos enfoques.

Un proceso de implementación puede tomar varios años antes de que se instaure como nuevo modelo. Las organizaciones deben continuar con el arduo trabajo de transformación para no perder el impulso Kotter, (1995). Durante tal fase de transformación, podría ser preferible contratar o reubicar a personas dedicadas con experiencia para mejorar la progresión.

El nuevo estándar logrado después de los pasos anteriores debería estar establecidos en la organización, por lo cual se necesita enfocarse constantemente en una etapa futura. El interés por la metodología Lean en la construcción ha evolucionado a través de dos interpretaciones diferentes Koskela et ál, (2002). Una interpretación relaciona el uso de métodos de producción esbelta en la construcción, y la otra es lo que hoy se aborda como Lean Construction (“LC”). LC ha utilizado la teoría de la producción ajustada como base para evolucionar y convertirse en una metodología independiente basada en la teoría. Todavía hay algunos factores comunes en los que se centran los profesionales, que son eliminar el desperdicio, maximizar el valor para el cliente y buscar mejoras continuas.

2.1.1. Precedentes en la metodología de la Construcción

La revolución en el área de la construcción hace veinte años experimento una caída en la productividad, en comparación con otras revoluciones industriales, la generación de residuos, condiciones de seguridad inciertas y una alta variación durante su proceso constructivo fue una de las causales de la baja productividad.

Los insumos dentro del área de la construcción ocupan un lugar primordial, el desperdicio que se presenta, inconsciente o conscientemente, afecta de forma considerable el costo directo del proyecto, conocer los desperdicios nos permite tener un mayor beneficio para la empresa y un costo menor en la obra.

Aquellos insumos deben ser controlados desde la fase inicial del proyecto, si se lo realiza de esta manera el costo del proyecto será menor y por consiguiente el crecimiento del mismo tendrá un impacto mayor. La medición de los desperdicios de los materiales es considerada como un problema notable, los cuales tienen una gran relevancia en la gestión de los sistemas de producción, ya que es una forma de evaluar el desempeño de la obra. Allo y Bhaskara, (2022)

Generalmente, la estimación de las cantidades de los recursos para construir una obra se hace siguiendo una metodología antigua que determina las cantidades de recursos que se requieren por unidad de cada uno de los rubros en que se divide una obra para facilitar su análisis. Aunque esta es una metodología muy detallada y sistematizada, existen algunos factores que influyen sobre la precisión de los resultados, como son: la experiencia previa del personal que elabora la estimación y la ejecución de los procesos, la disponibilidad de bases de datos del análisis de costos específicos para las condiciones del lugar en que se va a ejecutar la obra, y las condiciones establecidas en la estimación con las condiciones reales de ejecución.

A través del análisis del costo de desperdicio de insumos se pretende saber el costo de los desperdicios en la construcción, pero desafortunadamente no es una forma precisa para conocer el costo de los desperdicios que se generan durante el proceso constructivo. Mandujano, (2010)

2.1.2. Desarrollo de Lean Construction con el tiempo

Durante el último siglo, la industria manufacturera ha realizado muchas mejoras en la gestión de factores clave como: la integración de tecnologías, sobrecostos, baja productividad y malas condiciones de salud y seguridad.

El concepto de lean en la fabricación se centra en desarrollar un eficiente proceso de producción a través de la facilitación de los flujos, la eliminación de desperdicios, actividades innecesarias y, en consecuencia, la eliminación de errores y reprocesos durante la ejecución.

La fabricación ha sido un punto de referencia y una fuente de innovación en la construcción durante muchas décadas, la idea de industrialización, integración informática y automatización provienen directamente de la fabricación, las cuales están por delante si realizamos una comparación con la construcción.

Por lo tanto, es probable que la implementación de las técnicas de gestión, así como de la nueva tecnología apropiada, sean dos estrategias innovadoras para mejorar la eficiencia de la industria de la construcción. Brioso & Fuentes Hurtado (2020)

El concepto “Lean” se puede describir mejor como un proceso de producción eficiente, la cual crea una combinación de conceptos tales como Just in Time (JIT), Total Quality Management (TQM), gestión de la cadena de suministro y otros, todo lo cual conlleva al origen hasta la famosa y conocida experiencia TOYOTA Koskela et ál, (2002) , donde nace la historia del concepto Lean y se remonta a principios de la década de 1940, cuando Ford usó diagramas de producción de flujo para los bombarderos y, de manera similar, los británicos lo usaron para la producción de Spitfire durante la Segunda Guerra Mundial.

Sin embargo, los conceptos lean pasaron a ser el centro de atención científicamente a través de la publicación del primer artículo académico publicado sobre Toyota Production Systems (TPS) en 1977 y el libro Toyota Productions systems en 1978 Holweg, (2007). Recientemente, las empresas constructoras han comenzado a experimentar la filosofía lean que se aplica desde hace muchos años en la industria del automóvil y que se ha convertido en un referente de excelencia

industrial en el sector manufacturero pero que aún es reciente en la industria de la construcción. Olav et ál, (2018)

Dentro de la filosofía de trabajo Ohno, (1991) clasifica 8 desperdicios que causan interrupciones en el flujo de la obra, los desperdicios son:

- **Sobreproducción**

Indica una producción excedida, es decir producir mayores cantidades de lo necesario o lo que se requiere, los claros ejemplos serian planos adicionales con detalles innecesarios o poco prácticos de entender, uso de equipamientos altamente sofisticado cuando sería suficiente un equipo más simple con la calidad esperada.

- **Esperas o tiempo de inactividad**

El tiempo de espera, las interrupciones del trabajo o el tiempo de inactividad causada por la falta de información, especificaciones, planos, materiales, equipos, u órdenes, esperar a que termine la actividad precedente, aprobaciones, resultados de laboratorio, financiación, personal, área de trabajo inaccesible, iteración entre varios especialistas, contradicciones en los documentos de diseño, retraso en el transporte o instalación de equipos, falta de coordinación entre las cuadrillas, escasez de equipos, repetición del trabajo debido a cambios en el diseño y revisiones, accidentes por falta de seguridad, son algunos motivos por los cuales se da el tiempo de inactividad.

- **Transporte innecesario**

Es aquel que está relacionado con el movimiento innecesario de los recursos internos como materiales, datos en la obra.

Por lo general, está relacionado con la mala distribución y la falta de planificación de los flujos de materiales e información. Sus principales consecuencias son: pérdida de horas de trabajo, pérdida de energía, pérdida de espacio en la obra y la posibilidad de pérdidas de material durante el transporte

- **Sobreprocesamiento**

Son procesos adicionales en la construcción, no necesarios o instalación de elementos que causan el uso excesivo de materia prima, equipos, energía, etc.

Monitorización y control adicional (inspecciones excesivas o inspecciones duplicadas).

- **Exceso de inventario**

Se refiere a los inventarios excesivos, innecesarios o antes de tiempo que conducen a pérdidas de material y tiempo (por deterioro, obsolescencias, pérdidas debidas a condiciones inadecuadas de stock en la obra, robo y vandalismo), personal adicional para gestionar ese exceso de material y costes financieros por la compra anticipada.

- **Movimientos innecesarios**

Se refiere a los movimientos innecesarios o ineficientes realizados por los trabajadores durante su trabajo. Esto puede ser causado por la utilización de equipo inadecuado, métodos de trabajo ineficaces, falta de estandarización o mal acondicionamiento del lugar de trabajo. Pérdida de tiempo y bajas laborales.

- **Defectos de calidad**

Errores en el diseño, mediciones y planos; desajuste entre planos de diseño y planos de estructura o instalaciones, uso de métodos de trabajo incorrectos, mano de obra poco cualificada. Las dos consecuencias principales de la mala calidad son: la repetición del trabajo y la insatisfacción del cliente.

- **Talento**

Se pierde tiempo, ideas, aptitudes, mejoras y se desperdician oportunidades de aprendizaje y de conseguir altos rendimientos por no motivar o escuchar a los empleados y por tener una mano de obra poco cualificada, poco formada, mal informada y con falta de estímulos y recursos para la mejora continua y la resolución de problemas. Pons, (2014)

2.1.3. Last planner system en los proyectos

Para dar una referencia del significado de last planner system debemos de usar una distinción entre “planificación”, que es el sentido de diseñar formas para lograr objetivos, y “control”, que se define como poner en práctica los planes para lograr que los objetivos se cumplan.

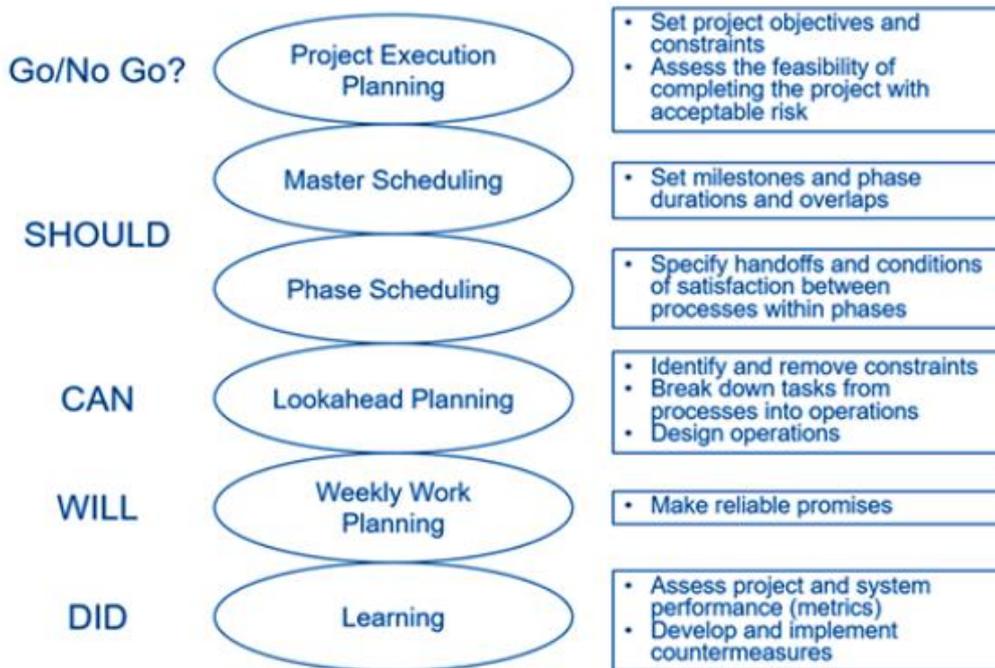
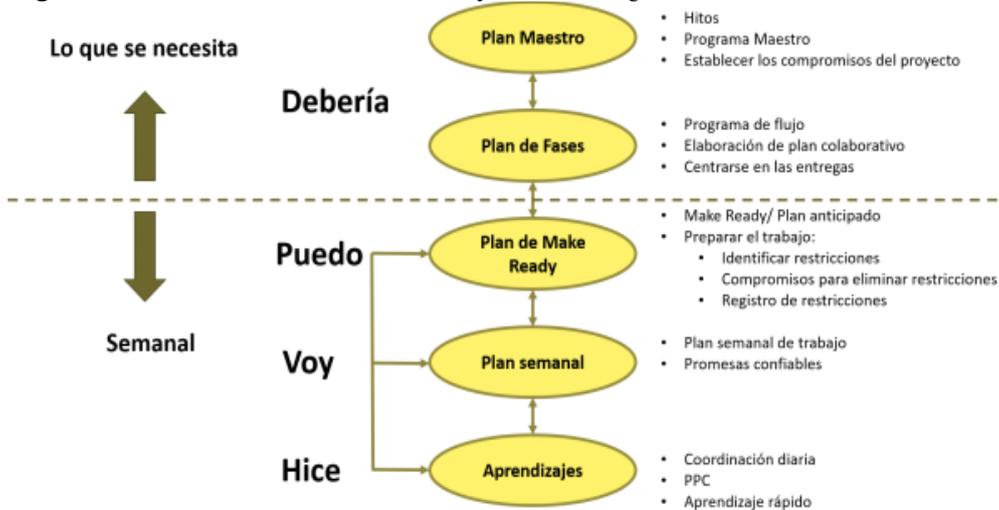
Last Planner System (LPS) fue creado, a principios de los años 1990, como un sistema de control para la producción de los proyectos, se pensaba que el control en la producción era una pieza fundamental que faltaba dentro de un conjunto de herramientas de gestión de proyectos y que de esta manera estaría completo.

El trabajo de los controles del proyecto es establecer costos y cronogramas, con objetivos alineados al alcance del proyecto, monitoreando el progreso hacia esos objetivos. Mientras la tarea de los controles de producción es orientarse hacia los objetivos ya establecidos; y hacer lo necesario para avanzar por el camino planeado, si esto se complicó, se debe encontrar una forma alternativa de alcanzar dichos objetivos. Brioso y Fuentes, (2020)

Ambos son necesarios, no puede existir un control de proyecto sin un control de producción, por lo tanto, cambia la forma inicial en la que veían un proyecto, encontrando fallas en la planificación tradicional cuando se establecían plazos y costos detallados. Esta nueva visión incitó a los cambios de añadir una planificación pull, la cual es utilizada para detallar cada desglose de tarea en un proyecto.

Los costos de los proyectos y los objetivos del cronograma no eran parte del LPS, pero se comienza a implementarlos dentro de los LSP cuando se descubre de una crítica falta de confiabilidad en los flujos de trabajo en los proyectos de construcción. Por esta razón el primer paso en su desarrollo fue mejorar la confiabilidad del flujo de trabajo, para aumentar el equilibrio entre lo que se dijo y lo que hará; es decir, a aprender a hacer lo que decimos que vamos a hacer.

Figura. 1 - Sistema de Planificación y Control - ¿Ir/No ir?



Fuente: Ballard & Tommelein, (2020)
 Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

Para poder demostrar el comportamiento que tiene LPS cuando se le adiciona los procesos de planificación anticipada junto con los costos del proyecto y los objetivos del cronograma (presupuestos y fechas de finalización), se realizó reuniones con supervisores de primera línea para producir planes de trabajo semanales, siguiendo la regla de incluir en los planes de trabajo solo tareas que estén bien definidas, desglosadas, con sucesiones y que se encuentre acorde a las

capacidades de la persona designada. Esto se consideró un éxito, debido que mejoró la productividad de la mano de obra, también se hizo evidente que la planificación se podría completar al 100%, las fechas programadas establecidas como finalización fueron bastantes reales o próximas, siempre y cuando las tareas sean preparan en secuencias y con ritmo correctos. Este proceso de planificación anticipada se agregó a LPS, teniendo un concepto claro: “lo que DEBE hacerse, PUEDE hacerse”

De esta forma, LPS puede definirse como un método de control de producción diseñado para integrar “lo que debería hacerse” – “lo que se puede hacer” – “lo que se hará” – “lo que se hizo realmente” de la planificación y asignación de tareas de un proyecto. Su objetivo es entregar flujo de trabajo fiable y aprendizaje rápido.

LPS es un sistema colaborativo y está basado en el compromiso. Al contar con un enfoque sobre el conjunto general de todo el proyecto, LPS crea un sistema que garantiza que cada semana la gente está cumpliendo sus compromisos del plan semanal; esta consistencia permite la eliminación del programa de relleno, planes de contingencia, exceso de inventarios y otras actividades que no añaden valor.

Una vez que se implementó la planificación anticipada, tanto el costo del proyecto como el desempeño del cronograma tuvieron una mejora, pero se hizo evidente que la planificación se podría hacer mejor. Con frecuencia se reconoce que, lo que DEBE hacerse de acuerdo con el cronograma del proyecto en muchas veces no se puede o no debe hacerse, para lograr mejorar los objetivos del proyecto, esto llevó a implementar en LPS una planificación detallada con hitos en la que se lo debe de implementar fase por fase en todos los desgloses de tareas. Ballard, (2018)

En la fase de construcción, por ejemplo, la reducción de los tiempos de ejecución en las actividades de obra, el control del desperdicio de los materiales y la prevención de accidentes laborales son objetivos que, si se logran cumplir, garantizan un desempeño óptimo del proyecto.

Basados en estos principios teóricos los investigadores Ballard y Howell, (2003) idearon una herramienta denominada Last Planner o como se conoce actualmente en Latinoamérica Sistema del Ultimo Planificador tiene el objetivo de mejorar el proceso de programación de obra proponiendo la renovación del concepto de

planificación de obra tradicional, en donde las actividades que serán planteadas se desarrollen con una perspectiva real de la obra, es decir saber si realmente esas actividades se las pueden ejecutar en situ. Lo que hace el SUP es considerar el conjunto de actividades que realmente pueden hacerse de una manera más específica para controlar más de cerca los impedimentos que eviten la ejecución de estas en obra, de esta forma la probabilidad de que las actividades programadas se lleven a cabo es muy alta y se evitan retrasos en la realización de los trabajos en obra.

El sistema de control de producción del último planificador tiene tres componentes:

- **Planificación anticipada**

La norma que rige en el análisis de las restricciones es que no se puede autorizar ninguna actividad a la fecha prevista a menos que todos los planificadores estén seguros de que las restricciones se pueden eliminar a tiempo. Siguiendo esta pauta se asegura el hecho de que los problemas saldrán a la superficie más pronto y aquellos que no puedan resolverse en la planificación no se impondrán en la ejecución del proyecto, ya sea a nivel de diseño, fabricación o construcción.

- **Compromiso con la planificación**

Los compromisos se miden con el Porcentaje del Plan Completado (PPC), un indicador clave que evalúa si el trabajo se completó según lo prometido o no. El PPC rinde cuentas sobre el rendimiento de la ejecución del proyecto, así como la identificación de lecciones de mejora y oportunidades de aprendizaje. Esas lecciones se utilizan para mejorar las prácticas de trabajo, procesos y sistemas. Los proyectos con LPS han demostrado una fiabilidad de planificación del 85%, que se compara con los proyectos tradicionales, donde es de alrededor del 50%.

El último planificador considera los criterios de calidad antes de comprometer a los trabajadores a hacer el trabajo con el fin de protegerlos de la incertidumbre. Uno de los cambios de comportamiento que conlleva LPS es la capacidad de decir “no” si el pre-requisito de la tarea o asignación no está completo.

- **Aprendizaje**

Cada semana, el plan de trabajo de la semana anterior es revisado para determinar qué tareas (compromisos) se completaron. Si el compromiso no se ha mantenido, a continuación, se proporciona una razón. Estas razones son analizadas periódicamente hasta la causa raíz y se llevan a cabo acciones para evitar que se repitan. Cualquiera que sea la causa, la monitorización continua de las razones para el fracaso del plan, medirá la efectividad de las acciones correctivas.

2.1.4. LPDS Ejecución integrada de proyectos

Se propone unificar el modelo Integrated Project Delivery IPD con la metodología Lean Construction (LC) dando lugar al sistema de ejecución de proyectos Lean Project Delivery System (LPDS) la cual se obtiene un mayor entendimiento del proyecto desde la fase de diseño hasta la fase posterior de la obra.

Integrated Project Delivery se basa en la colaboración, que a su vez se basa en la confianza. Efectivamente estructurada, la colaboración basada en la confianza insta a las partes a centrarse en los resultados del proyecto en lugar de sus metas individuales. IPD promete mejores resultados, pero los resultados no van a cambiar a menos que las personas responsables de la entrega de los resultados cambien también. Por lo tanto, la consecución de los beneficios del IPD requiere que todos los participantes en el proyecto abracen los principios del IPD. Pons, (2021)

- El respeto mutuo y la confianza
- Beneficio mutuo y recompensa
- Innovación colaborativa y toma de decisiones
- La participación temprana de los participantes clave
- Definición temprana de los objetivos
- Planificación intensificada
- Comunicación abierta
- Tecnología apropiada
- Organización y liderazgo

En un proyecto integrado el flujo del proyecto desde la conceptualización hasta su ejecución y cierre difiere significativamente de un proyecto tradicional. Estas fases son las mismas que hemos descrito antes para el LPDS. En un proyecto integrado las decisiones se las toma desde el inicio, donde estas decisiones son más efectivas y menos costosas, lo que supone replantear las fases típicas de un proyecto tradicional.

La clave del éxito del IPD es la creación de un equipo que esté comprometido con los procesos de colaboración y cuyos miembros sean capaces de trabajar juntos de manera efectiva. Las funciones que deben desempeñar los miembros del equipo IPD para lograr el éxito del proyecto son las siguientes:

- Identificar en el momento más temprano posible los roles de los participantes que son más importantes para el proyecto.
- Precalificar a los miembros (individuos y empresas) del equipo.
- Tener en cuenta los intereses comunes y buscar la participación de partes adicionales seleccionadas, como funcionarios de la administración, empresas locales de servicios públicos, compañías de seguros y otras partes interesadas.
- Definir de manera mutua y comprensible los valores, intereses, metas y objetivos de los actores participantes.
- Identificar la estructura organizativa y de negocio que mejor se adapte al IPD de manera que sea coherente con las necesidades y limitaciones de los participantes. La elección no debe estar sujeta estrictamente a los métodos tradicionales de entrega de proyectos, sino que debe adaptarse de forma flexible al proyecto.
- Desarrollar acuerdos del proyecto para definir las funciones y responsabilidades de los participantes. Los acuerdos del proyecto deben estar sincronizados para asegurar que las funciones y responsabilidades de las partes se definan de forma idéntica en todos los acuerdos y sean compatibles con los modelos organizativos y de negocio acordados. Las principales disposiciones relativas a la indemnización, la obligación y la asignación de riesgos deben estar claramente definidas y deben alentar la comunicación y la colaboración.

IPD es una evolución del LPDS que además incorpora los diferentes niveles de colaboración y modelos de contrato entre múltiples partes. La gestión y ejecución integrada del proyecto o IPD es un enfoque de la ejecución de proyectos que integra personas, sistemas, estructuras y prácticas empresariales en un proceso que aprovecha colaborativamente el talento y los puntos de vista de todos los participantes para optimizar los resultados del proyecto, aumentar el valor para el cliente, reducir el desperdicio y maximizar la eficiencia en todas las fases de diseño, fabricación y construcción.

Lean Project Delivery System (LPDS) o sistema de integrado de proyectos Lean, es un proceso colaborativo cuya misión es desarrollar el mejor camino posible para diseñar y construir infraestructuras, para esto se emplea un equipo en todo el proceso para alinear fines, recursos y restricciones. Se trata de una orientación por etapas que comprende la definición del proyecto, el diseño, el suministro, el montaje o ejecución, el uso y mantenimiento posterior de la obra. Ballard y Howell, (2003)

El control de la producción, la estructuración del trabajo es algo que ocurre continuamente a lo largo de todo proyecto y cada fase contiene actividades e hitos que deben cumplirse a medida que este avanza. Se propone abarcar todo el ciclo de vida de los proyectos desde el inicio hasta la entrega y propone gestionar los proyectos de construcción considerando cinco fases y once módulos, utilizando conceptos y técnicas destinadas a maximizar el valor para el cliente y minimizar las pérdidas en la producción.

Además de fomentar el desarrollo de herramientas que contribuyan con la gestión del proyecto. La tecnología de modelado 3D Building Information Modeling (BIM) aunque no hace parte de LC, es una herramienta de ayuda muy importante para el modelo LPDS, contribuyendo a comprender mejor los procesos constructivos de diseños complejos o simples para el ahorro de tiempo en su construcción. Bajo este concepto de ayuda que brinda BIM, se deja planteada una visión futura para que sea parte de Lean Construction. Ballard, (2008)

Figura. 2 - Lean Project Delivery System



Fuente: Brioso & Hurtado, (2020)

Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

El diagrama del ciclo de vida de los proyectos representa una serie de fases en forma de triángulos y módulos, los cuales son:

- **Definición del proyecto.**

Es la primera fase del modelo que incluye los propósitos del proyecto y está conformado por tres etapas: las necesidades y valores, criterios de diseño y conceptos de diseño.

Se implementan antes de comenzar el trabajo el cual comprende el análisis y estudio de las necesidades de los clientes, es decir lo que desea el cliente, la siguiente etapa engloba los criterios de diseño, es decir, las pautas que deben seguirse para la concepción del proyecto, por ejemplo, las normas técnicas de construcción. Finalmente, en la última etapa, empiezan a surgir las primeras ideas, que plasmadas en esquemas o anteproyectos dan forma al diseño conceptual.

Cada uno de estos elementos puede influir en el otro, por lo que es necesaria una conversación dinámicas e interactivas entre las distintas partes interesadas en la cual cada uno tiene una comprensión diferente del proyecto.

- **Diseño Lean.**

Es la segunda fase en la gestión de proyectos “Lean” y es la fase de diseño, donde el equipo crea múltiples alternativas, basadas en los requisitos del diseño, las limitaciones del proyecto y el costo. El objetivo es encontrar la alternativa de diseño que mejor se adapte a los propósitos del propietario y entregar el máximo valor al cliente.

Cuando se colabora en equipos durante esta fase, muchos de los costos que se planeaba como el costo para contingencias son movidos por el diseño y pueden ser eliminados o minimizados; esos ahorros pueden ir directamente a un mayor beneficio o a satisfacer más necesidades del cliente. Durante todo el proyecto, el cálculo rápido y sincronizado de alternativas es importante para permitir la toma de decisiones que más beneficie al negocio y al proyecto. Al igual que en la primera fase tiene tres etapas que interactúan entre sí, el diseño de procesos, el diseño de productos y los conceptos de diseño, etapa común a ambas fases. En el control de la producción del diseño “Lean” se usa la herramienta del Sistema del Último Planificador, también herramientas informáticas como el diseño 3D para comprender mejor los diseños de los elementos que conforman el proyecto.

- **Suministro Lean.**

Esta fase del proyecto consiste en ingeniería de detalle, fabricación y logística, por lo que se requiere de manera indispensable el diseño del producto y del proceso para que el sistema conozca con detalle lo que debe producir y cuándo se debe de entregar esos componentes.

La planificación de la entrega de los suministro debe estar diseñados para poder facilitar la llegada de los materiales a la obra. En los proyectos de construcción es común que se necesiten profesionales, los cuales se aseguran de que el abastecimiento de los materiales esté disponible para un flujo de trabajo óptimo, de esta manera se evita la escasez de materiales en el lugar donde se necesitan. Las consecuencias directas de la falta de abastecimiento de los materiales traen como resultado atrasos en el proceso constructivo de los proyectos.

El sistema del último planificador (LPS) se logra implementar con éxito en esta fase del proyecto, ha demostrado ser una herramienta que contribuye al suministro de

materiales, durante el transcurso de la obra, eleva el nivel de estabilidad y por lo tanto reduce la variabilidad respecto a las condiciones iniciales a lo largo de toda la ejecución del proyecto. Por otra parte, los flujos de trabajo estables permiten eliminar muchos tipos de desperdicio. La filosofía detrás de estos acuerdos es suministrar sólo lo necesario, puntualmente en el tiempo requerido, solo en la cantidad necesaria.

- **Ensamblaje o Ejecución “Lean”**

El ensamblaje o ejecución de obra Lean se inicia con la entrega de información, materiales, mano de obra, herramientas, o componentes necesarios para la ejecución en la obra y termina con la finalización de las instalaciones y puesta en marcha de la infraestructura.

Durante la fase de ejecución, el sistema del último planificador se utiliza para controlar la producción y mantener el flujo continuo de materiales e información a lo largo de toda la obra a medida que esta avanza en conjunto con el sistema Pull que ejerce presión al avance de obra a través de la planificación o programación.

Como se ha expuesto, la filosofía “Lean” no es un método o unos pasos para seguir, sino una manera de pensar para optimizar la producción de los proyectos constructivos. En el caso del montaje de los materiales en obra se ha opta de una mejor manera por la prefabricación, que permite operar de una manera “Lean” mediante la reducción de muchos pasos, teniendo en cuenta que los trabajos en obra se ven afectados por condiciones de incertidumbre, como las variaciones del clima y las limitaciones de mano de obra especializada, materiales y equipos.

El montaje o ensamblaje “Lean” se usa en los actuales proyectos de construcción, poniendo los materiales, sistemas y componentes en su lugar para crear una instalación mejor y completa en menos tiempo. En la fase de ejecución Lean los supervisores de primera línea (jefes de obra, encargados, capataces, etc.), deben tener una capacitación de acuerdo con la nueva filosofía de producción, esto es, ejercer un papel de líderes más que de jefes. Además de conocer y saber usar las técnicas y herramientas del nuevo modelo productivo, los nuevos líderes deben poseer las habilidades para enseñar a otros, fomentar el trabajo del equipo, y participar de manera proactiva en la mejora continua.

- **Uso y mantenimiento**

La ejecución de la obra concluye cuando se la entrega al cliente todo lo requerido y tiene un uso beneficioso de la instalación o infraestructura, que por regla general se produce después de la entrega y puesta en marcha de la, instalación o infraestructura.

2.1.5. Proyectos de Regeneración Urbana

El movimiento de la ciudad de Guayaquil fue cambiando con el tiempo esto se basa en los cambios de las organizaciones sociales y económicas que fue teniendo la ciudad. La industrialización en la urbe aumento la concentración de las organizaciones socioeconómicas, lo que conduce a un rápido crecimiento de la población urbana en los últimos años. Perrone, (2019)

Otro factor que ayudo al rápido crecimiento de la población ha sido el asentamiento de viviendas ilegales en las periferias de la ciudad. El crecimiento y el desorden en la ciudad de Guayaquil requirió la integración de principios de sostenibilidad, desarrollo y una planificación adecuada que permita no solo una regeneración visual, sino que propondría una reforma a la sociabilidad urbana con la finalidad de obtener espacios públicos no conflictivos siguiendo estándares que permitan una rentabilidad económica.

Un proyecto de regeneración urbana generalmente consiste en cuatro fases:

- **Fase 1: Desarrollar un plan maestro para regeneración urbana**

En esta fase se produce dos pasos: la planificación a nivel municipal y la planificación a nivel del área.

La planificación a nivel municipal aborda direcciones y objetivos conceptuales para el desarrollo desde un punto de vista macroscópico. En cambio, la planificación a nivel del área se centra en un área específica donde se va a implementar el proyecto de regeneración.

El desarrollo de la planificación para una regeneración urbana lo llevan a cabo las autoridades locales con consultores de proyectos, y el plan deberá estar sujeto a la aprobación del gobierno local.

- **Fase 2: Determinación del promotor del proyecto**

En esta fase se elige a la entidad encargada la cual va a iniciar con la implementación de la planificación del proyecto. Generalmente existen tres tipos de encargados o promotores de proyectos en regeneración urbana: públicos, asociaciones privadas y público-privadas.

En el caso de Guayaquil, se crea una fundación la cual es una empresa pública-privada y es la encargada de gestionar los proyectos de regeneración urbana, sujeto a la aprobación de las autoridades locales.

- **Fase 3: Desarrollo del plan del proyecto de regeneración urbana.**

En esta fase, se especifica los objetivos que va a tener el proyecto de la regeneración urbana y la planificación minuciosa, en la cual se debe tomar en consideración los objetivos del plan maestro, la asignación de los recursos está incluidos dentro de esta fase.

Es responsabilidad de la entidad, obtener la aprobación del gobierno local para la implementación de los proyectos. Cabe mencionar que la regeneración urbana puede consistir en uno o varios proyectos según las características de desarrollo de la zona.

- **Fase 4: Implementación del proyecto de regeneración urbana**

En esta fase se comienza a realizar las actividades para los proyectos tales como: la demolición de edificios e instalaciones existentes; reubicación de los residentes actuales en caso de ser necesario, construcción de espacios verdes, instalación de sistemas de alcantarillado, ampliación de aceras para el peatón. El proceso de estas actividades es bastante similar a las de la construcción general de los demás proyectos. Yu & Kwon, (2011)

Las características de un proyecto de regeneración urbana son resumidas a continuación.

- **Búsqueda simultánea de beneficios públicos y privados**

Un proyecto de regeneración urbana no es sólo la construcción de instalaciones específicas, también busca de manera significativa la completa regeneración de toda una zona. Por tanto, los beneficios públicos con respecto a la revitalización de las

funciones de una zona urbana y los intereses privados de las partes interesadas individuales deben perseguirse de manera equilibrada.

Como resultado, existe un conjunto complejo de intereses interrelacionados entre varios actores involucrados en un proyecto de regeneración urbana. Por esta característica, los proyectos de regeneración urbana tienen factores de alta incertidumbre y complejidad que puede afectar la finalización exitosa.

- **Largo período del proyecto.**

Para cumplir con los requisitos institucionales y administrativos, el proceso de un proyecto de regeneración urbana se divide en varias fases y pasos, en cada fase se necesita haber terminado la anterior fase de manera completa.

Además, la dificultad de llegar a un acuerdo que beneficien a ambas partes hablando sobre las condiciones del proyecto entre los propietarios de los terrenos o edificios aumenta la incertidumbre de la duración de un proyecto.

Por lo tanto, el período comprendido entre el inicio de la planificación de un proyecto de regeneración urbana hasta su finalización es mucho más largo que el de los proyectos de construcción generales

La prolongación impredecible de la duración del proyecto puede provocar graves problemas, como aumentos del costo del proyecto y disputas entre las partes interesadas.

- **Diversas partes interesadas y sus complejas relaciones**

En un proyecto de regeneración urbana intervienen diversos actores, como el gobierno local, las instituciones públicas, los promotores del proyecto, las empresas constructoras, las empresas de diseño e ingeniería, propietarios de terrenos, propietarios de edificios e inquilinos.

Las relaciones entre estos actores son muy complicadas debido a sus intereses individuales. En particular, el hecho de que muchos propietarios de terrenos, propietarios de edificios e inquilinos suelen participar en un proyecto de regeneración urbana hace que la estructura de relaciones sea más compleja, y esta es

la característica más notable que distingue los proyectos de regeneración urbana de otros grandes proyectos de construcción complejos.

- **Participación de las organizaciones del sector público.**

Se conoce que existe un alto grado de participación pública en los proyectos de regeneración urbana. La mayoría de las fases o los pasos en un proyecto de regeneración urbana necesitan la aprobación del gobierno local porque el proyecto aborda ciertos intereses públicos.

Cuando sea necesario, las organizaciones del sector público también pueden desempeñar un papel de promotor. Además, la planificación de la regeneración urbana es establecida y gestionada íntegramente por las autoridades locales. Por otra parte, a menudo participan organizaciones públicas en la financiación del proyecto.

- **Varios tipos de promotores de proyectos.**

Dentro de la regeneración urbana tenemos varios tipos de promotores que incluyen gobierno central, locales, agencias y empresas individuales. También pueden ser promotores otros tipos de asociaciones público-privadas y corporaciones. Si consideramos las diversas estrategias de financiación de proyectos, la variedad de tipos de promotores de proyectos aumenta aún más.

2.1.6. Planificación y Control de obra

- **Dirección y toma de decisiones**

De manera tradicional se tiene un área de dirección, la cual soluciona una gran cantidad de problemas y toma decisiones que ayudan al rumbo de la empresa, pero estos problemas no son de gran importancia como debería serlos, lo que reduce de forma significativa el tiempo para poder realizar la planificación, analizarla y supervisar su ejecución. Es por ello que el crecimiento de las empresas a veces es muy limitado y lento. Socconini, (2019)

- **Planes estratégicos**

La planificación estratégica se convirtió en una actividad olvidada y poco desarrollada por las personas que conformaban la organización o empresa por el hecho que se implementaba más tiempo en la toma de decisiones. Cuando se

pregunta a un directivo de alto nivel o de gerencia acerca de los objetivos de la empresa, las estrategias y los proyectos, normalmente no saben cuáles son o solo suelen conocer los que corresponden a sus áreas de autoridad designadas.

- **Seguimiento de proyectos**

Por lo tanto, en una planificación estratégica se pueden derivar muchos proyectos los cuales deberían estar alineados con estrategias específicas, pero ocurre todo lo contrario con las empresas que manejan los proyectos de manera tradicional, generalmente no están alineados con ninguna estrategia y no cuenta con un seguimiento formal de administración de proyectos con el cual se pueda reflejar un claro avance en las actividades, los costos y, sobre todo, los beneficios que conlleva la obra.

- **Juntas o reuniones**

Las empresas tradicionales sufren un exceso de reuniones. Demasiado tiempo dedicado a encuentros que, en muchos casos, se convocan para tomar pocas decisiones y exponer temas interminables que no necesariamente conllevan acciones concretas o compromisos definidos.

- **Diseño e ingeniería**

En las empresas tradicionales se encuentra que entre las diferentes áreas como: diseño, servicios, mercadotecnia, manufactura son muy limitadas, por lo tanto, se toma un mayor tiempo en promocionar los productos al mercado. Es decir, no existe un trabajo colaborativo, cuando se pide un cambio en algún proyecto, la falta de comunicación e integración entre dichas áreas hace que aquel cambio no llegue de manera inmediato a lo que se está ejecutando y crea retrasos que encarece la obra

También existe una gestión de proyectos pobre, ya que, en muchos casos, los desarrolladores no cuentan con métodos ni herramientas de administración de proyectos; tampoco hay seguimiento formal de las actividades de la ruta crítica para evitar retrasos y variaciones en costos.

La ausencia de metodologías formales de diseño también es una desventaja, ya que las empresas tradicionales confían en la experiencia de sus desarrolladores y en los mecanismos de prueba y error para determinar la mejor combinación de factores

de diseño, pero normalmente no utilizan métodos estadísticos de experimentación ni de creatividad.

- **Logística**

Planificación

Generalmente, el área de planificación recibe la información del proyecto, para hacer la planificación a largo plazo, y la información de los pedidos a medio plazo de esta forma se hace la programación de la producción o de la realización de la compra.

Cuando las empresas tenían algunos proyectos similares, el proceso de planificación era relativamente sencillo, pero ahora los diseños de los proyectos son más completos, por lo que requieren variedad para ello, requieren menores cantidades, lo que hace mucho más complejo el proceso de planificación.

Cuando se analiza un programa de producción que se emitió al inicio de la semana con otro al final de esta, y cuando analizamos también la planificación de recursos a largo plazo (máquinas, personal, materiales, etc.) tampoco se parecen en nada. Lo que indica que los modelos de planificación y programación ya no pueden ser aceptados tal como lo eran en el pasado.

Compras

Los departamentos de compras tradicionales, a partir de la planificación comercial y de la planificación de recursos, realizan negociaciones con proveedores para elegir a los mejores en precio, calidad y tiempo de entrega, se da seguimiento a las compras para asegurar que los recursos se obtienen como se planificó.

Para realizar la planificación de compras, generalmente se envía una lista de materiales, con esta información los proveedores, planifican sus recursos y desarrollan sus programas de producción o servicio.

En las empresas tradicionales, los compradores intentan negociar los mejores precios; y los proveedores, vender grandes cantidades, aunque posiblemente esto genere inventarios que nunca serán utilizados. Así, los precios que se obtuvieron en su momento por los materiales se convierten en altos costos por la obsolescencia.

- **Calidad**

La Calidad es un atributo que todos los productos o servicio deberían tener, pero las empresas tradicionales lo identifican también con el nombre de un departamento; cuando hay un problema con el cliente, son los primeros a los que llaman. Sin embargo, el departamento de calidad solo puede darnos información del error, de qué tipo es y toda la estadística que utilizaron para encontrar los problemas generados de forma interna. Otra manera de decirlo es que entregan la autopsia de un hecho y no necesariamente la información de algo que puede prevenirse.

Los departamentos tradicionales de calidad instruyen a un grupo de inspectores para encontrar defectos que otros departamentos han ocasionado en los productos o servicios, y para administrar complejos sistemas de calidad. Con ello, llevan el control de las acciones correctivas principalmente, muy pocas preventivas y algunas acciones de mejora aisladas.

No siempre el personal de calidad puede entender la verdadera causa de los problemas o no participa en equipo junto con otras áreas para entender los problemas, requisitos de los clientes, diseño, etc., para hacer un esquema de calidad integral.

Las empresas tradicionales solo se refieren a la calidad de los productos o los servicios, pero generalmente no miden la calidad de los procesos que son clave para el proyecto.

En las empresas tradicionales, el mantenimiento es a veces una actividad olvidada a la que se le otorga poca importancia; así, vemos instalaciones con muchos riesgos, máquinas a las que solo se les da mantenimiento cuando fallan (mantenimiento correctivo), instalaciones mal hechas que tienen pérdidas y fugas, etc.

Aunque en los últimos años ha habido muchos avances en mantenimiento y esta función ha cobrado importancia, son muy pocas las empresas que tienen bien establecidos sus programas de mantenimiento autónomo, preventivo y predictivo, y dedican recursos a estas importantes funciones.

2.1.7. Metodología Constructiva habitual

Los problemas más frecuentes que afecta a la obra es la incertidumbre y la variabilidad, que son dos de los mayores peligros de cualquier inversión. El sistema tradicional de producción, control y gestión de proyectos de diseño y construcción no ha sido capaz de reducir de manera notable los problemas crónicos de la construcción. A pesar de que la tecnología y los softwares han facilitado mucho el trabajo en la industria de la construcción en las últimas décadas, no han tenido un impacto significativo, ni mejora de la productividad, peor aún en la eliminación de los desperdicios. Aslesen et ál, (2016)

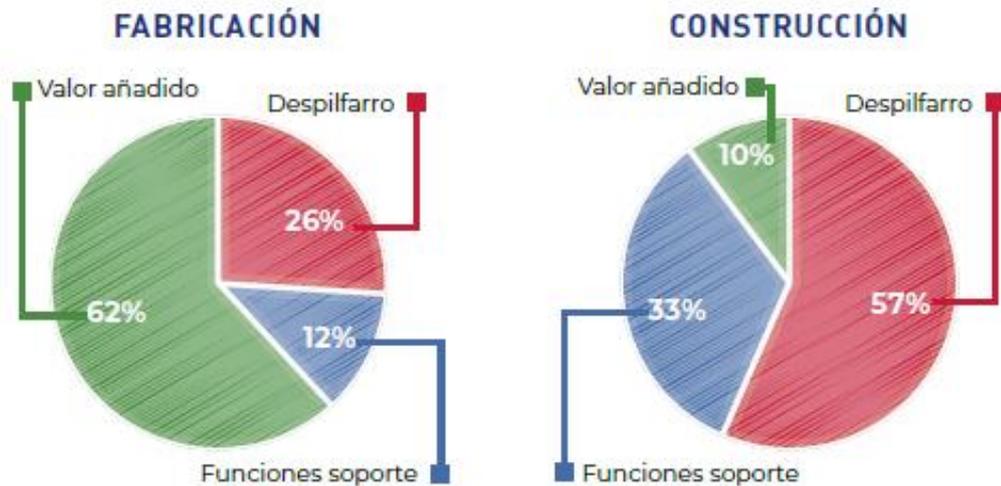
Problemas crónicos de la construcción

Uso de métodos obsoletos para la planificación, control y gestión de la producción.

1. Escaso rigor en el cumplimiento de la seguridad
2. Proyectos incompletos, poco detallados y escasamente analizados.
3. Controles de calidad ineficaces que no garantizan la entrega de calidad
4. Incumplimiento sistemático de los plazos de entrega
5. Mano de obra poco cualificada, comparada con la industria manufacturera
6. Falta de coordinación y transparencia entre las partes interesadas
7. Falta de control de la productividad
8. Sobrecostos en los Sistemas de licitación
9. Gran cantidad de retrabajos

Los proyectos y obras de construcción generalmente operan entre el 55 y el 60% de fiabilidad en la finalización de las tareas planificadas. Es decir, de todas las tareas planificadas para realizar dentro de una semana, se terminan poco más de la mitad.

Figura. 3 - Comparación del desperdicio y el valor añadido entre en la Construcción y la Fabricación, en Estados



Fuente: Umstot & Fauchier, (2017)
Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

En la gráfica se muestra una comparación entre la baja productividad en el sector de la construcción y la industria manufacturera. La gráfica, se basada en datos de Estados Unidos, muestra como durante los últimos 50 años, en la industria manufacturera la productividad ha aumentado de manera notable, mientras que, en la construcción, no solo no ha aumentado, sino que, durante algunos periodos incluso ha llegado a disminuir.

Marco Conceptual

2.2.1. Planificación de proyectos con Lean Construction

Se necesita esclarecer que Lean no es un método de trabajo, cuando hablamos de lean y sus herramientas nos referimos a una filosofía de trabajo, el cual nos permite llevar a cabo una mejor producción y gestión dentro del ámbito constructivo, que proviene del perfeccionamiento de sistemas que anteriormente se implementaron.

El concepto que debe ser adoptado por la industria de la construcción es aquel que se centre en los aspectos de conversiones y flujos dentro del proceso de los proyectos. La adaptación de los aspectos de producción ajustada a la industria de la

construcción comenzó activamente a principios de la década de 1990 a través de varias investigaciones y estudios científicos Koskela et ál. (2002)

Para las empresas constructoras el término "Lean" debe de ser el uso óptimo de los recursos disponibles. Este enfoque utiliza solo la mitad de los recursos humanos, la mitad del espacio de producción y la mitad de los costos de inversión en herramientas y nuevas tecnologías de construcción, manteniendo la mitad del stock requerido con el fin de garantizar los criterios de desempeño (costo, tiempo, calidad) y lograr la satisfacción de las necesidades de los clientes.

Lean Construction con su filosofía de gestión que destina a crear un importe para el cliente, mediante la eliminación de desperdicios, apoyo de las herramientas colaborativas, el enfoque sistemático y riguroso que se establece como una mejora continua.

El desarrollo de un Modelo de Lean Construction (LCM) puede proporcionar una serie de ventajas para las empresas constructoras al identificar las mejores prácticas/técnicas/herramientas que conducen a un mayor rendimiento para el proceso de construcción, y constituye una guía de mejora al mostrar los puntos fuertes a reforzar y los puntos débiles que se debe compensar.

El éxito de un proyecto se da, cuando se cumple con las necesidades del cliente y al mismo tiempo se beneficia a la empresa constructora. Actualmente en el medio constructivo, se busca ahorrar y los clientes están buscando empresas de ingeniería que puedan ofrecer el mejor producto al menor costo.

2.2.2. Control de proyectos con Last planner system

La gestión tradicional de proyectos centrada en el método del camino crítico está focalizada en las actividades individuales. Este sistema, se apoya sobre la base de un enfoque jerárquico de mando y control para la planificación de proyectos. Este enfoque aparentemente coherente descansa en el supuesto tácito de que el proyecto se optimizará al minimizar el tiempo y el coste necesario para completar cada tarea de manera aislada.

Las medidas adoptadas por los contratistas hacen impredecible el flujo continuo de trabajo: los costes se incrementan, la duración se extiende, la seguridad y

la calidad disminuyen y el riesgo aumenta. El Last Planner o último planificador, hace que el encargado o jefe de obra asegure ese flujo de trabajo y que sea predecible.

LPS faculta al último planificador para conseguir compromisos de entrega en base a la situación real de un puesto de trabajo, en lugar de hacerlo en base a los planes teóricos. Se trata de un sistema Pull en lugar de un sistema Push porque es la actividad del flujo la que marca el ritmo y tira de la demanda y no a la inversa como ocurre en el sistema tradicional, generando cuellos de botella, exceso de inventario y esperas, entre otros desperdicios.

Figura. 4 - Modelo general de Planificación del Proyecto usando LPS



Fuente: Pons, (2014)

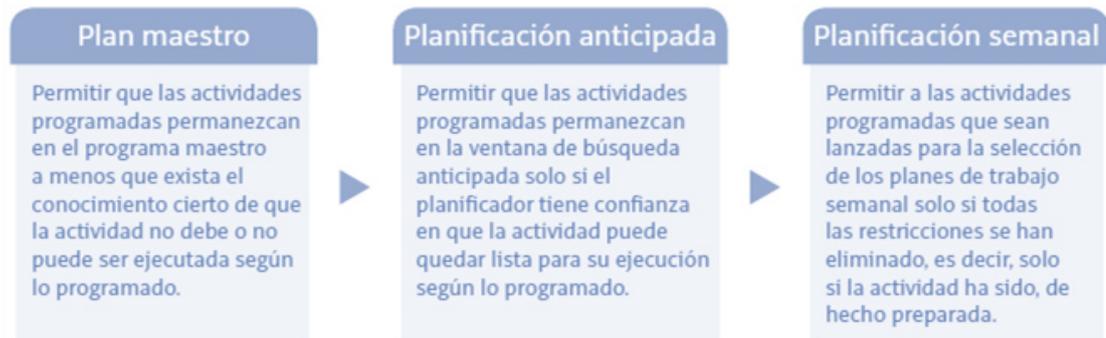
Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

Cuando el flujo de trabajo se hace más previsible, las obras se organizan mejor, las reuniones son más cortas, las disputas son menores y los cuellos de botella y las interrupciones en el flujo de trabajo se hacen más evidentes. Las decisiones se toman por consenso y los miembros del equipo deben ponerse de acuerdo en la relación existente entre las actividades, su secuencia y el tiempo de ejecución. Además, los miembros del equipo han de asegurarse de que tienen los recursos y el tiempo suficiente para completar los trabajos.

Cuando los flujos de trabajo son más predecibles, los subcontratistas pueden tomar ventaja del montaje fuera de la obra, donde los subconjuntos se pueden producir y ensamblar en un entorno controlado. Esto, generalmente lleva a conjuntos

de mayor calidad, menor coste y tiempo de instalación en el lugar de trabajo. Otro de los beneficios de la estabilidad es que los proyectos terminen a tiempo; al no extenderse, se pueden ahorrar miles de dólares a la semana en el costo de equipos, maquinaria, alquileres, mano de obra y otros recursos para mantener el sitio de trabajo activo.

Figura. 5 -Reglas de actividades programadas para cada nivel del sistema de programación



Fuente: Pons, (2014)

Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

2.2.3. Gestión y ejecución integrada del proyecto (IPD)

Hoy podemos entender mejor la implementación de Lean Construction gracias al Lean Project Delivery System (LPDS) o Integrated Project Delivery (IPD) ya que son herramientas integradoras que nos ofrecen una visión de conjunto de todas las fases del proyecto, desde un punto de vista Lean.

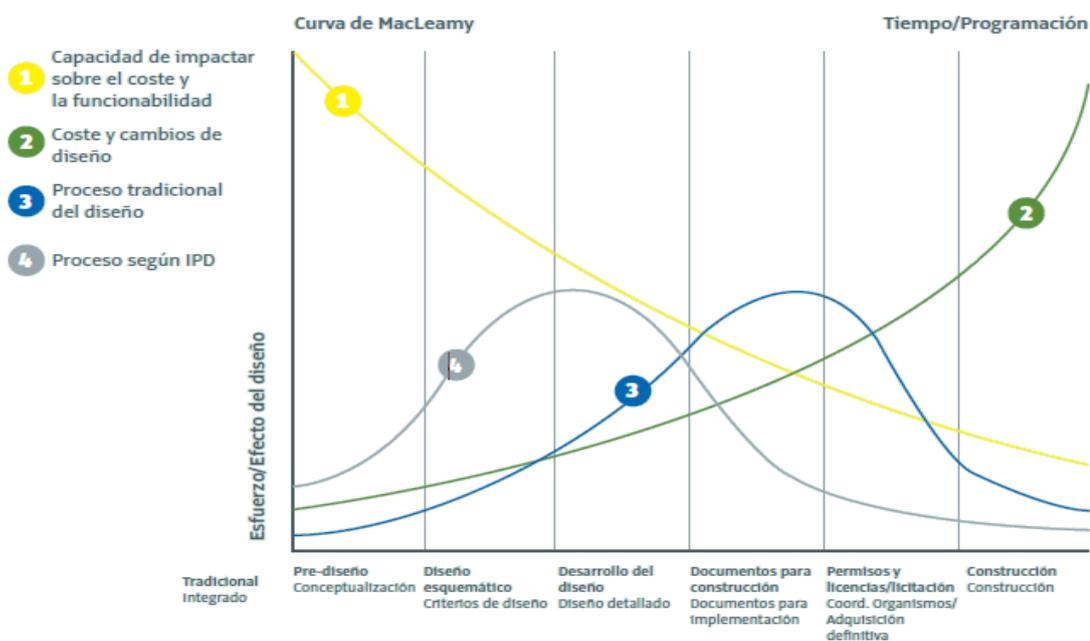
Se emplea un equipo en todo el proceso para alinear fines, recursos y restricciones. Se trata de un enfoque por etapas que comprende la definición del proyecto, el diseño, el suministro, el montaje o ejecución y el uso y mantenimiento posterior del proyecto. El control de la producción, la estructuración del trabajo y el aprendizaje es algo que ocurre continuamente a lo largo de todo proyecto y cada fase contiene actividades e hitos que deben cumplirse a medida que este avanza.

El propietario o cliente determina el coste permitido del proyecto, que es la cantidad máxima que el modelo de negocio puede soportar. La misión del equipo es entender y ofrecer el mejor valor para el cliente y eliminar todas las actividades que no añaden valor.

Los principios del IPD se pueden aplicar a una amplia variedad de acuerdos contractuales y los equipos del IPD pueden incluir miembros que van más allá de la tríada básica: propietario, proyectista y constructor. En todos los casos, los proyectos integrados se distinguen de forma única por la colaboración altamente eficaz entre el propietario o promotor, el equipo de diseñadores y el contratista principal, que comienzan a colaborar al principio del diseño y continúan a través de toda la entrega del proyecto.

La curva de Mac Leamy ilustra el concepto de toma de decisiones sobre el diseño en una fase temprana del proyecto, cuando la oportunidad de influir positivamente en los resultados se maximiza y los costes de los cambios se minimizan.

Figura. 6 - Curva de MacLeamy



Fuente: Guide, (2007)

Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

- **Estructura organizativa del IPD**

El Promotor

En IPD, el promotor asume un papel mucho más activo en la evaluación e influencia de las opciones de diseño. Además, se requiere que el promotor participe en el establecimiento de métricas del proyecto en una etapa más temprana que lo habitual en un proyecto tradicional. Al promotor se le requiere más a menudo para

ayudar a resolver los problemas que se plantean en el proyecto. Como miembro del órgano de decisión, el promotor estará involucrado en más detalles relacionados con el proyecto y la obligación de actuar con rapidez en este sentido para que el proyecto continúe de manera eficiente.

Diseñadores / Projectistas

IPD se basa principalmente en un proceso de diseño exhaustivo y minucioso que incorpora la entrada y la participación de otros miembros del equipo, incluyendo constructores, durante la fase de diseño. Por lo tanto, el proceso de diseño adquiere una mayor importancia, ya que los demás miembros del equipo llegan a entender cómo funciona el proyecto integrado y cómo va a ser completado. Como miembro del equipo, el diseñador o projectista está necesariamente implicado en la definición de los procesos de diseño que se aplicarán al proyecto.

Los proyectos integrados permiten esfuerzos previos a la construcción más amplios, relacionados con la identificación y solución de conflictos potenciales de diseño que tradicionalmente no se descubren hasta la fase de ejecución. Como resultado, se requiere que los diseñadores lleven a cabo en una etapa anterior, determinados servicios que tradicionalmente se llevan a cabo más adelante en el proyecto. Interacciones frecuentes con otros miembros del equipo durante la fase de diseño requieren que los diseñadores ofrezcan numerosas iteraciones de sus documentos de diseño a otros miembros del equipo para su entrada y evaluación. Estas interacciones derivan en una responsabilidad adicional en relación tanto a los documentos entregados a otros miembros del equipo como a los recibidos.

El constructor

El IPD hace que el constructor tenga una pronta participación y además de su participación en el equipo integrado. En concreto, aumenta el papel del constructor de una manera significativa durante las primeras etapas de diseño, en el que los constructores ahora prestan servicios estratégicos tales como programación de la producción, estimación del coste, ajuste de las fases, evaluación de los sistemas, revisiones de constructibilidad, y programas tempranos de compras y adquisiciones.

Los constructores se introducen en las fases iniciales del proyecto para aportar su experiencia y participar plenamente en el diseño del proyecto. El resultado es un mayor papel a la hora de comentar e influir en la innovación del diseño. Este

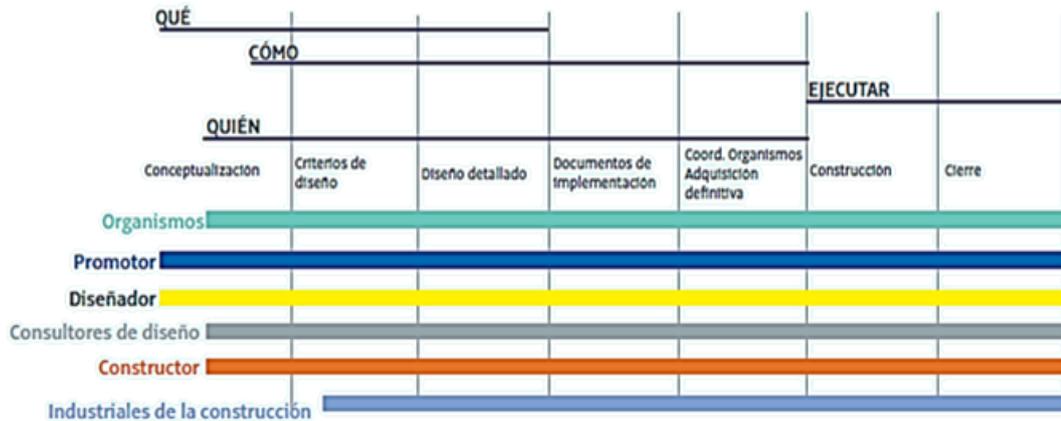
aumento de su función durante la fase de diseño requiere que el constructor proporcione de manera continua estimaciones del coste objetivo del valor del diseño durante la fase de diseño.

Figura. 7 - Proceso Tradicional del Diseño



Fuente: Guide, (2007)
Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

Figura. 8 - Proceso Integrado del Diseño



Fuente: Guide, (2007)
Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

Marco Legal

2.3.1. Contratos

Las Administraciones públicas y las entidades del sector público se manejan con varios procesos diferentes: aprueban normas jurídicas de rango infra legal, dirigen instrucciones a su personal, dictan actos administrativos, elaboran planes, ofrecen prestaciones públicas, además de celebrar contratos.

Esos contratos pueden tener múltiples finalidades, como contratar personal, adquirir bienes y servicios, encargarse de los bienes del patrimonio público. A diferencia del sector privado, que se rigen por su autonomía, las administraciones públicas y los entes del sector público deben seguir las directrices y procedimientos establecidos en las normas para celebrar estos contratos (principio de legalidad), no se puede contratar libremente con quien quieran.

Para cada clase de contratos existe una regulación distinta, que responde a los principios, derechos y valores protegidos en el ámbito respectivo. Así, hay que diferenciar, fundamentalmente, entre los contratos laborales, que se celebran con los empleados públicos, los contratos patrimoniales, que tienen por objeto la gestión de los bienes públicos, ciertos contratos privados, que se rigen por las normas generales del Derecho privado, y los contratos públicos o contratos del sector público, que se refieren exclusivamente a la adquisición de obras, servicios o suministros.

Desde el siglo XXI la contratación del sector público ha adquirido una especial relevancia en el estudio del derecho administrativo debido a los profundos cambios que ha experimentado. En los contratos se crea un concepto tipo administrativo, que se adjudica y ejecuta siguiendo las normas administrativas creadas. Podemos decir que se crea un denso régimen de beneficios que la administración puede ejercer en la fase de ejecución del contrato con el fin de asegurar el interés general. Sastre, (2023)

2.3.2. Contratos colaborativos - NEC (New Engineering Contract)

En 1991 nace los contratos NEC (New Engineering Contract), como un nuevo estilo de contratos de ingeniería y edificación que cumplirían con tres

objetivos fundamentales, y característicos que son: flexibilidad, claridad y simplicidad

Los contratos NEC son un modelo de contratos estandarizados internacionalmente, que tienen un conjunto de acuerdos de construcción, que ayudan a promover la asociación y colaboración entre el contratista y el cliente, cuyos pilares fundamentales son las buenas técnicas de gestión de proyectos, en Perú se comenzó a utilizar los contratos NEC después de la buena gestión que se realizó en la ejecución de las principales obras de infraestructura de los juegos, el tipo de contrato que se empleo fue el Contrato NEC3 ECC, Opción F que es un contrato de ingeniería y construcción bajo la modalidad de contratista administrador. Desde esa ocasión están implementando medidas o políticas que garanticen mayor productividad y eficiencia en la ejecución de las obras publicas como son los proyectos de la Autoridad para la Reconstrucción con Cambios – ARCC y el Proyecto Especial de Inversión Pública Escuelas Bicentenario – PEIP.

Los contratos NEC tiene seis modalidades de contratación y obedece a resultados específicos y circunstancias especiales. Ames, (2023)

Estas opciones se encuentran conformadas por:

- **NEC A: Contrato con precio y cronograma de actividades (Priced contract with activity Schedule)**

Esta opción es un contrato de precio acompañado por un programa de actividades en el que el riesgo de realizar el trabajo va acorde al precio acordado. Cuando el contratista ha establecido el precio, el contratante debe pagar una suma alzada por cada actividad.

- **NEC B: Contrato con precio y lista de cantidades (Priced contract with Bill of quantities)**

La opción B es un contrato con precio y lista de cantidades en la que el riesgo de realizar el trabajo a los precios del trabajo es asumido por el contratista. Una lista de cantidades es un documento preparado por el consultor de costes quien proporciona las medidas y cantidades específicas para el proyecto, estas son identificadas mediante dibujos y especificados en el documento de licitación.

- **NEC C: Contrato-objetivo y cronograma de actividades (Target contract with activity schedule)**

Este tipo de contratos-objetivos se utiliza cuando la extensión del trabajo a realizarse no está completamente definida o los riesgos son mayores. Adicionalmente, se incluyen las cláusulas como: opción principal y secundaria, calendarios de componentes de costes y datos del contrato.

- **NEC D: Contrato-objeto y lista de actividades (Target contract with Bill of quantities)**

En esta opción el contratante debe elaborar una lista con las partidas y señalar la cantidad de metradas, ante ello el contratista ofertará un precio razonable por cada unidad y será remunerado por los metrados ejecutados.

- **NEC E: Contrato de costo reembolsable (Cost reimbursable contract)**

Este tipo de contratos se utiliza cuando se requiere iniciar pronto la ejecución de la obra y la definición de trabajo a realizarse no existe o es inadecuada. Es así como en estas circunstancias es imposible pedir al contratista que asuma los riesgos de los costos que no impliquen el control de sus empleados y otros recursos. Ya que, él será la persona que cargará con el riesgo mínimo en la obra. Enrique y Peralta, (2023).

- **NEC F: Contrato de gestión (Management contract)**

La opción F es un contrato de gestión con reembolso de costes, en este el riesgo financiero lo asume en gran medida el cliente. La característica de este contrato es la subcontratación, es decir al contratar a un contratista quien gestará el proyecto, este subcontratará al personal o empresas en las actividades necesarias con tal de ejecutar el proyecto. Aunque esta opción aún siga en constante evolución, es preciso mencionar que la responsabilidad del contratista se limita solo a realizar la cantidad de trabajo de construcción establecida en la Ficha de Datos del Contrato.

El gerente no podrá indicar al contratista que haga más trabajo fuera de lo establecido en la Ficha de Datos del Contrato, cualquier trabajo de construcción que adicionalmente quiera ser llevado estará sujeto a una nueva negociación entre el contratante y el contratista.

3. CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Enfoque de la investigación

Para el presente trabajo investigativo se realiza un análisis comparativo entre la metodología constructiva Lean Construction y la metodología constructiva tradicional, para la gestión de proyectos de la construcción en obras municipales como la regeneración urbana en la ciudad de Guayaquil, el cual se va a utilizar un enfoque cuantitativo. Este enfoque va a permitir obtener una comprensión más completa de los factores que influyen en la elección del sistema constructivo y su impacto en la calidad de vida de los habitantes de la ciudad.

Se utilizaría la metodología cuantitativa para recopilar los datos sobre: el costo de construcción, el tiempo de construcción y la durabilidad entre los dos sistemas constructivos. Esto permitiría realizar un análisis comparativo riguroso de los aspectos técnicos de los dos sistemas así determinar cuál es más rentable y eficiente en términos de tiempo y costos.

Tipo de investigación

Existen varios tipos de investigación, pues el alcance que se le da al estudio depende de la estrategia que utilicemos en la investigación. Así el procedimiento y otros componentes del proceso serán distintos en estudios con alcance exploratorio, descriptivo, correlacional o explicativo. Por lo general, los estudios descriptivos son la base de las investigaciones correlacionales, las cuales a su vez proporcionan información para llevar a cabo estudios explicativos que generan un sentido de entendimiento y están muy estructurados.

El tipo de investigación tiene un enfoque descriptivo para proporcionar una visión general entre las comparaciones de los métodos constructivos, se analiza el estudio para la reducción de tiempo y el costo que se requieren aplicar para poder obtener una optimización en los proyectos.

Adicional, se podría utilizar un enfoque de estudio de caso para analizar la implementación de los nuevos sistemas constructivos como Lean Construction en los diferentes proyectos, esto permitirá comprender cómo los sistemas constructivos

funcionan en la práctica y cómo se adaptan a las necesidades específicas de cada obra.

Por otra parte, el enfoque exploratorio admite una recopilación de información y crea una base de conocimientos sobre los métodos constructivos entre lean construction y el método tradicional, así como sus ventajas y desventajas de cada uno hablando de los términos de costos, tiempo de construcción, calidad de la construcción, entre otros aspectos relevantes. El enfoque exploratorio es útil para generar nuevas ideas y perspectivas sobre un tema y, en última instancia, contribuir al desarrollo de conocimiento en un área determinada como lo indica Sampieri et ál., (2014) Los estudios exploratorios se realizan cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes.

Asimismo, el uso del enfoque exploratorio sirve para familiarizarnos con temas que son desconocidos, obtener información sobre la posibilidad de llevar a cabo una investigación más completa respecto de un contexto particular, indagar nuevos problemas, identificar conceptos o variables promisorias, establecer prioridades para investigaciones futuras, o sugerir afirmaciones y postulados. Esta clase de estudios son comunes en la investigación, sobre todo en situaciones en las que existe poca información. Sampieri et ál., (2014)

Métodos de investigación

Cuando se habla de metodología (o método) de la investigación, rápidamente se nos viene a la mente a una idea equivocada de que son pasos para seguir de manera mecánica, pero la investigación no sigue modelos o esquemas rígidos, no es una serie de etapas ligadas mecánicamente.

El método científico es, en consecuencia, el procedimiento riguroso que, la lógica estructura como medio para la adquisición del conocimiento. Se considera que, para llegar a determinar acciones concretas se debe de seguir un proceso ordenado y sistemático de indagación cognitiva, el cual requiere previamente hacer uso del pensamiento lógico para darles sustento y coherencia. Pacheco, (2006)

El método lógico se basa en aquel razonamiento justificado, el cual iniciamos con una proposición y desde ese punto se derivan conclusiones específicas. Esta metodología implica la identificación de una teoría, adicional se obtiene una prueba

de la misma a través de la recolección de datos que son sacados de forma empírica. El método lógico es muy utilizado en las investigaciones cuantitativa donde vemos datos numéricos, estadísticas que se pueden evaluar y podemos confirmar la hipótesis.

Así, el nivel lógico dentro de la metodología de la investigación implica reconocer que, entre ese vaivén de la teoría y la práctica, al momento de intentar explicar la consistencia de un fenómeno da lugar diferentes operaciones mentales, como la abstracción y la concreción, el análisis y la síntesis, la generalización y la particularización, la inducción y la deducción. Algunos autores les llaman a estos niveles de acercamiento con la realidad, operaciones del pensamiento, los cuales sirven para darle coherencia y estructura a las actividades indagatorias del proceso de investigación. Pacheco, (2006)

Por otro lado, el método analítico es un proceso reflexivo que conlleva un razonamiento inductivo, donde se nace de los datos específicos para llegar a conclusiones generales. Este método implica la recolección y análisis de datos empíricos, para posteriormente identificar los patrones y tendencias.

Por lo tanto, podremos decir que el método lógico y analítico son esenciales en una investigación científica y están diseñadas para evaluar e interpretar patrones, números y secuencias, creando un pensamiento estructurado utilizando procedimientos matemáticos para llegar a una conclusión.

3.1.1. Técnicas de investigación

Para el presente trabajo de titulación, se utilizará la técnica análisis de caso, la cual tendrá una recopilación de datos por medio de la observación, y evaluar alternativas para la mejora del problema considerado. El segundo método será bibliográfico donde obtendremos información fundamental del tema investigado

Población y Muestreo

La población objeto de estudio para este trabajo investigativo corresponde a los proyectos urbanístico de la ciudad de Guayaquil, al año se aparta un presupuesto para la realización de 15 proyectos en regeneración urbana de la ciudad, que consta con un promedio de 2.7 millones de habitantes según el último censo realizado. Siendo Guayaquil la segunda ciudad más poblada de Ecuador detrás de la ciudad de Quito

según datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). El proyecto de regeneración urbana se encuentra en la llamada Vieja Kennedy, desde el Colegio de Arquitectos hasta el Parque Presidente Clemente Yeroví, este proyecto socialmente es uno de los más importante debido que conecta con avenidas principales de la ciudad, más aún que fue una de las primeras ciudadelas construidas a inicios de la década de los sesenta. El proyecto fue elegido por ser un gran aporte dentro de esta zona histórica en la ciudad, además de tener acceso a la información.

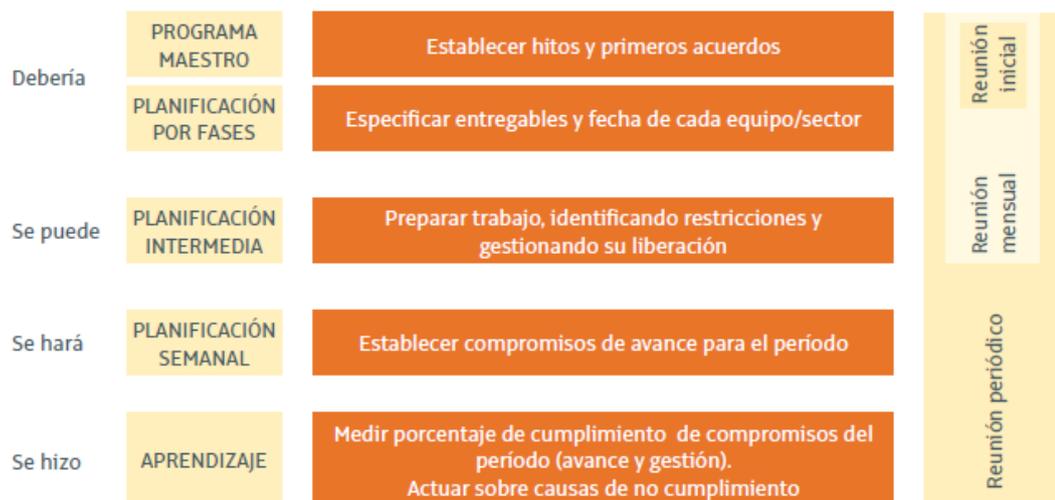
Análisis de interpretación y discusión de resultados

En la presente investigación, se va a analizar una comparación entre los métodos constructivos tradicionales y lean construction, de los cuales se establecerán los principales criterios que influyen dentro del sistema constructivo y la optimización de los resultados en los proyectos de obra civil.

3.5.1. Reducción de tiempo en proyectos

Para realizar una explicación más clara entre las dos comparaciones antes mencionada se realizó un cuadro de resumen aplicando LPS (Last Planner System), el cual nos indica el tiempo que conlleva la planificación de actividades de acuerdo al avance de la obra.

Figura. 9 -Cuadro de síntesis en Last Planner System



Fuente: Pons, (2014)

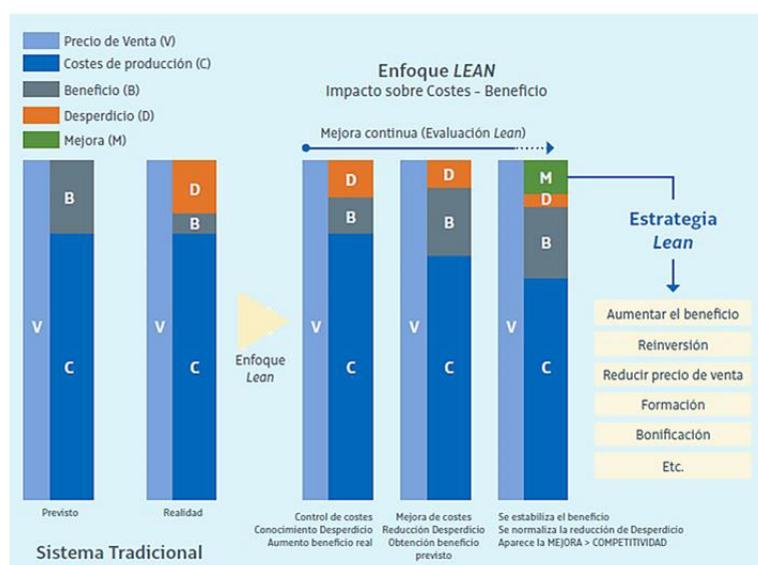
Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

En el resumen nos indica, que antes del inicio de un proyecto, en la primera reunión se establece los hitos de cada actividad y acuerdos entre quienes participan de la reunión, adicional se especifica los tiempos de trabajo para cada sector que esté involucrado en el proyecto. Una reunión mensual nos indicara las actividades que se puedan realizar y las limitaciones o restricciones que se tiene durante la ejecución del proyecto. Las reuniones periódicas se enfocarán en la planificación semanal para identificar el avance del proyecto de esta manera se tiene claro sobre lo que se puede hacer en relación con lo que se debe hacer, además se presentará lo que se hizo en obra y lo que se hará para la siguiente semana, de esta manera se tiene un control de los tiempos para el proyecto.

3.5.2. Disminución de costo en obra

En la siguiente imagen se explica una comparación entre un sistema tradicional de gestión de proyectos (lado izquierda del gráfico), en el cual se nota que en el previsto no ha sido considerado el desperdicio o improductividad, y en el sistema según con un enfoque Lean (lado derecha de gráfico), se observa desde el inicio del proyecto, que todos los agentes y actores involucrados, trabajan para maximizar el valor del cliente y minimizar todas aquellas gestiones y actividades comerciales inútiles que no añaden un valor, teniendo en cuenta los intereses generales de todos y no los particulares de cada parte.

Figura. 10 - Enfoque tradicional vs. Enfoque Lean



Fuente: Pons, (2014)

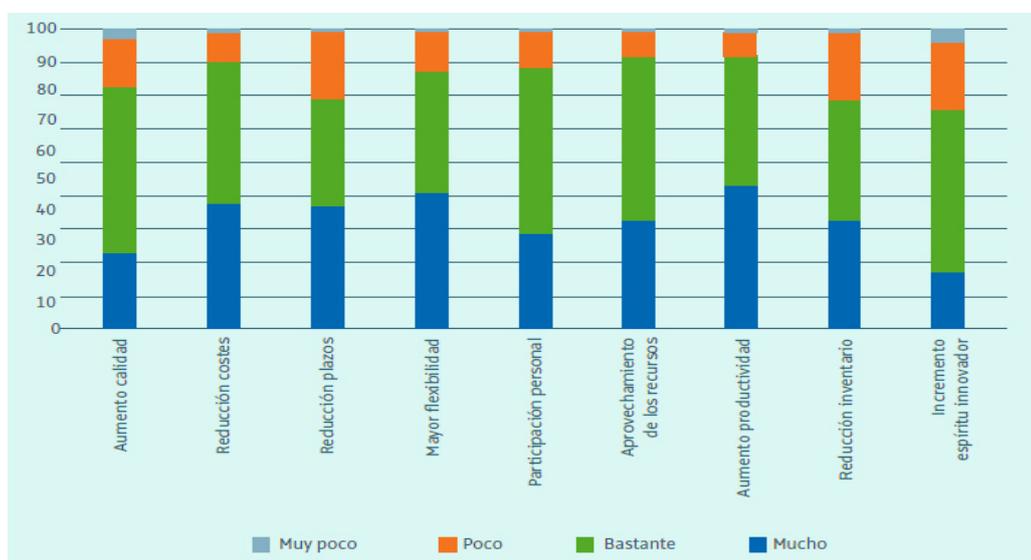
Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

3.5.3. Comparación de desperdicios

En España se realizó un estudio sobre el estado de implantación de Lean Construction en el año 2013, dicho estudio fue realizado por la Fundación Escuela de Organización Industrial (EOI) el tema del estudio que se realizó era sobre la situación de Lean Manufacturing en España. Para dicho estudio se hicieron encuestas a profesionales y directivos de empresas pertenecientes a 17 sectores, los cuales fueron: el sector de la construcción, siendo los más representativos, el sector del automóvil, el de la alimentación y bebidas, el metalmecánico y el farmacéutico.

El estudio de la Fundación EOI confirma el hecho de que la implantación del sistema Lean proporciona numerosas mejoras y beneficios en un amplio número de aspectos de la empresa y al mismo tiempo pone de manifiesto la utilidad de Lean como apuesta clave para la competitividad de las empresas. Según este estudio, alrededor del 90% de las empresas consultadas valoraron como mucho o bastante las mejoras obtenidas relativas a reducción de costos, mayor flexibilidad, participación del personal, aprovechamiento de los recursos y aumento de la productividad, como principales beneficios de la implantación Lean.

Figura. 11 -Beneficios obtenidos con la implantación Lean en España.



Fuente: Fundación EOI, (2013)

Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

4. CAPÍTULO 4: INFORME TÉCNICO

Antecedentes

Lean Construction nos permite cambiar la forma de pensar para no repetir los mismos errores que han ocasionado las fallas en los proyectos. Estas fallas son muy frecuentes en las obras, además de estos problemas comunes, debemos adicionar otros por la variación de los procesos constructivos con diferentes ritmos y personas, provocando un incumplimiento de las obras en tiempo y costo.

La industria de la construcción está muy acostumbrada a ser una industria Push, es decir si se genera un retraso en la obra, lo más común es incorporar más personal, se cambia al contratista, y se incorporan elementos que no agregan valor, lo que genera los llamados cuellos de botella.

En 1993 se generó el Primer Congreso Internacional de Lean Construction, donde el Dr. Koskela coincide con el Dr. Glenn Ballard y Gregorie Howell, quienes observan que los constructores sólo cumplen el 54% de las tareas asignadas en un cronograma de obra y fundan el Grupo Internacional de Lean Construction (International Group for Lean Construction - IGLC).

Para identificar los desperdicios en una obra, se necesita saber lo que es un valor agregado dentro de la ejecución de los procesos constructivos y que es lo que definitivamente no agrega valor, llamado también en Lean Construction como desperdicio. Esto último es lo que se requiere identificar para eliminarlo de los procesos constructivos. Además de los tipos de trabajo como son el trabajo productivo (TP) que es el que aporta de forma directa a la producción, generando un avance, trabajo contributorio (TC) se le denomina así al trabajo que debe ser realizado para lograr a la ejecución del TP, Trabajo no Contributorio (TNC), son aquellas actividades innecesarias que tienen un costo, pero no genera ningún avance.

Un ejemplo que podemos dar es cuando se va a realizar un muro de contención, se necesita otras actividades previas para desarrollar el muro, pero dichas actividades previas no agregan valor, pero son necesarios, tales como hacer el hormigón, los acarrees, los transportes del material y otros componentes. Todas esas actividades previas se tienen que hacer y son el soporte para entregar el muro. Y en este proceso se tienen desperdicios tanto como en el material y el tiempo de obra. Por lo tanto, es

importante ver el área de producción, en la que se encuentran la concretera donde se realiza la transformación de los materiales, que se transportan por medio de carretillas hasta colocarlo en el encofrado. Entonces, guardando proporciones, tenemos el mismo sistema de producción en obra que en la manufactura; es decir, en obra tenemos la producción de materiales, su transformación, su acarreo y transporte hasta colocarlo en el sitio que le corresponda para obtener el producto final.

Para el ejemplo anterior, las actividades afectan el proceso si el banco de materiales está a 50 metros o a 10 metros. También afecta si la concretera está en buenas condiciones o si tiene su falla. Por lo tanto, si llevamos a cabo una clasificación de los tiempos productivos (mezclado, vibrado de concreto y regleado), adicionando la carga de material a la concretera, el transporte en carretilla, descarga de concreto en área, esparcido de concreto (tiempo contributorio) y los desperdicios (tiempo no contributorios), se obtiene la siguiente tabla:

Tabla 1 Tiempo productivo (TP). tiempo contributorio (TC) y tiempo no contributorio (TNC)

LEAN CONSTRUCTION CLASIFICACIÓN DE PÉRDIDAS

N°	TP			TC				TNC
	Mezclado	Vibrado	Regleado	Carga	Transporte	Descarga	Esparcido	Nada
1				3	2		1	3
2	1			3		1	1	3
3					1		1	8
4		2		1	1	1	1	5
5				4	2	1		3
6			1	1	1		1	5
7		2		5	2	1	1	1
8			1	2	2	1	1	3
9			1	1	2	1		5
10				2	1	2		5
11		2		3				5
12			1	2		1		5
13			1	1	1	1		5
14			1	3	2	1	1	3
15			1	3	2	1		3
16				3	1		1	5
17			1	3	2		1	3
18			1		1	1		5
19			1	2	1	1	1	2
20				3	1	2		3
21			1		2	2	1	3
22			1	1	3	1	1	2
23	1		1		1		1	5
24	1			5	1	1	1	1
25	1			2	1		1	5
Total	4	6	13	53	33	20	16	96
		23			122			96

241

Fuente: Fundamentos LC, (2020)

Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

En este ejemplo se midieron los tiempos productivos (vaciado, vibración del hormigón, reglado, y todas las actividades que agregan valor), se determinaron todos los 11 trabajos contributorios que son necesarios, pero que no agregan valor, por ejemplo, la carga del material, el transporte, la descarga, el esparcido para reglearlo, las cuales generaron 122 actividades en el proceso de 25 minutos. Por otro lado, el tiempo no contributorio, cuando las personas esperaban trabajo o materiales, tiempos que no generan ningún valor, estaban en el orden de 96. En esta medición, se generaban 241 actividades y solo había 23 actividades que eran productivas.

Es por eso que el reto es reducir los trabajos no contributorios y los desperdicios. Una forma es identificarlos y establecer cambios para eliminarlos o reducirlos. Y para esto necesitamos medir los procesos constructivos, ya que lo que no se mide no se puede mejorar. Torres et ál. (2023)

Objetivos

Determinar un sistema constructivo para el proceso de planificación y control de obra en los proyectos de regeneración urbana en la ciudad Guayaquil

- Identificar las actividades de la construcción que generalmente provocan retrasos, desperdicios y descoordinación.
- Establecer estrategias y procesos del sistema constructivo para optimizar la gestión de calidad en los proyectos.

Justificación

Con la aplicación de los principios de Lean a las obras, permitirá obtener mejoras y mayor rentabilidad en los proyectos.

Los principios fundamentales de Lean Construction son especificar el valor, entregar los proyectos con la calidad requerida, identificar el flujo del valor, realizar un flujo de trabajo en un programa de obra, desarrollar una planificación Pull con el cliente y con todos los involucrados del proyecto.

Esto requiere de mucho énfasis en la construcción, ya que se está pasando de un proceso artesanal a un proceso de producción masiva de muchas obras` como: construcción de vivienda vertical, construcción industrial, así como en otros proyectos de construcción, donde los clientes requieren sus obras en el menor costo y en el menor tiempo posible.

De aquí surge la necesidad de desarrollar una cultura Lean, viendo de forma diferente el desarrollo de los proyectos de construcción, rompiendo paradigmas y los sistemas tradicionales de gestión para hacerlo de una manera más eficiente, con calidad y en menor tiempo posible.

Descripción de la propuesta de solución

A continuación, se presentará el proyecto y las herramientas de Lean Construction que serán aplicadas a la obra de regeneración urbana “Av. San Jorge (del Periodista) acera oeste, desde Av. Kennedy hasta Parque Presidente Clemente Yeroví” y la aplicación de dichas herramientas en el proyecto.

4.1.1. Presupuesto referencial del proyecto.

El proyecto consta de 227 rubros, pero para el caso de este análisis tomamos los rubros más representativos de la obra, los cuales son aquellos que tienen un mayor peso e influyen directamente en el flujo de actividades necesarias para llevar a cabo la ejecución correcta del proyecto, los rubros se muestran en la **Tabla 2**. Con estas partidas presupuestaria iniciaremos la aplicación de lean construction, para analizar el tiempo y el costo de producción de cada uno, adicional del análisis entre pérdida/ganancia.

Tabla 2.- Lista de los rubros más relevantes para el tren de actividades de la Regeneración Urbana San Jorge

ACTIVIDADES		
ITEM	RUBROS	UNIDADES
1	Trazado, replanteo y nivelacion	m2
2	Demolicion de acera incluye desalojo	m3
3	Demolición y Desalojo con Maquinaria de Bordillos Cunetas.	m
4	Corte de Carpeta Hormigón Asfáltico	m3
5	Desalojo de Carpeta Hormigón Asfáltico	m3
6	Rotura de Pavimento Rígido, en la Calle Incluye Corte	m3
7	Desalojo de Pavimento Rígido, en la Calle	m3
8	Excavación de canalización y cajas para vías	m3
9	Desalojo de excavación de canalización y cajas para vías	m3
10	Relleno con Material de Préstamo Importado en via	m3
11	Canalizacion de tuberias de datos y EEE para via	m
12	Encofrado de cajas de hormigon armado para calzadas	u
13	Acero para cajas de calzadas	kg
14	Hormigon para cajas en calzadas	m3
15	Relleno Compactado con Material de Préstamo Importado en via	m3
16	Excavación y Desalojo con Equipo Mecánico para acera.	m3
17	Canalizacion para acera de datos y EEE incluye arena	m
18	Instalacion de tuberia de AASS	m
19	Encofrado para cajas de hormigon de AASS	u
20	Hormigonado de cajas de AASS	m3
21	Relleno Compactado con Material de Préstamo Importado en acera	m3
22	Instalacion de tuberias AAPP incluye arena	m
23	Relleno Compactado con Material de Préstamo Importado para bordillo	m3
24	Material Base Clase 1 . Inc. Compactación y Transporte Acera y Bordillo	m3
25	Encofrado para Bordillos f´c=280 kg/cm2.	m
26	Hormigon para Bordillos f´c=280 kg/cm2. (Incluye Construcción y Sellado de Junta)	m3
27	Desencofrado para Bordillos f´c=280 kg/cm2.	m
28	Material Base Clase 1 . Inc. Compactación y Transporte en vías	m3
29	Acero para pavimento (dowel de Hormigón 4,5Mpa. (Incluye Corte, juntas)	kg
30	Pavimento de Hormigón 4,5Mpa. (Incluye Corte, juntas)	m3
31	Instalacion de Piso de Adoquín de Arcilla Prensado de 4x10x21cm,	m2
32	Capa de Rodadura de Hormigón Asfáltico Inc. Imprimación	m3

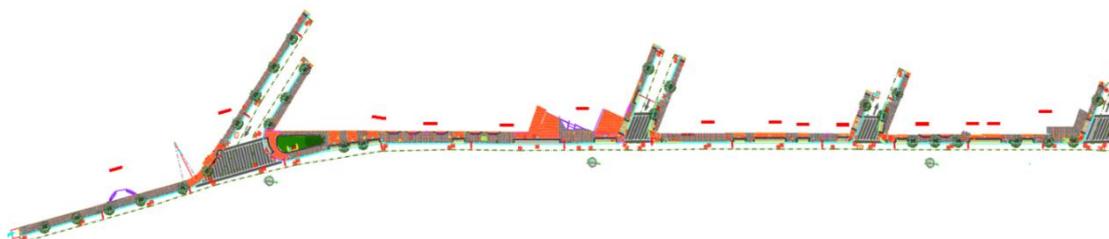
Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

4.1.2. Sectorización

Se define como sectorización a la clasificación de las cantidades por sectores y que se relaciona con el tiempo del ciclo definido y las restricciones que tiene la obra. Para manejar y obtener mejores resultados en la elaboración del sistema de sectorización nos basaremos en los siguientes ítems.

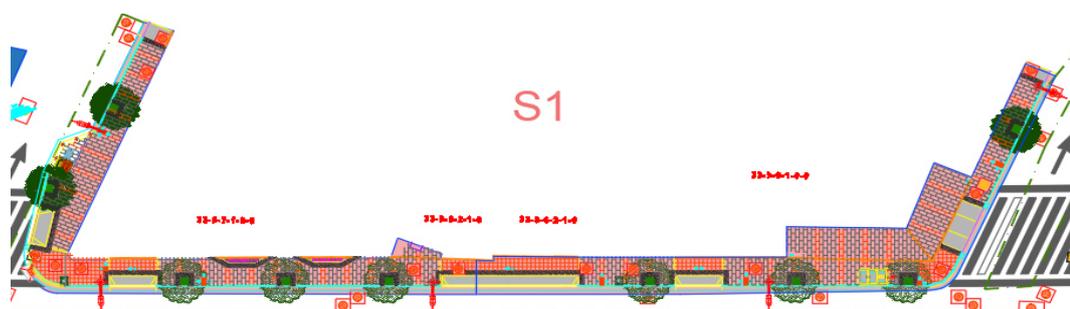
- Cada cuadrilla debe terminar su tarea del sector en el día.
- Al día siguiente deberá realizar la misma cantidad del mismo trabajo que se realizó en el anterior sector.
- La siguiente tarea se realizará con una nueva cuadrilla en el primer sector.
- Sectorizar en áreas similares para poder generar volúmenes similares de producción de esta manera se busca balancear los recursos.

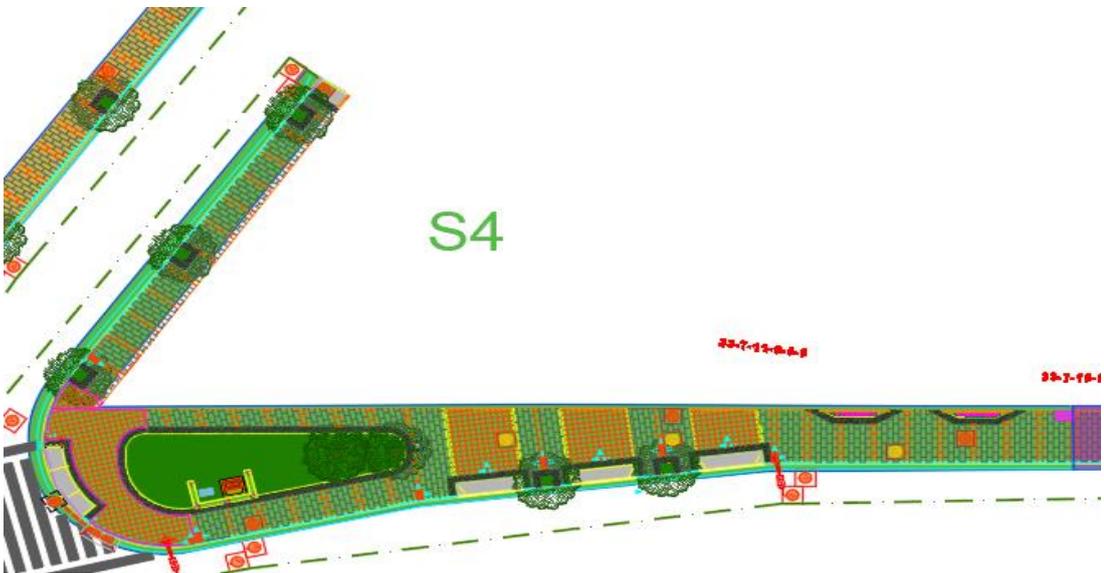
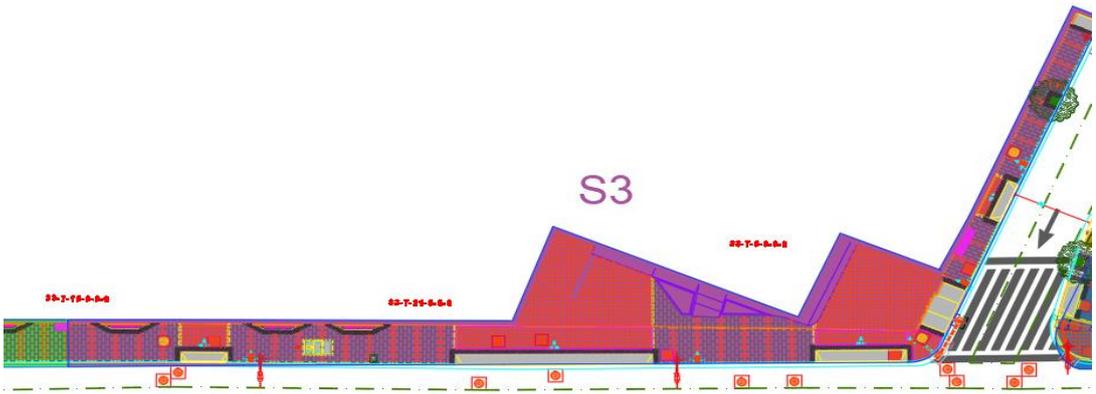
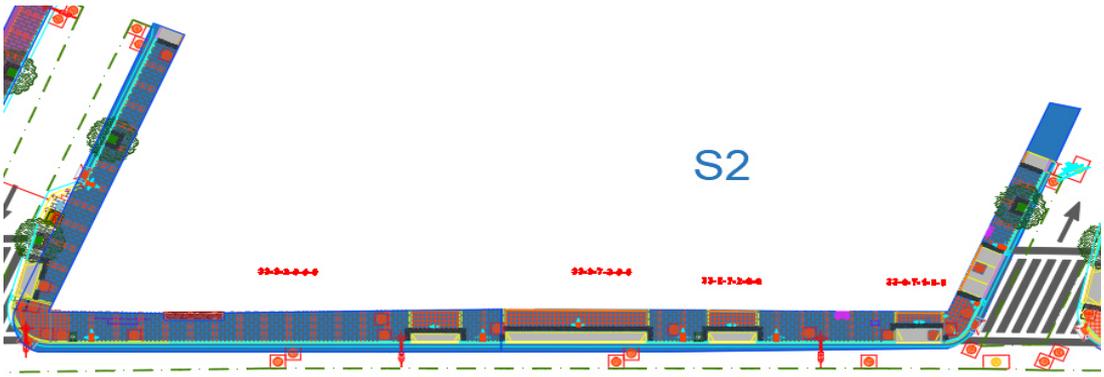
Figura. 12 -Vista en planta del tramo 1 hasta el tramo 3 de la Obra de Regeneración Urbana San Jorge

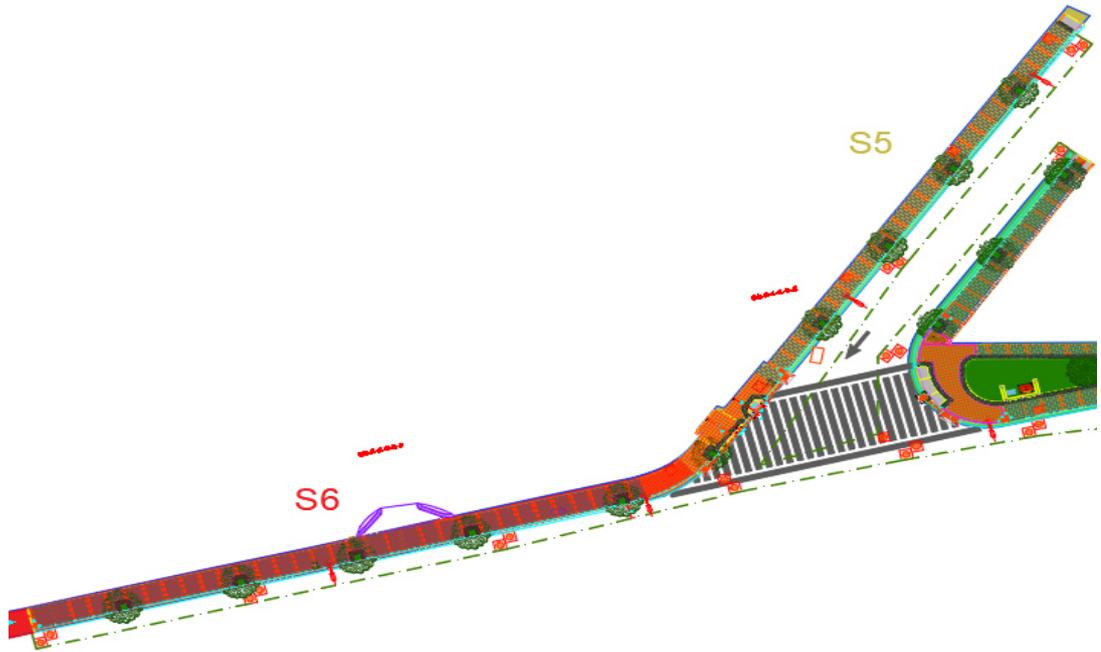


Fuente: Fundación Guayaquil Siglo XXI, (2021)
Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

Figura. 13 -Vista en planta del tramo 1 hasta el tramo 6 sectorizado de la Obra de Regeneración Urbana San Jorge







Fuente: Fundación Guayaquil Siglo XXI, (2021)
 Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

A continuación, se mostrará una recopilación de información sobre los rubros que se utilizaron desde el tramo 1 hasta el tramo 5 de la obra San Jorge de la regeneración urbana. Para que la explicación sea lo más clara posible se toma los tramos más grandes de la obra y se replica el mismo método a los otros tramos.

Tabla 3 volúmenes de hormigón en bordillos desde el proyecto

TIPOS DE BORDILLO	TR 1	TR 2	TR 3	TR 4	SUMA DE TRAMOS	SECCION DEL BORDILLO (M2)	V. DE HOR. (M3)	DESPERDICIO 5%
BORDILLO 1 (M)	118.63	119.63	81.25	84.43	403.94	0.099	39.99	41.99
BORDILLO 2 (M)	3.21	10.66	8.15	9	31.02	0.07	2.17	2.28
BORDILLO 3 (M)		39.44	20.5	17.26	77.2	0.0825	6.37	6.69
BORDILLO 4 (M)					0	0.0375	0	0
BORDILLO 5 (M)	3.78				3.78	0.174	0.66	0.69
V DE HORMIGON (M3)	12.63	15.84	10.31	10.41			49.19	51.65

Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

Tabla 4 de volúmenes de base y sub base en bordillos desde el proyecto

MATERIAL DE SUB- BASE CLASE 1				
LONGITUD TOTAL	AREA TOTAL EN M2		SUB BASE M3	VIAJES DE VOLQUETAS U
515.94	0.15	0.45	34.83	4

MATERIAL DE RELLENO				
LONGITUD TOTAL	AREA TOTAL EN M2		RELLENO M3	VIAJES DE VOLQUETAS U
515.94	0.10	0.45	23.22	3

Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

Tabla 5 de tuberías que se usaron en el proyecto

TRAMO 4	TOTAL DE LONGITUD	TOTAL DE LONGITUD CON 8 TUBERIAS Ø110	TOTAL DE TUBERIAS U	TOTAL, DE TUBERIAS Ø110 CON 5% DE DESPERDICIO (U)
TUBERIA DE COMUNICACIONES 8 Ø110	132	1059	176	185
EEE - 8 TUBOS DE 110MM Y 2 TUBOS DE 160MMPVC TIPO DOBLE PARED	70	556	93	97
EEE - 12 TUBOS DE 110MMPVC TIPO DOBLE PARED	0	0	0	0
EEE - 8 TUBOS DE 110MMPVC TIPO DOBLE PARED	55	442	74	77
TOTAL DE TUBERIAS			343	360

TRAMO 3	TOTAL DE LONGITUD	TOTAL DE LONGITUD CON 8 TUBERIAS	TOTAL DE TUBERIAS U	TOTAL, DE TUBERIAS Ø110 CON 5% DE DESPERDICIO (U)
TUBERIA DE COMUNICACIONES 8 Ø110	97	773	129	135
EEE - 8 TUBOS DE 110MM Y 2 TUBOS DE 160MMPVC TIPO DOBLE PARED	69	556	93	97
EEE - 12 TUBOS DE 110MMPVC TIPO DOBLE PARED	0	0	0	0
EEE - 8 TUBOS DE 110MMPVC TIPO DOBLE PARED	28	228	38	40
TOTAL DE TUBERIAS			259	272

TRAMO 2	TOTAL DE LONGITUD	TOTAL DE LONGITUD CON 8 TUBERIAS	TOTAL DE TUBERIAS U	TOTAL, DE TUBERIAS Ø110 CON 5% DE DESPERDICIO (U)
TUBERIA DE COMUNICACIONES 8 Ø110	182	1459	243	255
EEE - 8 TUBOS DE 110MM Y 2 TUBOS DE 160MMPVC TIPO DOBLE PARED	114	910	152	159
EEE - 12 TUBOS DE 110MMPVC TIPO DOBLE PARED	0	0	0	0
EEE - 8 TUBOS DE 110MMPVC TIPO DOBLE PARED	68	541	90	95
TOTAL DE TUBERIAS			485	509

TRAMO 1	TOTAL DE LONGITUD	TOTAL, DE LONGITUD CON 8 TUBERIAS	TOTAL DE TUBERIAS U	TOTAL, DE TUBERIAS Ø110 CON 5% DE DESPERDICIO (U)
TUBERIA DE COMUNICACIONES 8 Ø110	121	971	162	170
EEE - 8 TUBOS DE 110MM Y 2 TUBOS DE 160MMPVC TIPO DOBLE PARED	61	489	82	86
EEE - 12 TUBOS DE 110MMPVC TIPO DOBLE PARED	0	0	0	0
EEE - 8 TUBOS DE 110MMPVC TIPO DOBLE PARED	57	454	76	80
TOTAL DE TUBERIAS			319	335

Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

Tabla 6 m3 de hormigón que se usaron en el proyecto

MATERIAL DE HORMIGON PAVIMENTO RIGIDO				
LONGITUD TOTAL PARA INTERVENIR	AREA TOTAL EN M2		HORMIGON M3	MIXER U
540.94	1.8	0.2	194.74	28

Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

Tabla 7 m3 de relleno que se usaron en el proyecto

MATERIAL DE RELLENO (PAVIMENTO RIGIDO)				
LONGITUD TOTAL PARA INTERVENIR	AREA TOTAL EN M2		RELLENO M3	VIAJES DE VOLQUETAS U
540.94	1.8	0.50	486.85	61

Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

Tabla 8 m3 de sub base que se usaron en el proyecto

MATERIAL DE SUB- BASE CLASE 1 (PAVIMENTO RIGIDO)				
LONGITUD TOTAL PARA INTERVENIR EN EL TRAMO 4 – TRAMO 5	AREA TOTAL EN M2		SUB BASE M3	VIAJES DE VOLQUETAS U
540.94	1.80	0.2	194.74	24

Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

Tabla 9 m3 de asfalto que se usaron en el proyecto

REPOSICION DE ASFALTO (PAVIMENTO FLEXIBLE)			
LONGITUD TOTAL	ANCHO CORTE	ESPEJOR	TOTAL DE REPOSICION M3
540.94	1.8	0.075	73

Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

Tabla 10 cantidades de m3 que se usaron en la acera del proyecto

	LONGITUD	PROFUNDIDAD	ANCHO	VOLUMEN TOTAL M3
EXCAVACION	515.94	0.60	1.80	557.22
RELLENO	515.94	0.40	1.80	371.48
SUB BASE	515.94	0.20	1.80	185.74
ARENA	515.94	0.03	1.80	27.86

Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

4.1.3. Programación lineal

También conocido como programación rítmica o tren de actividades el cual consiste en un sistema balanceado de producción constante. Que se aplica en los proyectos donde la variabilidad es reducida y el trabajo se lo puede dividir en partes iguales y se las denomina sector o frente, el cual reflejara el avance diario para cada una de las actividades.

- **Características**

Una de las características que posee el tren de actividades es que asegura la eficiencia del sistema, haciendo que se optimice las actividades por ser secuenciales o repetitivas. Tales actividades son consideradas como una estación de trabajo. Por lo tanto, se busca que todas las estaciones estén balanceadas en capacidad y demanda. De esta manera la cantidad de trabajo que se ejecuta en todas las estaciones es la misma, adicional todos los días de trabajo tendrá el mismo avance de obra.

- **Procedimientos**

El procedimiento que se utiliza en la programación lineal es la siguiente:

- Sectorizar el área del trabajo
- Una lista de actividades necesarias.
- Realizar una secuencia de las actividades, incluyendo los denominados colchones o buffers para cumplir con el tiempo establecido.
- Dimensionar todos los recursos de mano de obra (MO), equipo (Eq), Materiales (Mat), Subcontratos (SC).

Se muestra las dos primeras semanas del tren de actividades para el proyecto, podemos ver que en la aplicación de la herramienta lean, los sábados son buffers o días colchones, es decir, los sábados no se planifica ninguna actividad porque cada rubro debe seguir de una manera estricta el cronograma realizado junto con las cantidades propuestas. Solo en acontecimientos incontrolables puede hacer uso del sábado para completar su programación semanal. La planificación con el tren de trabajo completo de los rubros se los puede observar en ANEXOS.

Figura. 14 -Tren de actividades para las dos primeras semanas del proyecto.

ACTIVIDADES			OCTUBRE													
			SEMANA 1							SEMANA 2						
			L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S		
SUPERESTRUCTURA			30 ago	31 ago	1 sep	2 sep	3 sep	4 sep	6 sep	7 sep	8 sep	9 sep	10 sep	11 sep		
Trazado, replanteo y nivelacion	4000	m2														
			S1-A	S1-B	S1-C	S1-D	S2-A	S2-B	S2-C	S2-D	S3-A					
			166.67	165.67	168.25	165.67	166.67	165.67	168.25	165.67	166.67					
Demolicion de acera incluye desalojo	5600	m2														
			S1-A	S1-B	S1-C	S1-D	S2-A	S2-B	S2-C	S2-D						
			233.33	232.33	234.83	231.33	233.33	232.33	234.83	231.33						
Demolicion y Desalojo con Maquinaria de Bordillos Cunetas.	2060	m														
			S1-A	S1-B	S1-C	S1-D	S2-A	S2-B	S2-C	S2-D						
				85.83	84.83		85.33	86.33	85.83	84.83	85.33					
Corte de Carpeta Hormigon Asfaltico	516.8	m														
						S1-A	S1-B	S1-C	S1-D	S2-A	S2-B					
						21.53	21.57	21.72	21.63	21.53	21.57					
Desalojo de Carpeta Hormigon Asfaltico	516.8	m3														
						S1-A	S1-B	S1-C	S1-D	S2-A	S2-B					
						21.53	21.57	21.72	21.63	21.53	21.57					
Rotura de Pavimento Rigido, en la Calle Incluye Corte	1483.2	m3														
			S1-A	S1-B	S1-C	S1-D	S2-A	S2-B	S2-C	S2-D						
							61.80	62.30	61.30	61.30	61.80					
Desalojo de Pavimento Rigido, en la Calle	1483.2	m3														
			S1-A	S1-B	S1-C	S1-D	S2-A	S2-B	S2-C	S2-D						
							61.80	62.30	61.30	61.30	61.80					
Excavacion de canalizacion y cajas para vias	3110.4	m3														
			S1-A	S1-B	S1-C	S1-D	S2-A	S2-B	S2-C	S2-D						
							129.60	131.40	127.60	130.60						
Desalojo de excavacion de canalizacion y cajas para vias	3110.4	m3														
			S1-A	S1-B	S1-C	S1-D	S2-A	S2-B	S2-C	S2-D						
							129.60	131.40	127.60	130.60						
Relleno con Material de Prestamo Importado en via	1224	m3														
			S1-A	S1-B	S1-C											
							51.00	10.30	10.50							
Canalizacion de tuberias de datos y EEE para via	1955	m														
			S1-A	S1-B	S1-C											
							81.46	80.46	81.46							
Encofrado de cajas de hormigon armado para calzadas	768	m2														
			S1-A	S1-B												
										32.00	32.00					
Acero para cajas de calzadas	20798.4	kg														
			S1-A	S1-B												
										866.60	838.60					

Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

En el dimensionamiento de cuadrillas vemos la productividad que se tiene en cada rubro, es un proceso de secuencia del tren de trabajo, donde se analiza el recurso necesario para culminar el trabajo en el plazo establecido. Con el dimensionamiento de cuadrillas se espera obtener:

- Determina la mano de obra necesaria para realizar las actividades
- Estimar el estado final de las actividades y compararlos con los recursos humanos que se asignaron en el presupuesto
- Evaluar los beneficios para los costos directos e indirectos

En el primer ejemplo vamos a analizar el rubro de demolición de acera incluyendo el desalojo, tomando los salarios del año con el cual el proyecto se realizó.

Para este rubro se va a utilizar: dos operarios que van a hacer la labor de demolición y desalojo, un oficial o ayudante que colabore con los operarios, y el capataz o el maestro de obra que solo dará indicaciones, por lo tanto, se coloca un porcentaje de su participación.

Figura. 15 - Dimensionamiento de cuadrillas.

CUADRILLA PROPUESTA		Demolicion de acera incluye desalajo				
4.20 PERSONAS + - HH C/U						
Capataz	Operario	Ayudante	Obrero	Soldado		
Personas	0.20	1.00	1.00	1.00		
H-h	0.00	0.00	0.00	0.00		

	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S
hh																																				
Metrado																																				
met																																				
met acum																																				
Rend. dato																																				
Rend. Acum.																																				
Rend. Pres																																				

Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

Figura. 16 -Control de rendimiento de la cuadrilla y análisis de perdida/ganancia

Resumen de metrados	
Total hh Reales	806.40
Total Metrado Real	5,591.00
Total hh Presupuestadas	931.83
Diferencia (hh)	125.43
Bono de Capataz	
Diferencia (S/.)	553.47

Resumen de rendimientos	
Rendimiento Acumulado	0.14
Rendimiento Presupuestado	0.17
Diferencia Rendimiento	0.02
Metrado Ac	5,591.00
Diferencia (hh)	125.43
Bono de Capataz	
Diferencia (S/.)	553.47

Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

En la (Figura. 16) se puede observar el beneficio obtenido, comparando el rendimiento del presupuestado real vs el rendimiento acumulado utilizando una buena planificación y siguiendo el cronograma con las cantidades establecidas día a día.

Una gran parte de las constructoras o contratistas independientes cuando realizan los análisis de precios unitarios no poseen una base de datos sobre los rendimientos de cada partida presupuestaria o rubro, obligándolo a colocar rendimientos aleatorios o generales que cuadren con precio de la oferta, esta manera de realizar los APU no permite tener un control real de los rendimientos ni de las ganancias/perdidas del proyecto.

Figura. 17 -APU ofertado del rubro de demolición y desalojo con maquinaria de contrapiso de soportales y acera

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

NÚMERO DE RUBRO:

UNIDAD: m2

DESCRIPCIÓN:

Demolición y Desalojo con Maquinaria de Contrapiso de Soportales y Acera.

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO TOTAL D=CxR
Herramientas menores (5% de M/O)					\$0.04477
Minicargador	1.00000	35.00000	35.00000	0.02685	0.93972
Volqueta 8m3	1.00000	22.00000	22.00000	0.02685	0.59068
Retroexcavadora	1.00000	30.00000	30.00000	0.02685	0.80547
SUB TOTAL 1					\$2.38064
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO TOTAL D=CxR
Maestro mayor para la ejecucion de obra	1.00000	4.15000	4.15000	0.02685	0.11142
Chofer	1.00000	5.50000	5.50000	0.02685	0.14767
Operador Minicargador	1.00000	4.15000	4.15000	0.02685	0.11142
Operador Retroexcavadora	1.00000	4.15000	4.15000	0.02685	0.11142
Peón	4.00000	3.85000	15.40000	0.02685	0.41348
SUB TOTAL 2					\$0.89541
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT B	COSTO TOTAL C=AxB	
SUB TOTAL 3					
\$0.00000					
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO TOTAL C=AxB	
SUB TOTAL 4					
\$0.00000					
COSTOS DIRECTOS E = (1+2+3+4)					\$3.27605
INDIRECTOS %				15.00%	\$0.49141
UTILIDAD %				5.00%	\$0.16380
COSTO TOTAL					\$3.93126
VALOR OFERTADO					\$3.93

GUAYAQUIL, 15 DE ENERO DEL 2021

ESTOS VALORES NO INCLUYEN IVA

Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

Figura. 18 – Mano de obra corregida del rubro de demolición y desalojo con maquinaria de contrapiso de soportales y acera

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

NÚMERO DE RUBRO:

8

UNIDAD: m2

DESCRIPCIÓN:

Demolición y Desalojo con Maquinaria de Contrapiso de Soportales y Acera.

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO TOTAL D=CxR
Herramientas menores (5% de M/O)					\$0.02480
Minicargador	1.00000	35.00000	35.00000		
Volqueta 8m3	1.00000	22.00000	22.00000		
Retroexcavadora	1.00000	30.00000	30.00000		
SUB TOTAL 1					\$0.02480
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO TOTAL D=CxR
Maestro mayor para la ejecución de obra	0.20000	4.15000	0.83000	0.02684	0.02228
Chofer	1.00000	5.50000	5.50000	0.02684	0.14762
Operador Minicargador	1.00000	4.15000	4.15000	0.02684	0.11139
Operador Retroexcavadora	1.00000	4.15000	4.15000	0.02684	0.11139
Peón	1.00000	3.85000	3.85000	0.02684	0.10333
SUB TOTAL 2					\$0.49600
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT B	COSTO TOTAL C=AxB	
SUB TOTAL 3					\$0.00000
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO TOTAL C=AxB	
SUB TOTAL 4					\$0.00000
COSTOS DIRECTOS E = (1+2+3+4)					\$0.52080
INDIRECTOS %				15.00%	\$0.07812
UTILIDAD %				5.00%	\$0.02604
COSTO TOTAL					\$0.62496
VALOR OFERTADO					\$0.62

ESTOS VALORES NO INCLUYEN IVA

Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

Figura. 19 - APU con rendimiento de mano de obra propuesto real de demolición y desalojo con maquinaria de contrapiso de soportales y acera

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

NÚMERO DE RUBRO:

8

UNIDAD: m2

DESCRIPCIÓN:

Demolición y Desalojo con Maquinaria de Contrapiso de Soportales y Acera.

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO TOTAL D=CxR
Herramientas menores (5% de M/O)					\$0.15708
Minicargador	1.00000	35.00000	35.00000		
Volqueta 8m3	1.00000	22.00000	22.00000		
Retroexcavadora	1.00000	30.00000	30.00000		
SUB TOTAL 1					\$0.15708
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO TOTAL D=CxR
Maestro mayor para la ejecucion de obra	0.20000	4.15000	0.83000	0.17000	0.14110
Chofer	1.00000	5.50000	5.50000	0.17000	0.93500
Operador Minicargador	1.00000	4.15000	4.15000	0.17000	0.70550
Operador Retroexcavadora	1.00000	4.15000	4.15000	0.17000	0.70550
Peón	1.00000	3.85000	3.85000	0.17000	0.65450
SUB TOTAL 2					\$3.14160
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT B	COSTO TOTAL C=AxB	
SUB TOTAL 3					\$0.00000
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO TOTAL C=AxB	
SUB TOTAL 4					\$0.00000
COSTOS DIRECTOS E = (1+2+3+4)					\$3.29868
INDIRECTOS %				15.00%	\$0.49480
UTILIDAD %				5.00%	\$0.16493
COSTO TOTAL					\$3.95842
VALOR OFERTADO					\$3.96

ESTOS VALORES NO INCLUYEN IVA

Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

Figura. 20 - APU con rendimiento de mano de obra acumulado usando las herramientas de lean construction de demolición y desalojo con maquinaria de contrapiso de soportales y acera

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

NÚMERO DE RUBRO:

8

UNIDAD: m2

DESCRIPCIÓN:

Demolición y Desalojo con Maquinaria de Contrapiso de Soportales y Acera.

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO TOTAL D=CxR
Herramientas menores (5% de M/O)					\$0.12936
Minicargador	1.00000	35.00000	35.00000		
Volqueta 8m3	1.00000	22.00000	22.00000		
Retroexcavadora	1.00000	30.00000	30.00000		
SUB TOTAL 1					\$0.12936
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO TOTAL D=CxR
Maestro mayor para la ejecucion de obra	0.20000	4.15000	0.83000	0.14000	0.11620
Chofer	1.00000	5.50000	5.50000	0.14000	0.77000
Operador Minicargador	1.00000	4.15000	4.15000	0.14000	0.58100
Operador Retroexcavadora	1.00000	4.15000	4.15000	0.14000	0.58100
Peón	1.00000	3.85000	3.85000	0.14000	0.53900
SUB TOTAL 2					\$2.58720
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT B	COSTO TOTAL C=AxB	
SUB TOTAL 3					\$0.00000
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO TOTAL C=AxB	
SUB TOTAL 4					\$0.00000
COSTOS DIRECTOS E = (1+2+3+4)					\$2.71656
INDIRECTOS %				15.00%	\$0.40748
UTILIDAD %				5.00%	\$0.13583
COSTO TOTAL					\$3.25987
VALOR OFERTADO					\$3.26

ESTOS VALORES NO INCLUYEN IVA

Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

La (Figura. 17) nos presenta el APU con el cual fue aceptada la oferta, dentro de este APU observamos que la mano de obra no es utilizada completamente, instaurando un personal innecesario dentro de ese rubro, por lo tanto, el personal que sobra en esta actividad, puede tener una mayor producción en otros rubros, como es el caso de los peones, en este rubro se puede reducir los peones a una persona y mover los tres peones restantes en otra partida, en el caso del maestro podemos colocar un porcentaje de presencia debido que no se requieren mayores indicaciones en este rubro. En consecuencia, luego del análisis expuesto, se plantea la reducción de la cantidad de mano de obra.

En este ejemplo con el rubro de demolición de acera que incluye desalojo observamos en la (Figura. 18) un rendimiento general o aleatorio que ayuda a obtener el precio que se requiere. Sin embargo, nos muestra un costo muy bajo por m² de la mano de obra, en la (Figura. 19) se toma en consideración el rendimiento real de la mano de obra, en este ejemplo no vamos a tener en cuenta las tarifas de la maquinaria, con esto obtenemos un costo real de la M.O.

En la (Figura. 20) colocamos el rendimiento óptimo que podemos alcanzar siguiendo la planificación LC, esto nos da como resultado un costo menor al costo real, obteniendo una ganancia en este rubro, así como se muestra en la (Figura. 16)

Figura. 21 - APU con rendimiento de mano de obra ofertado de Pavimento de Hormigón 4,5Mpa. (Incluye Corte, juntas).

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

NÚMERO DE RUBRO:

UNIDAD: m3

DESCRIPCIÓN:

Pavimento de Hormigón 4,5Mpa. (Incluye Corte, juntas longitudinales, transversales, armadura en juntas y Sellado de Juntas)

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO TOTAL D=CxR
Herramientas menores (5% de M/O)					\$0.05363
Vibrador De Manguera	1.00000	3.50000	3.50000	0.03893	0.13627
Soldadora	1.00000	3.30000	3.30000	0.03893	0.12849
Taladro de Percusión + generador+broca.	0.50000	4.50000	2.25000	0.03893	0.08760
SUB TOTAL 1					\$0.40599
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO TOTAL D=CxR
Maestro mayor para la ejecucion de obra	1.00000	4.15000	4.15000	0.03893	0.16158
Peón	2.00000	3.85000	7.70000	0.03893	0.29980
Carpintero	1.00000	3.85000	3.85000	0.03893	0.14990
Albañil	1.00000	3.85000	3.85000	0.03893	0.14990
Ferrero	1.00000	3.85000	3.85000	0.03893	0.14990
Soldador	1.00000	4.15000	4.15000	0.03893	0.16158
SUB TOTAL 2					\$1.07266
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT B	COSTO TOTAL C=AxB	
Hormigón premezclado 4,5 MPA	m3	1.02000	105.00000	107.10000	
Aditivo Curador	kg	2.00000	2.80000	5.60000	
Tira de 1"	u	0.50000	1.45000	0.72500	
Cuartón	u	0.50000	3.50000	1.75000	
Tabla de 1"x4mt	u	0.50000	4.50000	2.25000	
Clavos 2 1/2"	kg	0.50000	3.00000	1.50000	
Sellante de Junta AP3	gln	0.50000	1.40000	0.70000	
Acero en barras corrugado Fy 4200kg/cm2	kg	25.00000	1.21000	30.25000	
Alambre recocido #18	kg	1.00000	1.99820	1.99820	
Soldadura 6011x1/8"	kg	2.00000	3.95000	7.90000	
SUB TOTAL 3					\$159.77320
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO TOTAL C=AxB	
SUB TOTAL 4					\$0.00000
COSTOS DIRECTOS E = (1+2+3+4)					\$161.25185
INDIRECTOS %					15.00%
					\$24.18778
UTILIDAD %					5.00%
					\$8.06259
COSTO TOTAL					\$193.50222
VALOR OFERTADO					\$193.50

Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

En el ejemplo de la (Figura. 21) se propone un valor de la mano de obra a \$1.07, este precio fue ajustado con el rendimiento para poder llegar al valor ofertado del rubro, lo que nos indica que no podemos utilizar el rendimiento para analizar el avance de los trabajos, ni pagar esa cantidad por m² en el rubro.

En la (Figura. 22) tenemos un rendimiento real con el cual podemos hacer varias comparaciones según los avances que tenga la obra, y nos da un valor real del posible costo de la mano de obra por m². Sin embargo, cuando se realiza la comparación entre el rendimiento real y el rendimiento acumulable se nota una diferencia relacionada a las horas/hombre de trabajo, es decir que el valor del rubro no sustituye el gasto que se realizara en la mano de obra contratada.

La (Figura. 24) tiene el rendimiento obtenido por la herramienta lean construcción la cual nos da un valor real del rubro, con ese rendimiento se puede ofertar sin tener una pérdida a futuro, además de tener un cronograma de actividades más organizado que nos ayuda a cumplir con el rubro.

Figura. 22 - APU con rendimiento de mano de obra adecuado para el Pavimento de Hormigón 4,5Mpa. (Incluye Corte, juntas).

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

INGENIERO CIVIL

NÚMERO DE RUBRO:

43

UNIDAD: m3

DESCRIPCIÓN:

Pavimento de Hormigón 4,5Mpa. (Incluye Corte, juntas longitudinales, transversales, armadura en juntas y Sellado de Juntas)

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO TOTAL D=CxR
Herramientas menores (5% de M/O)					\$0.31683
Vibrador De Manguera	1.00000	3.50000	3.50000	0.23000	0.80500
Soldadora	1.00000	3.30000	3.30000	0.23000	0.75900
Taladro de Percusión + generador+broca.	0.50000	4.50000	2.25000	0.23000	0.51750
SUB TOTAL 1					\$2.39833
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO TOTAL D=CxR
Maestro mayor para la ejecución de obra	1.00000	4.15000	4.15000	0.23000	0.95450
Peón	2.00000	3.85000	7.70000	0.23000	1.77100
Carpintero	1.00000	3.85000	3.85000	0.23000	0.88550
Albañil	1.00000	3.85000	3.85000	0.23000	0.88550
Fierrero	1.00000	3.85000	3.85000	0.23000	0.88550
Soldador	1.00000	4.15000	4.15000	0.23000	0.95450
SUB TOTAL 2					\$6.33650
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT B	COSTO TOTAL C=AxB	
Hormigón premezclado 4,5 MPA	m3	1.02000	105.00000	107.10000	
Aditivo Curador	kg	2.00000	2.80000	5.60000	
Tira de 1"	u	0.50000	1.45000	0.72500	
Cuartón	u	0.50000	3.50000	1.75000	
Tabla de 1"x4mt	u	0.50000	4.50000	2.25000	
Clavos 2 1/2"	kg	0.50000	3.00000	1.50000	
Sellante de Junta AP3	gln	0.50000	1.40000	0.70000	
Acero en barras corrugado Fy 4200kg/cm2	kg	25.00000	1.21000	30.25000	
Alambre recocido #18	kg	1.00000	1.99820	1.99820	
Soldadura 6011x1/8"	kg	2.00000	3.95000	7.90000	
SUB TOTAL 3					\$159.77320
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO TOTAL C=AxB	
SUB TOTAL 4					\$0.00000
COSTOS DIRECTOS E = (1+2+3+4)					\$168.50803
INDIRECTOS %					15.00%
					\$25.27620
UTILIDAD %					5.00%
					\$8.42540
COSTO TOTAL					\$202.20963
VALOR OFERTADO					\$202.21

Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

Figura. 23 - APU con rendimiento de mano de obra adecuado para el Pavimento de Hormigón 4,5Mpa. (Incluye Corte, juntas).

Resumen de metrados	
Total hh Reales	1,288.00
Total Metrado Real	380.70
Total hh Presupuestadas	88.13
Diferencia (hh)	- 1,199.88
Bono de Capataz	
Diferencia (S/.)	- 4,799.50

Resumen de rendimientos	
Rendimiento Acumulado	3.38
Rendimiento Presupuestado	0.23
Diferencia Rendimiento	- 3.15
Metrado Ac	380.70
Diferencia (hh)	- 1,199.88
Bono de Capataz	
Diferencia (S/.)	- 4,799.50

Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

Figura. 24 - APU con rendimiento de mano de obra acumulado usando la herramienta de Lean Construction para el Pavimento de Hormigón 4,5Mpa. (Incluye Corte, juntas).

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

INGENIERO CIVIL

NÚMERO DE RUBRO:

43

UNIDAD: m3

DESCRIPCIÓN:

Pavimento de Hormigón 4,5Mpa. (Incluye Corte, juntas longitudinales, transversales, armadura en juntas y Sellado de Juntas)

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO TOTAL D=CxR
Herramientas menores (5% de M/O)					\$4.65595
Vibrador De Manguera	1.00000	3.50000	3.50000	3.38000	11.83000
Soldadora	1.00000	3.30000	3.30000	3.38000	11.15400
Taladro de Percusión + generador+broca.	0.50000	4.50000	2.25000	3.38000	7.60500
SUB TOTAL 1					\$35.24495
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO TOTAL D=CxR
Maestro mayor para la ejecución de obra	1.00000	4.15000	4.15000	3.38000	14.02700
Peón	2.00000	3.85000	7.70000	3.38000	26.02600
Carpintero	1.00000	3.85000	3.85000	3.38000	13.01300
Albañil	1.00000	3.85000	3.85000	3.38000	13.01300
Ferrero	1.00000	3.85000	3.85000	3.38000	13.01300
Soldador	1.00000	4.15000	4.15000	3.38000	14.02700
SUB TOTAL 2					\$93.11900
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT B	COSTO TOTAL C=AxB	
Hormigón premezclado 4,5 MPA	m3	1.02000	105.00000	107.10000	
Aditivo Curador	kg	2.00000	2.80000	5.60000	
Tira de 1"	u	0.50000	1.45000	0.72500	
Cuartón	u	0.50000	3.50000	1.75000	
Tabla de 1"x4mt	u	0.50000	4.50000	2.25000	
Clavos 2 1/2"	kg	0.50000	3.00000	1.50000	
Sellante de Junta AP3	gln	0.50000	1.40000	0.70000	
Acero en barras corrugado Fy 4200kg/cm2	kg	25.00000	1.21000	30.25000	
Alambre recocido #18	kg	1.00000	1.99820	1.99820	
Soldadura 6011x1/8"	kg	2.00000	3.95000	7.90000	
SUB TOTAL 3					\$159.77320
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO TOTAL C=AxB	
SUB TOTAL 4					\$0.00000
COSTOS DIRECTOS E = (1+2+3+4)					\$288.13715
INDIRECTOS %				15.00%	\$43.22057
UTILIDAD %				5.00%	\$14.40686
COSTO TOTAL					\$345.76458
VALOR OFERTADO					\$345.76

Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

En el proyecto se realizó un análisis con los datos reales en obra del avance, en este ejemplo tomamos 3 semanas seguidas para hacer una comparación con las cantidades que se propone realizar cada semana y las cantidades reales ejecutadas.

En la (Figura. 25) podemos ver como entre las tres semanas solo se produce una cantidad de 31.63 m3, lidiando con algunas demoras y falta de flujo para ese rubro, mientras que para el cronograma de lean construction teniendo un flujo adecuado sin interrupciones y completando las actividades anteriores se puede tener un avance aproximado de 70 m3 por semana. Si miramos en porcentaje la comparación entre las dos semanas tenemos una productividad mayor al 100%.

Figura. 25 - Control de precio entre mano de obra y ejecutado de la semana 5

RUBRO	PRECIO MANO DE OBRA	SEMAMA 9											
		LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO	
		CANTIDAD EJECUTADA	MANO DE OBRA										
Pavimento de Hormigón 4,5Mpa. (Incluye Corte, juntas longitudinales, transversales, armadura en Juntasy Sellado de Juntas)	1.07	0.00	\$ -	0.00	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	6.54	\$ 7.02

RUBRO	PRECIO MANO DE OBRA	SEMAMA 10											
		LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO	
		CANTIDAD EJECUTADA	MANO DE OBRA										
Pavimento de Hormigón 4,5Mpa. (Incluye Corte, juntas longitudinales, transversales, armadura en Juntasy Sellado de Juntas)	1.07	0.00	\$ -	0.00	\$ -	0	\$ -	13.84	\$ 14.85	0	\$ -	11.25	\$ 12.07

RUBRO	DESCRIPCION	SEMANA 11					
		LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
		CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD
Pavimento de Hormigón 4,5Mpa. (Incluye Corte, juntas longitudinales, transversales, armadura en Juntasy Sellado de Juntas)							

7						8						9					
11-oct	12-oct	13-oct	14-oct	15-oct	16-oct	18-oct	19-oct	20-oct	21-oct	22-oct	23-oct	25-oct	26-oct	27-oct	28-oct	29-oct	30-oct
56.00	56.00	56.00	56.00	-	56.00	56.00	56.00	56.00	56.00	-	56.00	56.00	56.00	-	56.00	56.00	56.00
280.00	336.00	392.00	448.00	448.00	504.00	560.00	616.00	672.00	672.00	728.00	784.00	840.00	896.00	896.00	952.00	1,008.00	1,064.00
15.94	16.04	15.64	15.84	15.94	-	16.04	15.64	15.84	15.94	16.04	-	15.64	15.84	15.94	16.04	15.64	-
79.39	95.43	111.06	126.90	142.84	142.84	158.88	174.51	190.35	206.29	222.33	222.33	237.96	253.80	269.74	285.78	301.41	301.41
3.51	3.49	3.58	3.54	-	-	3.49	3.58	3.54	-	3.49	-	3.58	3.54	-	3.49	3.58	-
3.53	3.52	3.53	3.53	3.14	3.53	3.52	3.53	3.53	3.26	3.27	3.53	3.53	3.53	3.32	3.33	3.34	3.53
0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23

Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

Figura. 26 - Análisis de pérdida o ganancia de los rubros con mayor influencia en el proyecto

ITEM	RUBROS	UNIDADES	REND PROPUUESTO REAL	REND ACUMULADO DIA	TOTAL METRADO REAL	DELTA (diferencia de rendimiento)	GANANCIA / PÉRDIDA	PROMEDIO	GANANCIA / PERDIDA
1	Trazado, replanteo y nivelacion	m2	0.325	0.101	4,000.06	0.22	\$ 893.92	\$ 4.00	\$ 3,575.68
2	Demolicion de acera incluye desalojo	m3	0.167	0.144	5,591.00	0.02	\$ 125.43	\$ 4.41	\$ 553.47
3	Demolición y Desalojo con Maquinaria de Bordillos Cunetas.	m	0.050	0.315	2,054.00	- 0.26	-\$ 543.90	\$ 4.05	-\$ 2,202.80
4	Corte de Carpeta Hormigón Asfáltico	m3	0.476	0.409	518.78	0.07	\$ 34.94	\$ 4.00	\$ 139.75
5	Desalojo de Carpeta Hormigón Asfáltico	m3	0.667	1.004	518.78	- 0.34	-\$ 175.25	\$ 4.05	-\$ 709.75
6	Rotura de Pavimento Rígido, en la Calle Incluye Corte	m3	0.227	0.218	1,480.20	0.01	\$ 14.01	\$ 4.05	\$ 56.74
7	Desalojo de Pavimento Rígido, en la Calle	m3	0.250	0.358	1,480.20	- 0.11	-\$ 160.35	\$ 4.05	-\$ 649.42
8	Excavación de canalización y cajas para vías	m3	0.154	0.103	3,115.20	0.05	\$ 158.34	\$ 4.05	\$ 641.28
9	Desalojo de excavación de canalización y cajas para vías	m3	0.132	0.170	3,115.20	- 0.04	-\$ 118.34	\$ 4.05	-\$ 479.26
10	Relleno con Material de Préstamo Importado en via	m3	0.926	0.900	490.80	0.03	\$ 12.64	\$ 4.05	\$ 51.21
11	Canalización de tuberías de datos y EEE para via	m	0.200	0.330	1,961.00	- 0.13	-\$ 254.40	\$ 2.96	-\$ 753.66
12	Encofrado de cajas de hormigon armado para calzadas	u	1.000	0.873	768.00	0.13	\$ 97.60	\$ 2.96	\$ 289.14
13	Acero para cajas de calzadas	kg	0.040	0.023	20,660.40	0.02	\$ 360.02	\$ 3.95	\$ 1,422.06
14	Hormigon para cajas en calzadas	m3	3.333	2.883	158.70	0.45	\$ 71.40	\$ 3.95	\$ 282.03
15	Relleno Compactado con Material de Préstamo Importado en via	m3	0.556	0.518	1,225.08	0.04	\$ 46.20	\$ 4.05	\$ 187.11
16	Excavación y Desalojo con Equipo Mecánico para acera.	m3	0.556	0.433	1,248.00	0.12	\$ 152.73	\$ 4.05	\$ 618.57
17	Canalización para acera de datos y EEE incluye arena	m	0.200	0.457	580.00	- 0.26	-\$ 149.00	\$ 3.95	-\$ 588.55
18	Instalacion de tubería de AASS	m	0.333	0.395	1,080.00	- 0.06	-\$ 66.40	\$ 3.95	-\$ 262.28
19	Encofrado para cajas de hormigon de AASS	u	4.000	7.097	60.00	- 3.10	-\$ 185.80	\$ 3.95	-\$ 733.91
20	Hormigonado de cajas de AASS	m3	4.000	14.193	30.00	- 10.19	-\$ 305.80	\$ 3.95	-\$ 1,207.91
21	Relleno Compactado con Material de Préstamo Importado en acera	m3	0.556	0.206	2,466.60	0.35	\$ 861.13	\$ 4.05	\$ 3,487.59
22	Instalacion de tuberías AAPP incluye arena	m	0.200	0.981	500	- 0.78	-\$ 390.40	\$ 4.00	-\$ 1,561.60
23	Relleno Compactado con Material de Préstamo Importado para bordillo	m3	2.222	3.367	142.5	- 1.14	-\$ 163.13	\$ 4.05	-\$ 660.69
24	Material Base Clase 1 . Inc. Compactación y Transporte Acera y Bordillo	m3	2.778	4.141	113.8	- 1.36	-\$ 155.09	\$ 4.05	-\$ 628.11
25	Encofrado para Bordillos f'c=280 kg/cm2.	m	0.167	0.119	4125.4	0.05	\$ 197.97	\$ 4.00	\$ 791.87
26	Hormigon para Bordillos f'c=280 kg/cm2. (Incluye Construcción y Sellado de Junta)	m3	0.481	1.894	229.5	- 1.41	-\$ 324.21	\$ 3.95	-\$ 1,280.63
27	Desencofrado para Bordillos f'c=280 kg/cm2.	m	0.042	0.206	4120	- 0.16	-\$ 676.33	\$ 3.85	-\$ 2,603.88
28	Material Base Clase 1 . Inc. Compactación y Transporte en vías	m3	0.278	0.633	720	- 0.36	-\$ 255.80	\$ 4.05	-\$ 1,035.99
29	Acero para pavimento (dowel de Hormigón 4,5Mpa. (Incluye Corte, juntas)	kg	0.067	0.036	18690	0.03	\$ 580.40	\$ 3.95	\$ 2,292.58
30	Pavimento de Hormigón 4,5Mpa. (Incluye Corte, juntas)	m3	0.231	3.383	380.7	- 3.15	-\$ 1,199.88	\$ 4.00	-\$ 4,799.50
31	Instalacion de Piso de Adoquin de Arcilla Prensado de 4x10x21cm,	m2	0.100	0.449	2400	- 0.35	-\$ 838.40	\$ 3.95	-\$ 3,311.68
32	Capa de Rodadura de Hormigón Asfáltico Inc. Imprimación	m3	1.333	2.802	516.8	- 1.47	-\$ 758.93	\$ 4.00	-\$ 3,035.73
	TOTAL DE GANANCIA / PERDIDA								-\$ 12,116.27

Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

En la (Figura. 26) se puede observar los rubros representativos del proyecto, con los que se hizo una comparación de precios unitarios en relación con el rendimiento y las horas que compensa el trabajo realizado en cada uno.

Según el análisis realizado, el resultado que nos muestra es una pérdida de un 2 % del monto contractual, esto se debe por algunos motivos entre ellos se encuentra: exceso de personal o maquinaria en un solo rubro, falta de control en el tiempo para terminar un rubro o dicha actividad, los rubros no constan de un flujo para realizar las actividades de manera secuencial

4.5.1. Beneficiarios directos e indirectos

Los beneficios directos que se puede conseguir con lean construction, desde un ámbito empresarial tenemos:

- **Mejorar de la productividad**

Mejora la productividad al eliminar aquellos procesos improductivos, consiguiendo de esta manera mejorar el rendimiento de la empresa.

- **Mayor satisfacción para el cliente**

Lean construction se orienta en las necesidades precisas del cliente, gestionando que la entrega del producto o servicio se realice en el momento y lugar requerido por este.

- **Reducir costos**

Cuando se optimizan los procesos de producción, se reducen los costos que no son necesarios y no proveían beneficios a la empresa.

- **Reducir inventarios**

Bajo el modelo de lean se disminuye considerablemente los 'derroches', reduciendo así, la sobreproducción y permitiendo ahorros en la administración del proyecto.

CONCLUSIÓN

A continuación, se presenta y analiza los resultados que se obtuvo de la aplicación de los principios y el pensamiento de lean construcción, como una nueva herramienta para reducir el efecto de los factores en el tiempo de entrega de los proyectos.

Entre los factores de riesgo que se identificaron en el proyecto, estaba el sobretiempos que tomaban los trabajadores al realizar las tareas de los rubros, exceso de personal o maquinaria, que se ocupaba en las actividades de un solo rubro y falta de flujo en actividades claves, las cuales no dejaban avanzar al proyecto, se realizó un cronograma de obra con LC de los rubros más relevantes, obteniendo de esta manera una relación real de costo/tiempo, monitoreando la productividad del trabajo.

En base a los resultados mostrados con los rubros más influyentes se pueden evidenciar una pérdida del 2% en relación con el monto contractual de la obra, debido a los rendimientos irreales que se acomodan en los análisis de precios unitarios para poder ganar alguna oferta, ajustando los valores, teniendo una pérdida significativa como se lo demostró en este trabajo. Se evaluó de manera semanal los rubros más representativos del proyecto y su proyección para el progreso de la obra con la herramienta LC, dando como resultado un cronograma real terminando la obra en seis meses, lo cual reduce el tiempo a un 33% del plazo de entrega.

Se puede obtener importantes beneficios mediante la implementación LC en los procesos para obras públicas y privadas, teniendo un control de los costos, mejorando el diseño y los procesos, alcanzando los beneficios esperados, mejorando el ambiente y la colaboración entre los trabajadores, de esta manera estaríamos reduciendo los costos de una obra, manteniendo el margen de beneficio, pero asumiendo que desde el comienzo de la obra un porcentaje de las actividades y servicios que vamos a realizar son improductivas y no añaden valor.

RECOMENDACIONES

Al desarrollar el presente trabajo, como propuesta se ha planteado lo siguiente:

Utilizar las herramientas LC el cual es un sistema que permite la organización del proyecto, teniendo un seguimiento de la viabilidad del plan, reduciendo los desperdicios, construyendo métodos para mejorar un plan de hitos y un plan de ejecución, así mismo obtener un cambio de cultura en las empresas constructoras con una nueva gestión de proyectos.

Se recomienda a las empresas constructoras que oferten a obras públicas o tengan contratos privados, evaluar de una manera real los rendimientos de la mano de obra tomando en consideración, que aquello es de suma importancia para obtener una planificación y producción que se acorde al avance de obra.

Finalmente, para implementar L.C en las empresas constructoras, se necesita la participación de todos los involucrados en el proyecto para la toma de decisiones, esto hace que el plan sea más preciso, además de identificar los factores que están afectando la relación tiempo/costo, de esta manera podemos disminuir los sobretiempos de un proyecto y mejorar la productividad, creando una cultura innovadora, a fin de ofrecer oportunidades para que los trabajadores aprendan e implementen una construcción eficiente.

Al seguir estas recomendaciones se garantiza un funcionamiento adecuado, el cual satisface las nuevas y futuras peticiones en la construcción. La proyección y el procesamiento, que con ayuda de estas herramientas inteligentes provocarán planes con una producción y proyectos que serán generados de una forma autónoma.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alejandro Polanco Carrasco. (2019). *AVANCES TECNOLÓGICOS EN PROYECTOS DE INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN-CARRASCO*.
- Allo, R. I. G. & Bhaskara, A. (2022). WASTE MATERIAL ANALISYS WITH THE IMPLEMENTATION OF LEAN CONSTRUCTION. *Jurnal Teknik Sipil*, 18(2), 343–355. <https://doi.org/10.28932/jts.v18i2.4494>
- Ames, L. E. (2023). *LOS CONTRATOS NEC, UNA NUEVA ERA*. <https://www.claseejecutiva.com.pe/blog/articulos/solucion-para-chile-los-contratos-nec-simples->
- Aslesen, S., Entreprenør, V. & Tommelein, I. (2016). *WHAT " MAKES " THE LAST PLANNER? A TYPOLOGY OF BEHAVIORAL PATTERNS OF LAST PLANNERS Supporting the design of competitive organizations by a domain-specific application framework for the viable system model View project*. <https://www.researchgate.net/publication/305619236>
- Ballard, G. (2008). *The Lean Project Delivery System: An Update*. www.leanconstructionjournal.org
- Ballard, G. (2018). Das Last Planner System. En *Lean Construction – Das Managementhandbuch* (pp. 121–135). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-55337-4_8
- Ballard, G. & Howell, G. A. (2003). Lean project management. *Building Research and Information*, 31(2), 119–133. <https://doi.org/10.1080/09613210301997>
- Brioso, X. & Fuentes Hurtado, D. (2020). Adaptando el Lean Project Delivery System a la elaboración o actualización de un plan de estudios de ingeniería civil incorporando BIM, Realidad Virtual y Fotogrametría = Adapting Lean Project Delivery System to the elaboration or updating of the Civil Engineering Undergraduate Degree Plan, incorporating BIM, Virtual Reality and Photogrammetry. *Advances in Building Education*, 4(3), 35. <https://doi.org/10.20868/abe.2020.3.4509>
- Sastre. (2023). Contratos del sector público. *Revista de Derecho Público: Teoría y método*, 465–506. <https://doi.org/10.37417/ManDerAdm/L19>
- Enrique, L. & Peralta, A. (2023). *La odisea de la construcción, un acercamiento a la Autoridad Nacional de Infraestructura (ANI)*. https://www.swissinfo.ch/spa/per%C3%BA-lluvias_per%C3%BA-declara-en-emergencia-de-nivel-
- Felipe Pons, I. R. (2021). *LEAN CONSTRUCTION*. www.juanfelipepons.com
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., María del Pilar Baptista Lucio, D. & Méndez Valencia Christian Paulina Mendoza Torres, S. (2014). *Con la colaboración de*.
- Holweg, M. (2007). The genealogy of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(2), 420–437. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2006.04.001>
- Juan Felipe Pons Achell. (2014). *Introducción a Lean Construction*. www.fundacionlaboral.org

- Koskela, L. J., Ballard, G. & Tommelein, I. (2002). *The foundations of lean construction Haciric View project Retirement View project*.
<https://www.researchgate.net/publication/28578914>
- Kotter, J. P. (1995). *Leading Change: Why Transformation Efforts Fail Harvard Business Review*.
- Socconini. (2019). *Más allá de la manufactura*.
- Maria G Mandujano. (2010). *Análisis del Costo de Desperdicios de los Insumos en la Construcción de Vivienda Horizontal*.
- Olav, T., Knudsen, J. B. & Rønneberg, I. (2018). Factors affecting implementation of lean construction. *IGLC 2018 - Proceedings of the 26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction: Evolving Lean Construction Towards Mature Production Management Across Cultures and Frontiers, 2*, 1261–1271.
<https://doi.org/10.24928/2018/0234>
- Pacheco. (2006). *Metodología de la investigacion pacheco*.
- Perrone, M. G. N. (2019). The urban regeneration implemented in Guayaquil and Barcelona. Unveiling the project rhetoric of public space. *Bitacora Urbano Territorial*, 29(3), 91–100. <https://doi.org/10.15446/bitacora.v29n3.70047>
- Porras Díaz, H., Giovanni, O., Rivera, S., Alberto, J. & Guerra, G. (2014). Lean Construction philosophy for the management of construction projects: a current review. *AVANCES Investigación en Ingeniería*, 11(1).
- Taiicho Ohno. (1991). *EL SISTEMA DE PRODUCCION TOYOTA Más allá de la producción a gran escala*.
- Torres, G., Guillermo, H., Avila, I., Rey, L., Achell, P., Felipe, J., Garrido, S., Luis, J., Flores, S., Gustavo, E., Reynoso, V. & Felipe, C. (2023). *FUNDAMENTOS DE LEAN CONSTRUCTION Y LA MEJORA CONTINUA (MÉXICO 2023)*. 2023.
- Yu, J. H. & Kwon, H. R. (2011). Critical success factors for urban regeneration projects in Korea. *International Journal of Project Management*, 29(7), 889–899.
<https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2010.09.001>

ANEXOS

Figura. 28 - Dimensionamiento de cuadrillas rubro demolición de acera

CUADRILLA PROPUESTA
4.20 PERSONAS + - HH C/U

Demolicion de acera incluye desalojo

	Capataz	Operario	Ayudante	Chofer	Sabado
Personas	0.20	2.00	1.00	1.00	-
H/día	8.00	8.00	8.00	8.00	0

	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S
hh	33.60	33.60	33.60	33.60	-	33.60	33.60	33.60	33.60	33.60	33.60	-	33.60	33.60	33.60	33.60	33.60	-	33.60	33.60	33.60	33.60	33.60	-	33.60	33.60	33.60	33.60	33.60	-	33.60	33.60	33.60	33.60	33.60	-
hhacum		33.60	67.20	100.80	100.80	134.40	168.00	201.60	235.20	268.80	268.80	302.40	336.00	369.60	403.20	436.80	436.80	470.40	504.00	537.60	571.20	604.80	604.80	638.40	672.00	705.60	739.20	772.80	772.80	806.40						
met	-	-	233.33	232.33	234.83	-	231.33	233.33	232.33	234.83	231.33	-	233.33	232.33	234.83	231.33	233.33	-	232.33	234.83	231.33	233.33	232.33	-	234.83	231.33	233.33	232.33	234.83	-	231.33					
met acum	-	233.33	465.67	700.50	700.50	931.83	1,165.17	1,397.50	1,632.33	1,863.67	1,863.67	2,097.00	2,329.33	2,564.17	2,795.50	3,028.83	3,028.83	3,261.17	3,496.00	3,727.33	3,960.67	4,193.00	4,193.00	4,427.83	4,659.17	4,892.50	5,124.83	5,359.67	5,359.67	5,591.00						
Ren diario			0.14	0.14	0.14	0.15	0.14	0.14	0.14	0.15	0.14		0.14	0.14	0.14	0.15	0.14		0.14	0.14	0.15	0.14	0.14		0.14	0.15	0.14	0.14	0.14	0.15						
Ren. Acum.			0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14						
Rend. Pres			0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17						

Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

Figura. 29 - Control de rendimiento de la cuadrilla y análisis de perdida/ganancia rubro demolición de acera

Resumen de metrados	
Total hh Reales	806.40
Total Metrado Real	5,591.00
Total hh Presupuestadas	931.83
Diferencia (hh)	125.43
Bono de Capataz	
Diferencia (S/.)	553.47

Resumen de rendimientos	
Rendimiento Acumulado	0.14
Rendimiento Presupuestado	0.17
Diferencia Rendimiento	0.02
Metrado Ac	5,591.00
Diferencia (hh)	125.43
Bono de Capataz	
Diferencia (S/.)	553.47

Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

Figura. 30 - Dimensionamiento de cuadrillas rubro “demolición y desalojo de maquinaria con bordillo”

CUADRILLA PROPUESTA
- PERSONAS + 5.5 HH C/U

Demolicion y Desalojo con Maquinaria de Bordillos Cunetas.

	Capataz	Operario	Ayudante			Sabado
Personas	0.05	2.00	1.00			3.05
H día	8.00	8.00	8.00			4

	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	
	1						2						3						4						5												
	30-ago	31-ago	1-sep	2-sep	3-sep	4-sep	6-sep	7-sep	8-sep	9-sep	10-sep	11-sep	13-sep	14-sep	15-sep	16-sep	17-sep	18-sep	20-sep	21-sep	22-sep	23-sep	24-sep	25-sep	27-sep	28-sep	29-sep	30-sep	1-oct	2-oct	4-oct	5-oct	6-oct	7-oct	8-oct	9-oct	
hh				24.40	24.40	12.20	24.40	24.40	24.40	24.40	24.40	12.20	24.40	24.40	24.40	24.40	24.40	12.20	24.40	24.40	24.40	24.40	24.40	12.20	24.40	24.40	24.40	24.40	24.40	12.20	24.40	24.40					
hhacum				24.40	48.80	61.00	85.40	109.80	134.20	158.60	183.00	195.20	219.60	244.00	268.40	292.80	317.20	329.40	353.80	378.20	402.60	427.00	451.40	463.60	488.00	512.40	536.80	561.20	585.60	597.80	622.20	646.60					
met				85.83	84.83	-	85.33	86.33	85.83	84.83	85.33	-	86.33	85.83	84.83	85.33	86.33	-	85.83	84.83	85.33	86.33	85.83	-	84.83	85.33	86.33	85.83	84.83	-	85.33	86.33					
met acum				85.83	170.67	170.67	256.00	342.33	428.17	513.00	598.33	598.33	684.67	770.50	855.33	940.67	1,027.00	1,027.00	1,112.83	1,197.67	1,283.00	1,369.33	1,455.17	1,455.17	1,540.00	1,625.33	1,711.67	1,797.50	1,882.33	1,882.33	1,967.67	2,054.00					
Rend diario				0.28	0.29		0.29	0.28	0.28	0.29	0.31	0.29	0.28	0.28	0.29	0.29	0.28		0.28	0.29	0.29	0.28	0.28		0.29	0.29	0.31	0.31	0.28	0.29	0.29	0.28					
Rend. Acum.				0.28	0.29		0.33	0.32	0.31	0.31	0.31	0.31	0.32	0.32	0.31	0.31	0.31		0.32	0.32	0.31	0.31	0.31		0.32	0.32	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.32	0.31				
Rend. Pres				0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

Figura. 31 - Control de rendimiento de la cuadrilla y análisis de perdida/ganancia rubro “demolición y desalojo de maquinaria con bordillo”

Resumen de metrados	
Total hh Reales	646.60
Total Metrado Real	2,054.00
Total hh Presupuestadas	102.70
Diferencia (hh)	- 543.90
Bono de Capataz	
Diferencia (S/.)	- 2,202.80

Resumen de rendimientos	
Rendimiento Acumulado	0.31
Rendimiento Presupuestado	0.05
Diferencia Rendimiento	- 0.26
Metrado Ac	2,054.00
Diferencia (hh)	- 543.90
Bono de Capataz	
Diferencia (S/.)	- 2,202.80

Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

Figura. 32 -Dimensionamiento de cuadrillas' rubro "rotura de pavimento rígido incluye corte"

CUADRILLA PROPUESTA						Rotura de Pavimento Rígido, en la Calle Incluye Corte													
02 PERSONAS + 5.5 HH C/U																			
	Capataz	Operario	Ayudante	Oficial	Sabado														
Personas	0.05	1.00	0.50		1.55														
Horas	8.00	8.00	8.00		4														

L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	
1						2						3						4						5						5						
30-ago	31-ago	1-sep	2-sep	3-sep	4-sep	6-sep	7-sep	8-sep	9-sep	10-sep	11-sep	13-sep	14-sep	15-sep	16-sep	17-sep	18-sep	20-sep	21-sep	22-sep	23-sep	24-sep	25-sep	27-sep	28-sep	29-sep	30-sep	1-oct	2-oct	4-oct	5-oct	6-oct	7-oct	8-oct	9-oct	
						12.40	12.40	12.40	12.40	12.40	6.20	12.40	12.40	12.40	12.40	12.40	6.20	12.40	12.40	12.40	12.40	12.40	6.20	12.40	12.40	12.40	12.40	12.40	6.20	12.40	12.40	12.40	12.40			
						12.40	24.80	37.20	49.60	62.00	68.20	80.60	93.00	105.40	117.80	130.20	136.40	148.80	161.20	173.60	186.00	198.40	204.60	217.00	229.40	241.80	254.20	266.60	272.80	285.20	297.60	310.00	322.40			
						61.80	62.30	61.30	61.30	61.80	-	62.30	61.30	61.30	61.80	62.30	-	61.30	61.30	61.80	62.30	61.30	-	61.30	61.80	62.30	61.30	61.30	-	61.80	62.30	61.30	61.30			
						61.80	124.10	185.40	246.70	308.50	308.50	370.80	432.10	493.40	555.20	617.50	617.50	678.80	740.10	801.90	864.20	925.50	925.50	986.80	1,048.60	1,110.90	1,172.20	1,233.50	1,233.50	1,295.30	1,357.60	1,418.90	1,480.20			
						0.20		0.20	0.20	0.20		0.20		0.20	0.20	0.20		0.20		0.20	0.20	0.20		0.20		0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20			
						0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.22	0.22	0.22	0.22	0.21	0.21	0.21	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.21	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22		
						0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23		

Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

Figura. 33 - Control de rendimiento de la cuadrilla y análisis de perdida/ganancia rubro "rotura de pavimento rígido incluye corte"

Resumen de metrados	
Total hh Reales	322.40
Total Metrado Real	1,480.20
Total hh Presupuestadas	336.41
Diferencia (hh)	14.01
Bono de Capataz	
Diferencia (S/.)	56.74

Resumen de rendimientos	
Rendimiento Acumulado	0.22
Rendimiento Presupuestado	0.23
Diferencia Rendimiento	0.01
Metrado Ac	1,480.20
Diferencia (hh)	14.01
Bono de Capataz	
Diferencia (S/.)	56.74

Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

Figura. 34 - Dimensionamiento de cuadrillas rubro “desalojo de pavimento rígido”

CUADRILLA PROPUESTA		Desalojo de Pavimento Rígido, en la Calle				
02 PERSONAS + 5.5 HH C/U						
	Capataz	Operario	Ayudante	Oficial	Sabado	
Personas	0.05	2.00	0.50			2.55
H día	8.00	8.00	8.00			4

	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S
hh							20.40	20.40	20.40	20.40	20.40	10.20	20.40	20.40	20.40	20.40	20.40	10.20	20.40	20.40	20.40	20.40	20.40	10.20	20.40	20.40	20.40	20.40	20.40	10.20
hhacum	-	-					20.40	40.80	61.20	81.60	102.00	112.20	132.60	153.00	173.40	193.80	214.20	224.40	244.80	265.20	285.60	306.00	326.40	336.60	357.00	377.40	397.80	418.20	438.60	448.80
met							61.80	62.30	61.30	61.30	61.80	-	62.30	61.30	61.30	61.80	62.30	-	61.30	61.30	61.80	62.30	61.30	-	61.30	61.80	62.30	61.30	61.30	-
met acum							61.80	124.10	185.40	246.70	308.50	308.50	370.80	432.10	493.40	555.20	617.50	617.50	678.80	740.10	801.90	864.20	925.50	925.50	986.80	1,048.60	1,110.90	1,172.20	1,233.50	1,233.50
Ren diario							0.33	0.33	0.33	0.33	0.33		0.33		0.33	0.33	0.33		0.33		0.33	0.33	0.33		0.33		0.33	0.33	0.33	
Ren. Acum.							0.33	0.33	0.33	0.33	0.36	0.36	0.35	0.35	0.35	0.35	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.35	0.35	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36
Rend. Pres							0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25

Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

Figura. 35 - Control de rendimiento de la cuadrilla y análisis de perdida/ganancia rubra “desalojo de pavimento rígido”

Resumen de metrados		Resumen de rendimientos	
Total hh Reales	530.40	Rendimiento Acumulado	0.36
Total Metrado Real	1,480.20	Rendimiento Presupuestado	0.25
		Diferencia Rendimiento	- 0.11
Total hh Presupuestadas	370.05	Metrado Ac	1,480.20
Diferencia (hh)	- 160.35	Diferencia (hh)	- 160.35
Bono de Capataz		Bono de Capataz	
Diferencia (S/.)	- 649.42	Diferencia (S/.)	- 649.42

Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

Figura. 36 -Dimensionamiento de cuadrillas rubro acero para cajas de calzadas

CUADRILLA PROPUESTA
02 PERSONAS +5.5 HH C/U

Acero para cajas de calzadas

	Capataz	Operario	Ayudante	Fierro	Sabado
Personas	0.20		1.00	1.00	2.20
H día	8.00		8.00	8.00	4

	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S
hh																																										
hh acum	-	-																																								
met																																										
met acum																																										
Ren diario																																										
Ren. Acum.																																										
Rend. Pres																																										

Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

Figura. 37 - Control de rendimiento de la cuadrilla y análisis de perdida/ganancia rubro acero para cajas de calzadas.

Resumen de metrados	
Total hh Reales	466.40
Total Metrado Real	20,660.40
Total hh Presupuestadas	826.42
Diferencia (hh)	360.02
Bono de Capataz	
Diferencia (S/.)	1,422.06

Resumen de rendimientos	
Rendimiento Acumulado	0.02
Rendimiento Presupuestado	0.04
Diferencia Rendimiento	0.02
Metrado Ac	20,660.40
Diferencia (hh)	360.02
Bono de Capataz	
Diferencia (S/.)	1,422.06

Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

Figura. 38 - Dimensionamiento de cuadrillas rubro hormigón para cajas en calzadas

CUADRILLA PROPUESTA
02 PERSONAS + 5.5 HH C/U

Hormigón para cajas en calzadas

	Capataz	Obrero	Ayudante	Albañil	Sabado
Personas	0.20		1.00	1.00	2.20
Eds	8.00		8.00	8.00	4

	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S
hh																																										
hhacum																																										
met																																										
met acum																																										
Rend diario																																										
Rend Acum.																																										
Rend. Pres																																										

Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

Figura. 39 - Control de rendimiento de la cuadrilla y análisis de perdida/ganancia rubro hormigón para cajas en calzadas

Resumen de metrados	
Total hh Reales	457.60
Total Metrado Real	158.70
Total hh Presupuestadas	529.00
Diferencia (hh)	71.40
Bono de Capataz	
Diferencia (S/.)	282.03

Resumen de rendimientos	
Rendimiento Acumulado	2.88
Rendimiento Presupuestado	3.33
Diferencia Rendimiento	0.45
Metrado Ac	158.70
Diferencia (hh)	71.40
Bono de Capataz	
Diferencia (S/.)	282.03

Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

Figura. 40 - Dimensionamiento de cuadrillas rubro hormigón para bordillo

CUADRILLA PROPUESTA
02 PERSONAS + 5.5 HH C/U

Hormigon para Bordillos F'c=280 kg/cm2. (Incluye Construcción y Sellado de Junta)

	Capataz	Operario	Apoyador	Albañil	Sellado
Personas	0.05	1.00	1.00	1.00	2.00
Horas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S								
hh																																																								
Metrado																																																								
Perdido																																																								
Rend Acum.																																																								
Rend Prom.																																																								

Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

Figura. 41 - Control de rendimiento de la cuadrilla y análisis de perdida/ganancia rubro hormigón para bordillo

Resumen de metrados	
Total hh Reales	434.60
Total Metrado Real	229.50
Total hh Presupuestadas	110.39
Diferencia (hh)	- 324.21
Bono de Capataz	
Diferencia (S/.)	- 1,280.63

Resumen de rendimientos	
Rendimiento Acumulado	1.89
Rendimiento Presupuestado	0.48
Diferencia Rendimiento	- 1.41
Metrado Ac	229.50
Diferencia (hh)	- 324.21
Bono de Capataz	
Diferencia (S/.)	- 1,280.63

Elaborado por: Consuegra Silva (2024)

