

FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Civil

**“INFLUENCIA DE LA FILOSOFÍA LEAN
CONSTRUCTION EN EL MEJORAMIENTO DE LA
PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO CONSTRUCTIVO
DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA LUIS EDUARDO
VALCÁRCEL - YONÁN - 2019”**

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERA CIVIL

Autor:

Bach. Lizet Sofia Castillo Hernandez

Asesor:

Ing. Mg. Wiston Henry Azañedo Medina

Trujillo - Perú

2020

DEDICATORIA

A DIOS por su grande amor y su infinita misericordia, por haberme guiado a lo largo de mi vida. A mis padres Henry Castillo Ortiz y Gloria Hernández Saldaña por su amor, esfuerzo, apoyo y paciencia en todo momento. A mis hermanas y a mi abuelita Flor por estar siempre conmigo. A mi tía Marita Cholán Ruiz por su apoyo a lo largo de mi carrera universitaria.

AGRADECIMIENTO

A Dios por protegerme y guiarme a lo largo de mi vida, mi más profundo agradecimiento a mis padres por todo su esfuerzo. A mi Asesor, el Ing. Wiston Henry Azañedo Medina y profesores por tener ese compromiso en la formación de buenos profesionales, A mis amigos que me brindaron su tiempo para el logro de mis objetivos.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE ECUACIONES	10
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Realidad problemática.....	12
1.1. Formulación del problema	20
1.2. Objetivos	20
1.3. Hipótesis.....	20
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	21
2.1. Tipo de investigación	21
2.2. Diseño de Investigación	21
2.3. Variables de Estudio.....	22
2.4. Población y muestra	22
2.5. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	22
2.6. Procedimiento.....	25

CAPÍTULO III. RESULTADOS	36
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	75
4.1 Discusión.....	75
4.2 Conclusiones	81
4.3 Recomendaciones	83
REFERENCIAS	84
ANEXOS	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Instrumento Matriz de Categorización	24
Tabla 2. Formato para curvas de productividad de la partida asentado de ladrillo	38
Tabla 3. Formato para curvas de productividad de la partida tarrajeo en columnas	39
Tabla 4. Formato para curvas de productividad de la partida tarrajeo en muro de cerco perimétrico.....	40
Tabla 5. Tabla de estimación de cuadrilla de la partida muro de ladrillo de arcilla de sogá, mezcla 1:5 x 1.5 cm.....	47
Tabla 6. Tabla de estimación de cuadrilla de la partida tarrajeo de cerco perimétrico (muro, columnas y viga).....	47
Tabla 7. Actividades correspondientes al trabajo productivo de la partida asentado de ladrillo	55
Tabla 8. Actividades correspondientes al trabajo contributivo de la partida asentado de ladrillo.....	56
Tabla 9. Actividades correspondientes al trabajo no contributivo de la partida asentado de ladrillo.....	56
Tabla 10. Conformación de cuadrilla 1 de asentado de ladrillo	56
Tabla 11. Conformación de cuadrilla 2 de asentado de ladrillo	57
Tabla 12. Actividades correspondientes al Trabajo Productivo de la partida tarrajeo	59
Tabla 13. Actividades correspondientes al Trabajo Contributivo de la partida tarrajeo	59
Tabla 14. Actividades correspondientes al Trabajo no Contributivo de la partida tarrajeo	60
Tabla 15. Conformación de cuadrilla 1 de la partida tarrajeo	60
Tabla 16. Conformación de cuadrilla 2 de la partida de tarrajeo.....	60

Tabla 17. Tabla comparativa de tiempos de programación entre el método tradicional y la Filosofía Lean Construcción. 73

Tabla 18. Tabla comparativa de costo de mano de obra de la partida asentado de ladrillo. 74

Tabla 19. Tabla comparativa de costo de mano de obra de la partida de tarrajeo de cerco perimétrico..... 74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Formato de carta Balance.....	24
Figura 2. Procedimiento de la investigación.	25
Figura 3: Curvas de productividad	28
Figura 4: Curvas de productividad en mejora	29
Figura 5: Registro semanal de producción.....	37
Figura 6: Curva de productividad de la partida asentado de ladrillos de cabeza	39
Figura 7: Curva de productividad de la partida tarrajeo de columnas	40
Figura 8: Curva de productividad de la partida tarrajeo de muro perimétrico.	41
Figura 9: Sectorización de cerco perimétrico.....	42
Figura 10: División de actividades por día.....	43
Figura 11. Tren de Actividades correspondiente a la construcción del cerco perimétrico..	45
Figura 12. Partidas correspondientes al tren de actividades.....	46
Figura 13: Registro de datos en formato de Carta Balance	48
Figura 14: Nivel general de actividad partida asentado de ladrillo.....	51
Figura 15: Nivel general de actividad partida tarrajeo.....	51
Figura 16: Distribución del tiempo de ocupación entre los trabajos contributorios de tarrajeo	52
Figura 17: Distribución del tiempo de ocupación en los trabajos contributorios de asentado de ladrillo.....	53
Figura 18: Distribución del tiempo de ocupación de las actividades del trabajo no contributorio de la partida de asentado de ladrillo	54
Figura 19: Distribución del tiempo de ocupación de las actividades del trabajo no contributorio.	54

Figura 20: Porcentajes de ocupación del tiempo individual de dos cuadrillas de la partida asentado de ladrillo	57
Figura 21: Desagregado del trabajo contributorio realizado por las dos cuadrillas	58
Figura 22: Porcentajes de ocupación del tiempo individual de dos cuadrillas de la partida tarrajeo	61
Figura 23: Desagregado del trabajo contributorio realizado por las dos cuadrillas de la partida tarrajeo	62
Figura 24. Programación maestra de obra	64
Figura 25. Lookahead en construcción de cerco perimétrico	66
Figura 26. Lookahead (mano de obra)	67
Figura 27: Lookahead - análisis de restricciones de la construcción de cerco perimétrico	68
Figura 28. Programación semanal	70
Figura 29: Resultados publicado en la tesis de pre grado PUCP	79
Figura 30: Estadística publicada por Virgilio Ghio sobre 50 obras en Lima (2004)	79
Figura 31. Actividad de excavación con maquinaria pesada de zanja para cimiento corrido	88
Figura 32. Actividad de vaciado de concreto ciclópeo en cimiento corrido	88
Figura 33. Actividad de vaciado de concreto ciclópeo en cimiento corrido	88
Figura 34. Actividad de vaciado de sobrecimiento	88
Figura 35. Actividad de asentado de ladrillo	88
Figura 36. Actividad de vaciado de columnas	88
Figura 37. Actividad de encofrado de vigas	88
Figura 38. Actividad de vaciado de vigas	88
Figura 39. Encofrado y vaciado de vigas	88
Figura 40. Actividad de tarrajeo de muro, columnas y vigas de cerco perimétrico	88

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 . Ecuación para hallar el rendimiento	28
---	----

RESUMEN

La presente tesis, Influencia de la filosofía Lean Construction en el mejoramiento de la productividad del proceso constructivo de la Institución Educativa Luis Eduardo Valcárcel en el distrito de Yonán, provincia de Contumazá, departamento Cajamarca, tiene como objetivo principal determinar la influencia en el mejoramiento de la productividad del proceso constructivo de la institución educativa Luis Eduardo Valcárcel. Se aplicó las herramientas Lean Construction (Last Planner System y Lean Project Delivery System) en la planificación y en el control de la ejecución del proyecto dirigido a la reducción de pérdidas y optimización de los procesos productivos, para la recolección de datos se utilizó como guía de observación la carta balance lo cual facilitó la obtención de datos sobre los tipos de trabajo, asimismo se empleó informes diarios donde se registraban los rendimientos de los operarios. Como resultados se obtuvo un 50% y 58% de trabajo productivo en las partidas de asentado de ladrillo y tarrajeo, asimismo se obtuvo una reducción de tiempo de ejecución y de costos en alrededor del 25%. Se determinó que la filosofía Lean Construction muestra beneficios bastantes alentadores para la industria de la construcción, ya que logra un mayor índice en la productividad minimizando desperdicios, agregando valor al producto.

Palabras clave: Productividad, Lean Construction, Last Planner System, Lean Project Delivery System

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En el mundo siempre ha existido proyectos de todas clases y dimensiones, desde la fabulosa muralla china hasta el desarrollo de un nuevo producto para una empresa. La gestión de proyectos tiene como objetivo obtener el mejor resultado en el menor tiempo posible, es decir conseguir más beneficios por menos dinero. Los enfoques mal estructurados no funcionan. Muchos de los proyectos no consiguen entregarse en el tiempo previsto y acorde con un presupuesto, porque las personas que lo manejan carecen de habilidades y conocimientos de las técnicas más eficaces para alcanzar resultados óptimos. (Bonnie & Teresa, 2012)

En Colombia actualmente en la industria de la construcción es cada vez más común escuchar conceptos relacionados con la productividad, ya que debido a la globalización es una necesidad para las empresas ser cada vez más productivas y competitivas para así garantizar su permanencia en el tiempo. La construcción es uno de los principales motores de la economía, por lo cual este sector está en búsqueda de métodos que permitan planificar y desarrollar proyectos eficientes, que no incurran en sobrecostos ni reproceso y que disminuya su nivel de incertidumbre. (Henao, 2010)

Según (Ruano, 2010) en Chile, en los años 1986 y 1997 la construcción presentó un crecimiento continuo lo que permitió una consolidación de la industria y en especial en el perfeccionamiento en los sistemas de edificación. La mejora de los sistemas de construcción consistió principalmente en la incorporación de maquinaria y elementos que mejoraron la productividad.

En España, la productividad en la construcción se ve afectado directamente por la era digital, que la sitúan en algunos aspectos estancados en el tiempo. El mayor de ellos es lograr un enfoque más productivo, esto conlleva a un cambio de estrategia en la planificación, control y gestión en los procesos de ejecución de obras, apostando por nuevas herramientas, metodologías que permitan maximizar los resultados, reduciendo las pérdidas y concediendo la toma de decisiones. (Cerveró, 2017)

La productividad en los procesos productivos en la industria de la construcción en el Perú Según (Ghio, 2001) hace mención que en el país solo se produce efectivamente el 28% de tiempo. De no mejorar los niveles de ocupación del tiempo y mantenerlos en niveles que no generen productividad, el país no podrá salir de la condición de nación subdesarrollada.

En Cajamarca no se han hecho estudios para medir la productividad en el proceso constructivo. En el distrito de Yonán se ha podido apreciar que no se utiliza ninguna herramienta o nueva tecnología para mejorar la producción, la planificación de las obras se ejecuta con los métodos convencionales.

La ISO 9001 es una norma internacional basada en la gestión y los requisitos de control de los procesos destinada a alcanzar la mejora de los mismos, se centra en la detección y determinación de procesos de la organización como actividad decisiva para su funcionamiento eficaz. El proceso de evaluación del cumplimiento de los ítems exigidos por ISO 9001 será valorado/auditado por personal que reúne todas las competencias técnicas que la propia norma determina. Alcanzando el aumento de la productividad tras la evaluación inicial y la consiguiente mejora de los procesos que

se producen durante su implementación, así como también de la mejora en la capacitación y calificación de los empleados. Al disponer de mejor documentación y de un control de los procesos, es posible alcanzar una estabilidad en el desempeño, reducir la cantidad de desperdicio y evitar la repetición del trabajo (ISO-9001, 2015).

Según (Aguilar, 2010) en su tesis titulada “Estudio comparativo de la productividad de Construcción de casas en serie, utilizando el método de planificación tradicional y el sistema del último planificador” cuyo objetivo fue dar a conocer la importancia y el impacto que tiene la productividad, dentro de los procesos constructivos, llego a la conclusión que al implementar la calidad en los procesos constructivos y administrativos, se ven mejoras, tanto internas como externas en las empresas, como resultado de los procedimientos y normas de calidad aplicadas, logrando la satisfacción del cliente, que es el objetivo primordial de la empresa.

Según (Arboleda, 2014) en su tesis titulada “Análisis de productividad, rendimientos y consumo de mano de obra en procesos constructivos, elemento fundamental en la fase de planeación”, cuyo objetivo fue analizar la productividad, rendimientos y consumo de mano de obra en procesos constructivos, de edificaciones de la zona sur de Medellín, llegó a la conclusión que los niveles de actividad obtenidos de una muestra de veinte edificios en construcción revelan que un 50% del tiempo de las jornadas de trabajo fue dedicado a labores que no agregan valor a los productos. El potencial de mejoramiento se encuentra en las labores no contributivas, las que suman un 26% del tiempo total de trabajo y representan una inactividad laboral debido principalmente a ineficiencias en la regulación de los flujos de recursos.

Según (Sanchez, Rosa, & Benavides, 2014) En su tesis titulada “Implementación del sistema lean construction para la mejora de productividad en la ejecución de los trabajos de estructuras en obras de edificación de viviendas” cuyo objetivo de investigación fue implementar las herramientas de gestión de productividad de la filosofía Lean Construcción para mejorar la productividad de los trabajos estructurales para edificación de viviendas, llego a la conclusión que con solo implementar el uso de las herramientas de planificación y control de la filosofía Lean construcción en la obra, se incrementó el trabajo productivo (TP) hasta el orden del 44% promedio, que nos da fundamentos para suponer, que si se gestiona algunos trabajos contributivos (TC), se reduce o se elimina algunos trabajos no contributivos (TNC) utilizando la gráfica de Pareto, se puede llegar a niveles superiores de productividad. Para llegar a niveles óptimos de TP 60%, TC 25% y TNC 15%, en los próximos proyectos, se requerirá un uso responsable de las herramientas planteadas en este trabajo, que se deben conjugar con un adecuado manejo de la contractibilidad, durante el desarrollo del diseño del proyecto e implementar tecnología e innovación en los procesos constructivos.

Según (Ramos & Salvador, 2013) En su tesis titulada “Evaluación de la aplicación del sistema Last Planner en la construcción de edificios multifamiliares en Arequipa” , cuyo objetivo de investigación fue evaluar la aplicabilidad del sistema Last Planner en la construcción de edificios multifamiliares en el departamento de Arequipa a partir de un diagnóstico realizado en el inicio del proyecto para, posteriormente, optimizar la productividad en base a una propuesta de mejora de la mano de obra, llegada de materiales a tiempo y aseguramiento del cumplimiento de actividades diarias, llego a concluir que el sistema de planificación Last Planner es aplicable en la ciudad de

Arequipa ya que se ha tenido a lo largo de 3 meses de obra en la primera etapa un mejoramiento y aprendizaje notable que ha conseguido tener ahorros en las partidas de acero, concreto, encofrado y solaqueo exterior e interior. Es pertinente decir que a partir de una propuesta de planificación eficiente se ha logrado mejorar la partida de concreto en 34%, la partida de acero en 2%, la partida de solaqueo en 5% y la partida de encofrado en 2%, cabe resaltar que esta mejora se refleja en el resultado operativo.

En conclusión en el sector de la construcción para que el proceso constructivo venga progresando, se debe empezar por saber en qué estado se encuentra los indicadores de productividad y calidad permitiendo conocer el desempeño que se viene dando en la ejecución del proyecto, Implementando herramientas y nuevas tecnologías que faciliten la identificación de los tiempos, contributivos, no contributivos y productivos, de tal manera poder eliminar actividades que no aporten valor en el producto final logrando maximizar la productividad.

En el tiempo record de 20 meses la empresa Cosapi logró construir la sede del Banco de la Nación en la avenida Javier Prado Este, en San Borja, que con sus 30 pisos y cuatro sótanos es el edificio más alto del Perú con 135.5 metros de altura. Para poder construir los 66,539 metros cuadrados de la mega estructura, Cosapi implementó un conjunto de metodologías y tecnologías de construcción. Como el sistema de trabajo fast-track para la ingeniería y construcción en paralelo y unificó la ingeniería, el diseño y el control de la construcción con la plataforma Building Information Modeling (BIM) combinada con las tecnologías REVIT, la filosofía Lean Construction y Last Planner. Utilizando estas herramientas, y nuevas tecnologías la empresa Cosapi logró aumentar la productividad y construir en menor tiempo. (Cosapi, 2017)

La filosofía Lean construcción se implementó en la construcción de los estacionamientos subterráneos del parque Kennedy en Miraflores. Una de las características de este proyecto es haberse concluido en un plazo adecuado. Y eso fue posible gracias a los enfoques que la gerencia de proyectos aplicó en la ejecución. La filosofía Lean Construction, así como la metodología Last Planner permitieron un avance más efectivo, superando las restricciones e inconvenientes que se presentaron. (Costos, 2017)

La productividad en el proceso constructivo viene siendo afectada directamente por la mala planificación al ejecutar una obra. A pesar que la construcción se ha comenzado a industrializar en los últimos años, ésta aún conserva ciertas cosas artesanales. El trabajo del recurso humano, en general, es poco eficiente. Más del 50% del tiempo total de trabajo es destinado a trabajo no contributivo a la producción, lo que muestra la existencia de un alto potencial de mejoramiento. (Martines & Alarcon, 1988)

Según (Villagarcia, 2005) hace mención que en los últimos 10 años, ha ido en aumento el número de empresas del sector de construcción preocupadas por el tema de calidad y productividad, aun son pocas las que se registran sus rendimientos de productividad, o que realizan algún seguimiento de calidad en sus obras e implementen alguna herramienta o nueva tecnología para minimizar desperdicios y maximizar el valor al cliente.

En el país existen pocos estudios acerca de la productividad y calidad en el sector. Uno de los estudios realizados en nuestro país (Arboleda, 2014) acerca de la productividad,

fue elaborado por el Prof. Virgilio Ghio Castillo. Los resultados de esta investigación dieron lugar al libro “Productividad en obras de construcción: diagnóstico, crítica y propuesta” del Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Este libro presenta un panorama actual de la productividad de mano de obra en la construcción peruana y brinda herramientas para mejorarla a través de políticas de gestión de la producción adecuadas. (Ghio, 2001)

La productividad en la ejecución de los proyectos de construcción es afectada por un gran y variado número de factores, cuyo efecto no siempre es fácil de identificar o cuantificar. Muchos tienden a responsabilizar a los trabajadores de gran parte de los problemas de productividad y desvían su atención de otras áreas que tienen una mayor participación como es la administración de la obra, el entorno en que se desarrolla la obra con sus participantes, el tiempo y método de trabajo, el personal del proyecto.

La productividad se mide en relación al contenido de trabajo productivo, ya que son estas las actividades, las que aportan al avance físico real de una obra. El problema es que, en general, los sistemas de control tradicionales no muestran donde se producen las actividades no contributivas, las que pasan desapercibidas en el contexto general. Normalmente, durante la ejecución del trabajo se va produciendo una cantidad apreciable de actividades no contributivas que van restando tiempo disponible para producir. Sobre estas actividades hay que actuar, para mejorar la productividad. (Serpell A. , Productividad en la Construcción, 1985)

En la construcción implementando esta filosofía y sus herramientas tiene la posibilidad de aumentar su productividad hasta un 60 % si se pasa del modelo de gestión

tradicional, a otro avanzado, aplicando técnicas de Lean Construction. Las herramientas que nos proporciona la filosofía Lean Construction como puede ser Last Planner System, 5S, Lean Project Delivery System, Target Value Design, están cambiando el sector de la construcción. (Cerveró, 2017)

La utilización del nuevo enfoque de producción se encuentra en hacer más eficientes las actividades de transformación que agregan valor, minimizando o eliminando las actividades que no lo generan, es decir las pérdidas, logrando una mayor productividad en el proceso constructivo. Por lo tanto, el uso de las técnicas de Lean Construction permite obtener una obra de buena calidad, en menor tiempo y a bajo costo, sin que los trabajadores vean afectada su seguridad. Se pueden reducir costos y aun así mantener una excelente calidad a lo largo del proceso de elaboración del proyecto. (ILCP, 2014)

La presente investigación busca dar a conocer de qué manera la filosofía Lean construction influye en la productividad de los procesos constructivos de un proyecto de construcción, aplicando técnicas de mejora en la planificación y control de la ejecución, obteniendo como resultado de las modificaciones en los procesos una reducción de costos, aumento de utilidades y una estructura competitiva en el mercado. Asimismo, esta investigación pretende dar a conocer a estudiantes universitarios, entidades públicas y privadas sobre lo importante que es implementar la filosofía Lean Construction en proyectos de construcción civil para generar mayor productividad.

1.1. Formulación del problema

¿De qué manera influye la Filosofía Lean Construction en el mejoramiento de la productividad del proceso constructivo de la Institución Educativa Luis Eduardo Valcárcel- Yonán?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar la influencia de la filosofía Lean Construction en el mejoramiento de la productividad del proceso constructivo de la Institución Educativa Luis Eduardo Valcárcel – Yonán.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar en qué medida influye en el costo de ejecución en las partidas Asentado de ladrillo y tarrajeo, la aplicación de la filosofía Lean Construcción en la etapa del proceso constructivo de la Institución Educativa Luis Eduardo Valcárcel – Yonán.
- Determinar en qué medida influye la aplicación de la filosofía Lean Construction en el cumplimiento de la programación de las partidas Asentado de ladrillo y Tarrajeo de la construcción de la Institución Educativa Luis Eduardo Valcárcel – Yonán.

1.3. Hipótesis

1.3.1. Hipótesis general

La aplicación de la filosofía Lean Construcción en la construcción de la Institución Educativa Luis Eduardo Valcárcel influirá positivamente mejorando la productividad en un 60%, reduciendo costos en un 25% y optimizando el plazo en

los procesos productivos en un 25%, medidos en la ejecución de las partidas asentado de ladrillo y tarrajeo de la construcción de la Institución Educativa Luis Eduardo Valcárcel en Yonán-Cajamarca 2019.

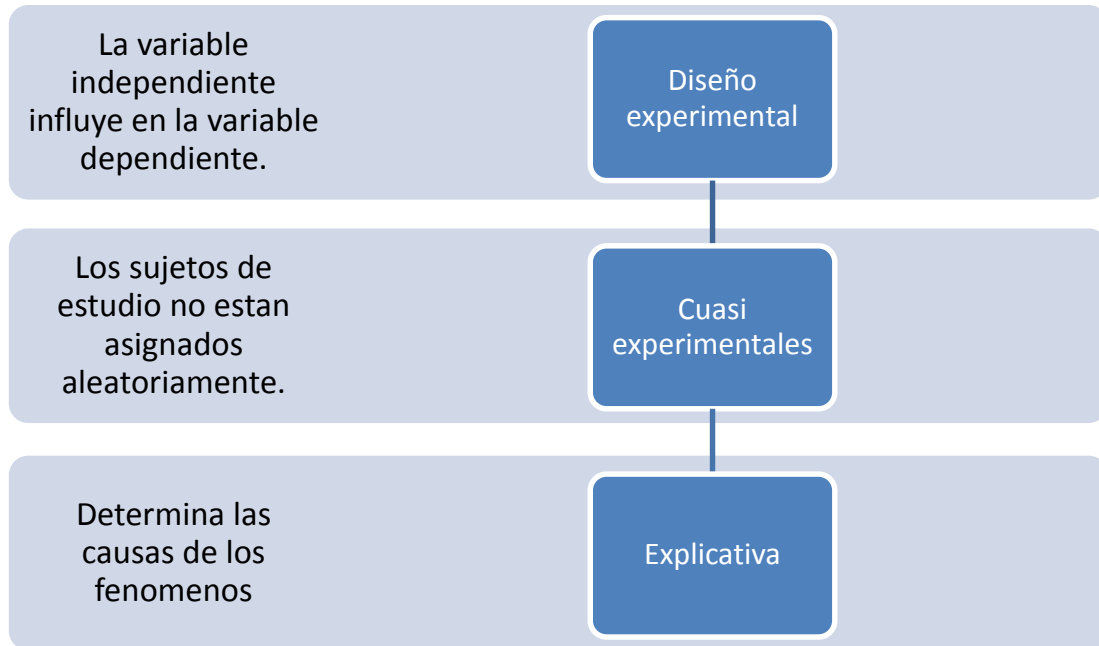
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación del presente proyecto es aplicativa y el diseño de investigación es de tipo EXPERIMENTAL debido a que la variable independiente (Filosofía Lean Construction) influye y cambia a la variable dependiente (Productividad en el proceso Constructivo). Siendo un diseño experimental, porque es una situación de control en lo cual se manipula de manera intencional, una o más variables independientes para analizar la consecuencia sobre una o más variables dependientes. Se encuentra dentro del diseño Cuasi Experimental debido a que los sujetos de estudio no están asignados aleatoriamente, es decir son asignados por el autor, y esta ubicados en un subgrupo de las explicativas la cual es determinada de determinar la causa de los fenómenos.

2.2. Diseño de Investigación

El diseño de investigación del presente proyecto es de tipo EXPERIMENTAL debido a que la variable independiente (Filosofía Lean Construction) influye y cambia a la variable dependiente (Productividad en el proceso constructivo). Siendo un diseño experimental, porque es una situación de control en la cual se manipula de manera intencional, una o más variables independientes para analizar la consecuencia sobre una o más variables dependientes. Se encuentra dentro del diseño CUASI EXPERIMENTAL debido a que los sujetos de estudio no están asignados aleatoriamente, es decir son asignados por el autor, y está ubicado en un subgrupo de las explicativas la cual es la encargada de determinar la causa de los fenómenos.



2.3. Variables de Estudio

Independiente: Filosofía Lean Construction

Dependiente: Productividad en el proceso constructivo

2.4. Población y muestra

2.4.1 Población: En la presente investigación la población será todas las partidas de la construcción de la Institución Educativa Luis Eduardo Valcárcel.

2.4.1 Muestra: En el presente proyecto de investigación el tipo de muestreo es no probabilístico ya que cada elemento de la población no tiene la misma probabilidad de pertenecer a la muestra (Las partidas de la construcción de la Institución Educativa Luis Eduardo Valcárcel). En este proyecto el muestreo es por conveniencia ya que la muestra se elige a criterio del autor, por ende se seleccionó las partidas de Asentado de ladrillos y Tarrajeo, donde se evidencian usualmente el mayor desperdicio de material, mala distribución de mano de obra y son una de las partidas con mayor incidencia en el presupuesto.

2.5. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.5.1. Técnicas:

La técnica empleada para la recolección de datos, es la Revisión Documental ya que en la investigación se extraerán documentos para la aplicación de la Filosofía Lean Construction en las partidas de la construcción de la Institución Educativa Luis Eduardo Valcárcel y se utilizará también la Observación ya que se tendrá que registrar visualmente lo que ocurre en cada partida, los recursos utilizados, el tiempo empleado para ejecutar cada actividad.

2.5.2. Instrumentos de recolección

El instrumento de investigación a utilizar en la elaboración del proyecto será la matriz de categoría debido a que permite saber que analizar, para qué, y asegura que se permita presentar los resultados de manera coherente y ordenada. Lo que servirá para un mayor análisis de las partidas obtenidas para el desarrollo de este proyecto. Además, se usará guías de Observación (Carta balance) para poder registrar y medir datos de los tiempos productivos (TP), contributivos (TC) y no contributivos (TNC), de tal manera poder mejorar la productividad. La validación de datos se hará con la verificación de un experto.

Tabla 1.

Instrumento Matriz de Categorización

Eje	Categoría	Técnicas
Productividad	Producción de cada cuadrilla. Tiempo que se demora en ejecutar una Actividad	Curvas de productividad en Excel.
Rendimiento	Rendimiento evaluado diariamente por cuadrilla.	Informes diarios del rendimiento por cuadrilla en cada actividad.
Tiempos	Tiempo Contributivo Tiempo no contributivo Tiempo productivo	Informes diarios de TP,TC, TNC de cada colaborador.

FORMATO DE TOMA DE DATOS CARTA BALANCE			
PROYECTO:		ACTIVIDAD:	
MUESTRADOR:		DESCRIPCION:	
Nº FORMATO:		FECHA:	HORA DE INICIO:

Tiempo (min)	Obr. 1	Obr. 2	Obr. 3	Obr. 4
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				

TRABAJO PRODUCTIVO (TP)	

TRABAJO CONTRIBUTIVO (TC)	

TRABAJO NO CONTRIBUTIVO (TNC)	

	Cargo	Nombres y apellidos
Obrero 1		
Obrero 2		
Obrero 3		

Figura 1: Formato de carta Balance. Fuente propia

2.5.3. Análisis de Datos:

Estadística Descriptiva

2.6. Procedimiento

Para la presente investigación se realizarán los siguientes procedimientos para la aplicación de la filosofía Lean Construction en las partidas de la construcción de la Institución Educativa Luis Eduardo Valcárcel – Yonán.

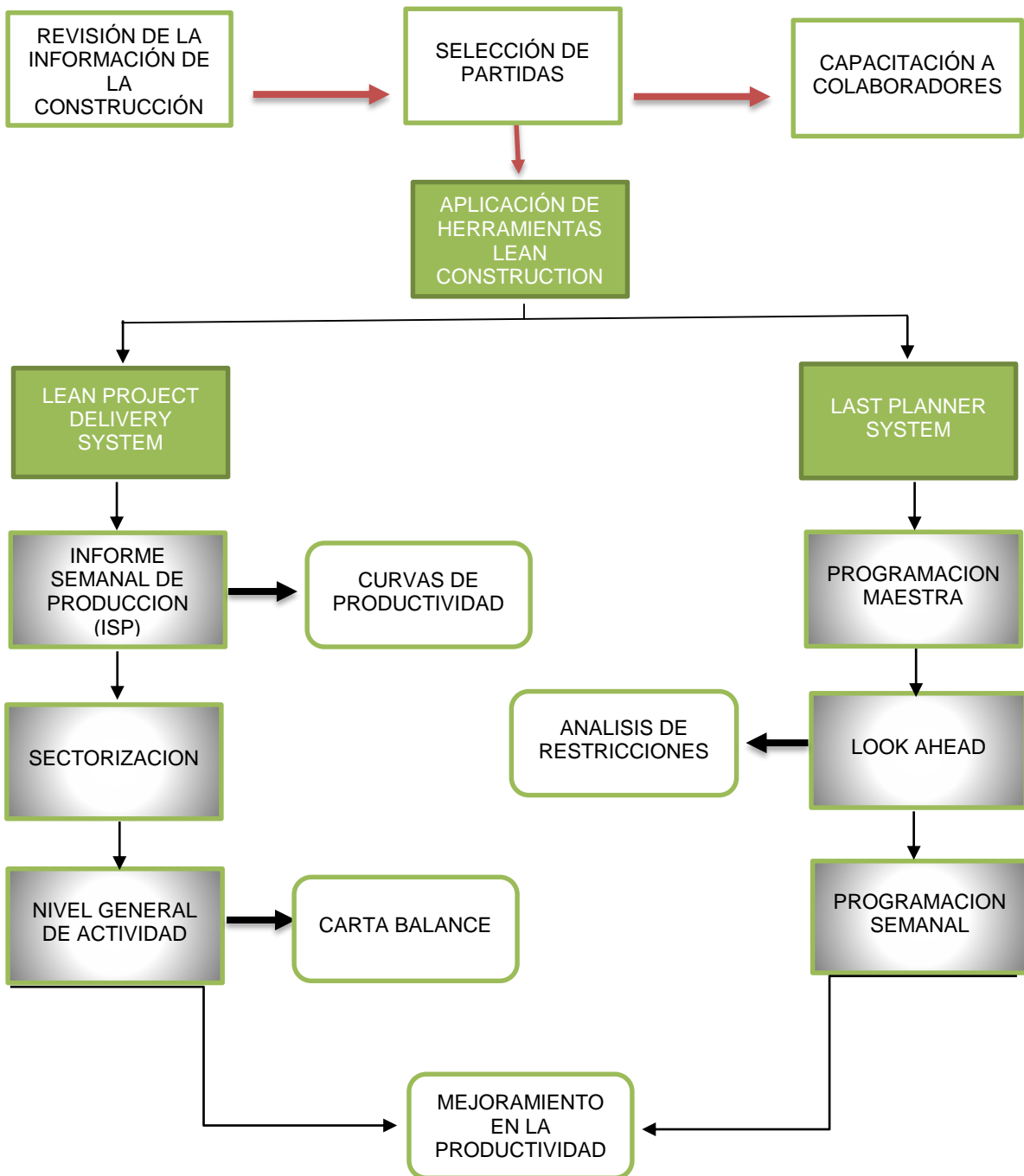


Figura 2.Procedimiento de la investigación. Fuente propia

1. Revisión de la Información de la construcción:

Se realizará la revisión documental a cerca de la construcción de la Institución Educativa Luis Eduardo Valcárcel – Yonán, tanto de las partidas que se realizarán, como del presupuesto y el cronograma del proyecto.

Selección de Partidas

Se hace la visita de la construcción del Colegio Luis Eduardo Valcárcel, se selecciona las partidas donde se aplicará la filosofía Lean construcción para la mejora de productividad.

Capacitación a Trabajadores

Se realizó reuniones con quienes estaban al frente de la obra, el Gerente, el Ingeniero Residente, el Administrador de Obra, y el Maestro de Obra para informarles en que comprendía la Filosofía Lean Construction y los beneficios que tiene al aplicar sus herramientas como Lean Delivery System y Last Planner System.

Esta etapa generará que la productividad aumente considerablemente. Asimismo, las reuniones permitirán realizar una retroalimentación diaria, lo cual permitirá identificar los errores y posteriormente corregirlos.

Herramientas Lean Construction

Las Herramientas Lean aplicadas son las siguientes:

Lean Project Delivery System (LPDS)

LPDS es un proceso colaborativo para la gestión integral del proyecto, a lo largo de todo el periodo que dura este. Se utiliza un equipo en todo el desarrollo 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 edificio, instalaciones o infraestructura. En la presente investigación se centrará solo en el proceso constructivo, es decir la etapa de “Ensamblaje Lean” y las herramientas que se usará para el control de la producción son las siguientes: (Chavez & De la cruz, 2014)

a. Informe semanal de producción (I.S.P)

Junto con las actividades diarias a ejecutar se concede al capataz una relación con todos los participantes de su cuadrilla, para cada colaborador se deberá escribir la actividad que han estado realizando, y las horas que ha tomado hacer dicha actividad. Cabe resaltar también, que para tener un mayor control de la cuadrilla se entrega el tareo lleno con valores teóricos de avance de actividad, vale decir metrado. El capataz escribirá a un costado los valores reales en campo. Estos cambios son normalmente aceptados, debido a la gran variabilidad que siempre hay en actividades de construcción. (Chavez & De la cruz, 2014)

b. Curva de Productividad:

Según (Chavez & De la cruz, 2014) afirma que la curva de productividad es una gráfica que deja observar de manera más clara los resultados que arroja el I.S.P. (Informe Semanal de Producción) Se realizara una curva de productividad por partida. Por ejemplo, La curva de encofrado de losa, o curva de productividad de vaciado de muros. En el eje de las abscisas (eje x) se coloca los días y en el eje de las ordenadas (eje y) se coloca los rendimientos obtenidos por cada día. La fórmula del rendimiento es el siguiente:

$$\text{Rendimiento} = \frac{(\text{horas hombre usadas})}{(\text{avance de la patria})}$$

Ecuación 1 . Ecuación para hallar el rendimiento

Por el contrario, si se presenta el siguiente gráfico en una actividad quiere decir que la producción está disminuyendo y hay que empezar a realizar un seguimiento detallado de dicha actividad

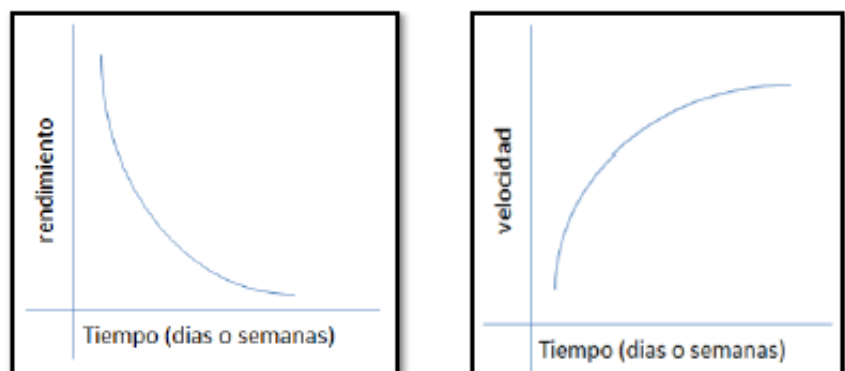


Figura 3: Curvas de productividad. Fuente: Libro lean Cnstruction de Koskela

Tener en consideración:

- Para un mejor estudio se recomienda usar 3 curvas: curva de rendimiento diario, curva de rendimiento del presupuesto y curva de rendimiento acumulado. En este proyecto va a importar que la curva del rendimiento acumulado sea menor o esté por debajo del rendimiento del presupuesto ya que esto denotará que no se está sobrepasando de los recursos que se tenía destinado inicialmente.
- La curva de productividad también se puede usar mostrando la velocidad (en lugar del rendimiento) que va desarrollando la cuadrilla día a día (Chavez & De la cruz, 2014)
- Cuando la actividad que está siendo analizada tiene muchos días de realización, se recomienda cambiar la unidad de tiempo en las abscisas (eje x) de día a semanas, así el gráfico se entenderá e interpretar más fácil. (Chavez & De la cruz, 2014)

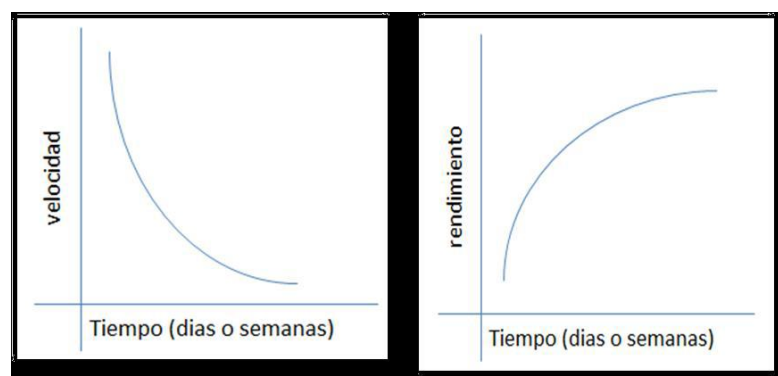


Figura 4: Curvas de productividad en mejora Fuente: Libro Lean Construcción Koskela

c. Sectorización

Es una división que se realiza a la zona de trabajo en partes iguales. Aplicando el concepto de “divide y vencerás”, se fracciona el plano en partes iguales donde cada una de las fracciones se le denomina sector o frente y será el desarrollo diario para cada una de las actividades. (Chavez & De la cruz, 2014)

d. Tren de Actividades:

Es una metodología similar a las líneas de producción de las fábricas, en donde el producto viaja a lo largo de varias estaciones originándose una transformación en cada una de ellas. En el caso de la construcción lo cual no es una industria automatizada y no se puede mover el producto a lo largo de varias estaciones se creó el tren de actividades, el concepto de esta herramienta hacer que las cuadrillas sean quienes se trasladen una tras otra por cada sector, originándose en cada desplazamiento la transformación del producto, con esto se pretende tener un proceso continuo y ordenado de trabajo, también poder identificar fácilmente el avance a través de la ubicación de la cuadrilla.

e. Nivel General de Actividad

El nivel general de actividad evalúa el porcentaje de los tres tipos de trabajo en el total de la obra (Trabajo no contributivo, trabajo contributivo y trabajo productivo). Para realizar un nivel general de actividad se debe transitar y observar el total

de la obra en forma aleatoria; Cada vez que se contemple a un obrero, se deberá apuntar si está realizando un TP, TC o TNC y anotar que actividad específica es en la que se encuentra trabajando. La muestra se debe conseguir de todas las actividades que se encuentran ejecutando en la obra y de todos los obreros que estén presente. Los resultados de las mediciones del nivel general de actividad muestran el nivel que se utiliza en la obra y sirven para comparar con los estándares nacionales e internacionales. También ayuda a detectar cuáles son las pérdidas, y luego a cuantificarlas y eliminarlas. (Chavez & De la cruz, 2014)

f. Carta Balance

Es una herramienta que, a partir de datos estadísticos, especifica de forma detallada el proceso de una actividad para así buscar su optimización. En una Carta Balance se toma un intervalo de tiempo muy corto (cada uno o dos minutos) la actividad que está realizando cada obrero. Estas actividades son divididas en los tres tipos de trabajo TP, TC y TNC. (Chavez & De la cruz, 2014)

Last planner system o el último planificador

La metodología que se usara para la implementación del Last Planner System en este proyecto, se basó en los paper presentados en el congreso anual del IGLC (International Group Lean Construction) y estos son:

a. Programación maestra

Esta programación marca los hitos de la programación de la obra. Por lo cual no debe ser una programación tan detallada. En algunas constructoras u organizaciones aún se usa el diagrama de Gantt que muestra un cronograma muy minucioso de las actividades que se realizarán cada día desde que se empieza las obras provisionales hasta la entrega final del último departamento del proyecto. Pero debido a la gran variabilidad que existe en toda obra, en muchas de las oportunidades este diagrama termina siendo un papel colgado en la oficina que nadie toma en cuenta para programar. Es por este motivo que la programación maestra no debe ser muy detallada, sino más bien marcar fechas tentativas como comienzo de excavación, fin del casco, etc. El Dr. Glenn Ballard (co-fundador y director de la investigación del Lean Construction Institute) hizo mención en la conferencia de IGLC número 1 llevada a cabo en Lima, Perú lo siguiente: “todos los planeamientos son pronósticos, y todos los pronósticos están errados. Mientras más larga la predicción, más errada estará. Mientras más detallada la predicción, más errada estará” (Ballard, 2000)

b. Look Ahead

Es un cronograma que se ejecutará a mediano plazo (suele comprender entre 3 a 6 semanas). Se sigue de la programación

maestra, haciendo algunos cambios al cronograma debido a que look ahead es mucho más detallado. (Chavez & De la cruz, 2014)

c. Programación Semanal

Es un cronograma tentativo donde se muestra las actividades que se van a realizar en la semana. Se supone que todas las actividades mostradas no deben de tener restricciones para su realización. Para realizar la programación semanal se debe tener en cuenta la programación de las siguientes cuatro semanas (Look ahead). (Chavez & De la cruz, 2014)

d. Programación Diaria (Parte Diario)

Conocido como el tareo, es un documento que se entrega todos los días a quien dirige cada cuadrilla. Dicho documento muestra en forma precisa las actividades a realizar durante el día, lo principal es formalizar el pedido del ingeniero de residente en cuanto a las actividades a realizar. En algunas empresas el documento entregado al capataz de cada cuadrilla para realizar las labores diarias tiende a confundirlo, por lo tanto, se debe tratar de que el documento sea lo más claro y entendible (con gráficos y colores) para ayudar a reforzar lo dicho por el Ingeniero Residente y no confundir a la persona que recibe el tareo. La idea principal de presentar un documento claro y sencillo se basa en una recomendación del L.C.I. (Lean Construction Institute) que sugiere la minimización de

iteraciones negativas. Para desarrollar la programación diaria se debe tener en consideración la programación semanal. Es aquí donde pueden ser incluidas actividades de “último minuto” como, por ejemplo:

- Apoyo a cuadrilla de excavación por retraso imprevisto (mayor profundidad de cimentación que la esperada).
- Reparación de cerco perimétrico que fue destruido por camión de cisterna de agua.
- Simulacro de sismo en el que participa el total de trabajadores de la obra Limpieza y mantenimiento de encofrado.

A manera de resumen, hasta ahora se ha mencionado herramientas únicamente de programación de obra. Primero la programación maestra que muestra hitos en la programación. Después el Look Ahead, que es una programación detallada a mediano plazo y por último programación semanal y diaria que son un fragmento de el Look Ahead. (Chavez & De la cruz, 2014)

e. Análisis de Restricciones

Teniendo como referencia el Look Ahead, se realiza un análisis de todas las partidas que se deben hacer en las siguientes cuatro semanas según la programación. Se debe saber todo lo que se necesita para que la actividad pueda ejecutarse sin ningún percance. En el formato de análisis de restricciones se escribe la fecha límite en la cual se levantará la restricción y el responsable

o responsables de levantarla. El plazo no es necesariamente cuatro semanas, la idea es tener un tiempo de anticipación al cronograma para levantar las restricciones. El tiempo tiende a variar entre 3 y 6 semanas. (Chavez & De la cruz, 2014)

2.7. Aspectos Éticos:

En la presente tesis, se considera los aspectos éticos en una investigación científica, respetando la propiedad intelectual de los autores, citando sus teorías y conocimientos, referenciado apropiadamente en las fuentes bibliográficas. También las identidades de la mayoría de las personas involucradas en este estudio se mantienen en reserva a excepción de los personajes mencionados en las Carta Balance y en los formatos de Informe Semanal de Producción. Respecto a lo mencionado según (Gonzales, Gonzales, & Ruiz, 2012) en donde indica que los códigos de ética insisten en la seguridad y protección de la identidad de las personas que participen en la investigación. Ninguna debe sufrir daño ni sentirse incomodo como consecuencia de su desarrollo, desde su planeamiento inicial hasta la elaboración del informe final y su publicación.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Después de realizar la revisión documental acerca del proyecto de la construcción de la I.E. Luis Eduardo Valcárcel y el avance de obra, se procedió a la selección de las partidas donde se aplicará las herramientas Lean Construction, dado a su realce en el presupuesto.

Previo a la aplicación de las herramientas Lean en la obra se hizo una reunión con el Gerente de Obra, el Administrador de Obra y el Ing. Residente, y Capataz para darles a conocer sobre la Filosofía Lean Construction y sus beneficios que tiene al ser aplicado tanto la planificación como en la ejecución del proyecto.

Lean Project Delivery System (LPDS)

Esta herramienta traducida al español como “Sistema de Entrega de Proyectos sin Perdida”, el cual descompone un proyecto de construcción en 6 fases y 13 módulos, en este proyecto se aplicará en la fase de producción. Para su desarrollo LPDS propone una serie de técnicas y herramientas las cuales se aplicarán las siguientes:

Informe semanal de producción:

Con la colaboración del capataz se procedió a registrar diariamente las actividades que se ejecutaban, así como los nombres que conformaban las cuadrillas y el rendimiento correspondiente de cada actividad que realizaban durante 8 horas de jornada.

INFORME SEMANAL DE PRODUCCIÓN						
RECOLECCION DE DATOS DE RENDIMIENTOS DIARIOS						
Dia 1						
PARTIDA	UND	Operario	Oficial	Peon	Rend. ACU	Rend. En obra
Encofrado de sobrecimiento SS.HH	m2	Luis Fernando	1	X	14	8
Encofrado de viga techo pabello 1	m2	Eucebio / Walter			9	17.5
Vaciado de columnas	m2	Duran/Luis Fernando	2	10	10	10.5
Acentado de ladrillos	und	Anner	2	10	360	320
Tarrajeo de muro	m2	Walter		1	20	9.9
Dia 2						
PARTIDA	UND	Operario	Oficial	Peon	Rend. ACU	Rend. En obra
Encofrado de sobrecimiento	m2	Luis Fernando	Pepe		14	9.6
Encofrado de columnas	m2	Victor Manuel	1	1	10	8.4
Encofrado de viga techo pabello 1	m2	Eucebio / Walter			9	17.74
Acentado de ladrillos	und	Felix	1	1	360	220
Tarrajeo de muro	m2	Anner		1	20	19
Dia 3						
PARTIDA	UND	Operario	Oficial	Peon	Rend. ACU	Rend. En obra
Encofrado de sobrecimiento	m2	Luis Fernando	Pepe		14	12.6
Encofrado de viga	m2	Eucebio/Walter	2		9	26.6
Acentado de ladrillos	Und	Durant	1		360	330
Encofrado de viga techo pabello 1	m2	Luis Fernando	2		9	17.74
Habilitacion de acero en vigas	kg	Tanta		1	240	267
Habilitacion de acero en vigas	kg	Cueva	1	1	240	328
Dia 4						
PARTIDA	UND	Operario	Oficial	Peon	Rend. ACU	Rend. En obra
Asentado de ladrillo de cabeza	und	Walter		1	360	266
Asentado de ladrillo de cabeza	und	Victor Manuel		1	360	334
Asentado de ladrillo de cabeza	und	Durant	1		360	432
Encofrado de columnas	m2	Eucebio	1	1	10	10
Dia 5						
PARTIDA	UND	Operario	Oficial	Peon	Rend. ACU	Rend. En obra
Asentado de ladrillo de cabeza en 2° piso	und	Felix		1	360	378
Asentado de ladrillo de cabeza en 1° piso	und	Anibal		1	360	365
Asentado de ladrillo de cabeza	Und	Victor Manuel		1	360	302

Figura 5: Registro semanal de producción. *Fuente propia.*

Curvas de productividad

La curva de productividad se realizó después de tener los informes semanales de producción, esta herramienta permitió tener un mejor control de la productividad, llevar un registro permanente de los rendimientos obtenidos durante la ejecución de la obra con el fin de hacer una comparación con los rendimientos presupuestados para tener un estado de ganancia o pérdida de dicha partida.

En este proyecto se presenta la curva de productividad de la partida de Asentado de ladrillo (figura 5) y de Tarrajeo (figura 6 y 7), lo cual se aprecia como es el comportamiento,

existiendo una gran variabilidad al inicio, después se observa que tiene un comportamiento más constante.

Debido a los efectos de la variabilidad y a los problemas que se presentaron, la producción diaria varia, ya sea por la falta de algún integrante en la cuadrilla o porque se agregó a alguien más, por la falta de alguna herramienta o por el estado anímico de algún trabajador.

Después de levantar las observaciones que causaba la variabilidad y de haber aplicado paralelamente otras herramientas de la filosofía Lean Construction, se observa como la curva de rendimiento diario va oscilando cerca a la curva de rendimiento del presupuesto y a la curva de rendimiento promedio la cual es menor que la curva del presupuesto, esto evidencia que no se está sobre pasando los recursos que se tenía destinado.

Tabla 2.

Formato para curvas de productividad de la partida asentado de ladrillo

ASENTADO DE LADRILLOS DE CABEZA									
Días	Nº de Obreros	Rendimiento (und/día)	Rend. Acumul. (und/día)	horas (h)	Horas acum.(hh)	Rend. del pres.(und/día)	Rend. Diario (hh/und)	Rend. Presup.(hh/und)	Rend. Acumu.(hh/und)
1	3	320	320	8	8	380	0.025	0.021	0.025
2	3	330	650	8	16	380	0.024	0.021	0.025
3	3	330	980	8	24	380	0.024	0.021	0.024
4	2	328	1308	8	32	380	0.024	0.021	0.024
5	2	266	1574	8	40	380	0.030	0.021	0.025
6	2	334	1908	8	48	380	0.024	0.021	0.025
7	2	432	2340	8	56	380	0.019	0.021	0.024
8	2	378	2718	8	64	380	0.021	0.021	0.024
9	2	380	3098	8	72	380	0.021	0.021	0.023
10	2	390	3488	8	80	380	0.021	0.021	0.023
11	2	375	3863	8	88	380	0.021	0.021	0.023
12	2	410	4273	8	96	380	0.020	0.021	0.022
13	2	415	4688	8	104	380	0.019	0.021	0.022
14	2	405	5093	8	112	380	0.020	0.021	0.022
15	2	400	5493	8	120	380	0.020	0.021	0.022
16	2	370	5863	8	128	380	0.022	0.021	0.022
17	2	415	6278	8	136	380	0.019	0.021	0.022
18	2	415	6693	8	144	380	0.019	0.021	0.022

Nota: En la tabla se aprecian los rendimientos acumulados, diarios y del presupuesto. Fuente propia.

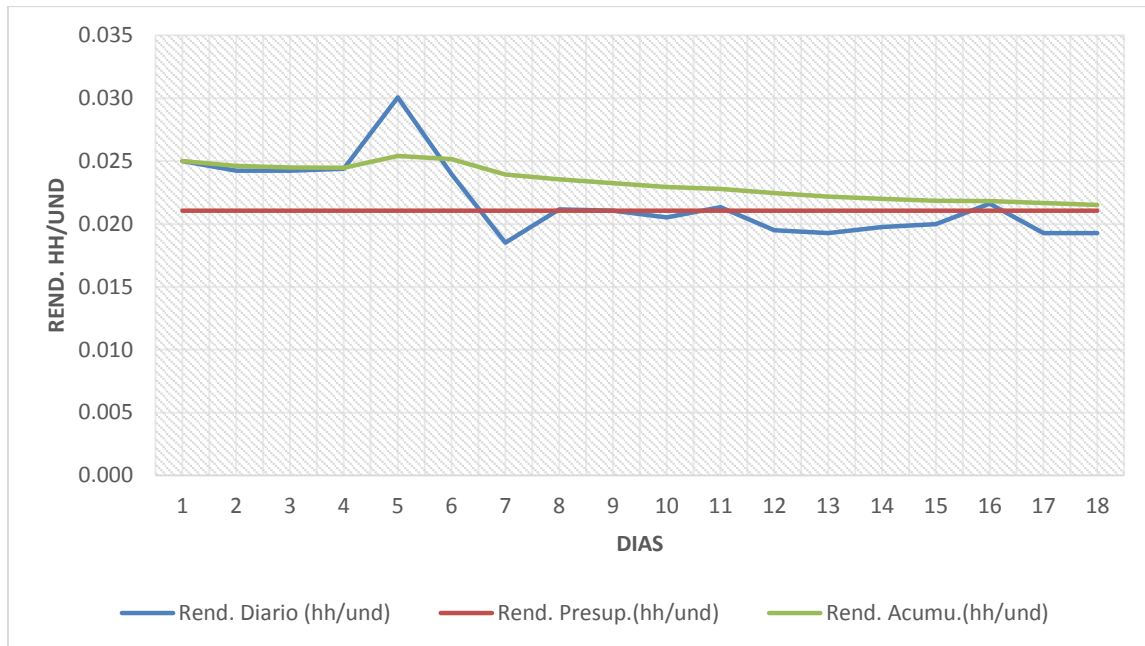


Figura 6: Curva de productividad de la partida asentado de ladrillos de cabeza. Fuente propia

Tabla 3.

Formato para curvas de productividad de la partida tarrajeo en columnas

TARRAJEO EN COLUMNAS								
Días	N° de Obreros	REND. DIARIO(m2/día)	REND. ACO.(m2/día)	Hora (h)	Horas Acu.(h)	Rend. diario (hh/m2)	Rend. Presup. (hh/m2)	Rend. Acum.(hh/m2)
1	1.5	4.5	4.5	5	5	1.111	0.8	1.111
2	1.5	4.4	8.9	6	11	1.364	0.8	1.236
3	1.5	10	18.9	8	19	0.800	0.8	1.005
4	1.5	10.5	29.4	8	27	0.762	0.8	0.918
5	1.5	13	42.4	8	35	0.615	0.8	0.825
6	1.5	9.72	52.12	8	43	0.823	0.8	0.825
7	1.5	8.9	61.02	8	51	0.899	0.8	0.836
8	1.5	10.4	71.42	8	59	0.769	0.8	0.826

Nota: En la tabla se aprecian los rendimientos del presupuesto, rendimientos diarios y rendimientos acumulados de la partida tarrajeo en columnas. Fuente propia.

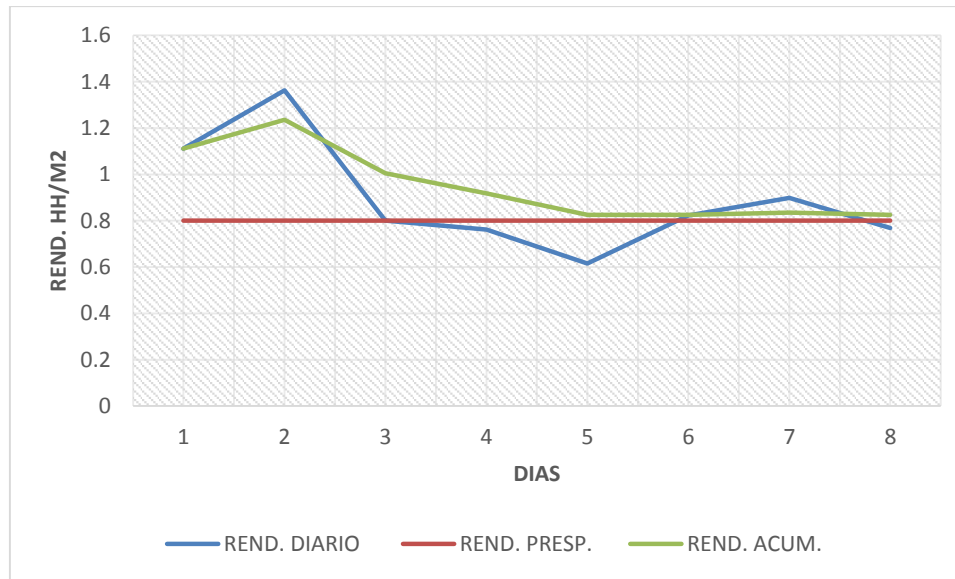


Figura 7: Curva de productividad de la partida tarrajeo de columnas. Fuente propia

Tabla 4.

Formato para curvas de productividad de la partida tarrajeo en muro de cerco perimétrico

TARRAJEO DE MURO EN CERCO PERIMÉTRICO								
Días	Nº de Obreros	REND. DIARIO (m2/día)	REND. ACUM. (m2/día)	HORAS (hh)	HORAS ACUM. (hh)	REND. DIARIO (hh/m2)	REND. PRESP.(hh/m2)	REND. ACUM.(hh/m2)
1	3	13.26	13.26	7	7	0.53	0.4	0.53
2	3	9.3	22.56	5	12	0.54	0.4	0.53
3	2	14	36.56	7	19	0.50	0.4	0.52
4	2	23	59.56	8	27	0.35	0.4	0.45
5	2	20	79.56	8	35	0.40	0.4	0.44
6	2	21	100.56	8	43	0.38	0.4	0.43
7	2	19.5	120.06	8	51	0.41	0.4	0.42
8	2	24	144.06	8	59	0.33	0.4	0.41

Nota: En la tabla se aprecian los rendimientos del presupuesto, rendimientos diarios y rendimientos acumulados de la partida tarrajeo en columnas. Fuente propia.

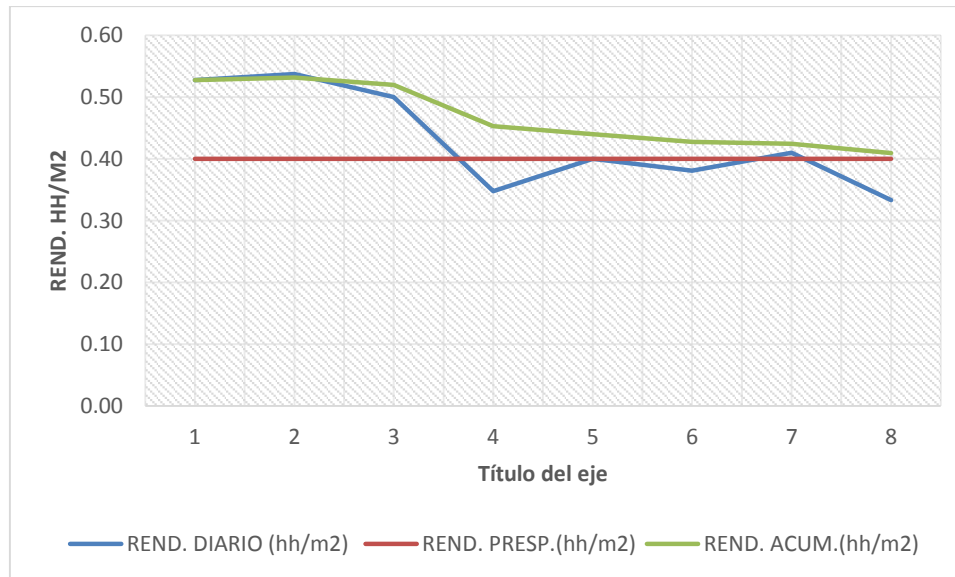


Figura 8: Curva de productividad de la partida tarrajeo de muro perimétrico. Fuente Propia

Sectorización

La sectorización es un proceso que se realizó con el propósito de poder formar el tren de trabajo con lo cual se separará las cuadrillas por especialidad y optimizar los rendimientos de cada cuadrilla debido a la curva de aprendizaje y el mejoramiento continuo que se va dando, ya que la misma cuadrilla realizará la misma actividad en todos los sectores. Para aplicar esta herramienta fue necesario tener los metrados correspondientes a las partidas que conforman la estructura a construir, ya que fue primordial para iniciar los pasos de planificación, programación y dimensionamiento de cuadrillas.

En el presente proyecto se realizó la Sectorización en la construcción del cerco perimétrico, esto después de realizar los metrados anticipadamente, se dividió el cerco perimétrico en tres sectores, cada uno de ellos constituido por seis divisiones, siendo cada sector lo más semejante posible tanto en verticales como en horizontales, esto se realizó teniendo en consideración los rendimientos históricos ya que las tareas por cada sector deberán ser ejecutadas en 1 día.

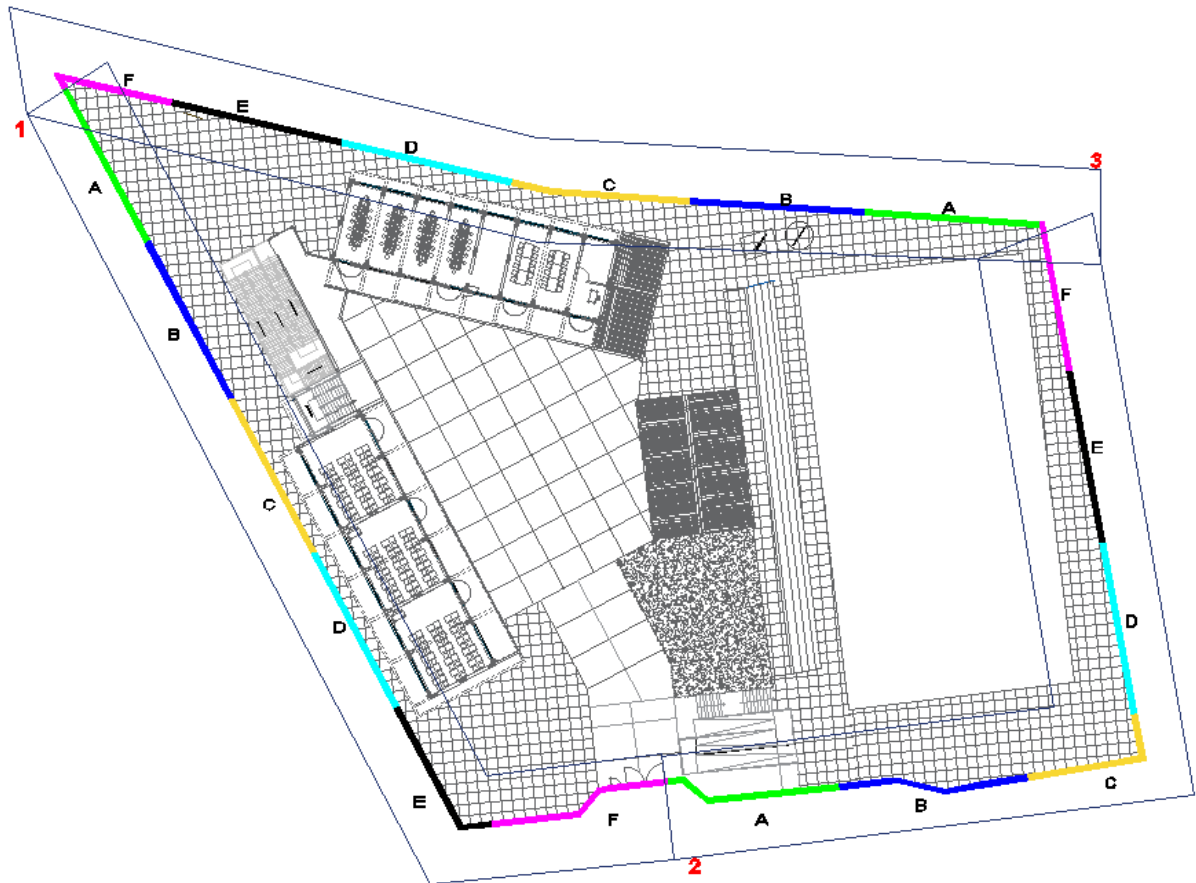


Figura 9: Sectorización de cerco perimétrico. Fuente: Consorcio Niño Jesús.

Según la sectorización se dividió en 6 sectores, siendo las siguientes actividades por cada día:

- Primer día
 - Excavación de zanjas para cimientos corridos-terreno natural
 - Solado mezcla cemento hormigón 1:12, E=4"
- Segundo día
 - Concreto para cimientos corridos 1:10 +30% P.G. (Max. 6")
 - Acero en columnas $F_y=4200 \text{ Kg/cm}^2$
- Tercer día
 - Encofrado y desencofrado para sobrecimiento
 - Concreto para sobrecimietos 1:8 + 25 % P.M (MAX 3") E=0.15 m

- Cuarto día
Muro de ladrillo de arcilla de sogá, mezcla 1:5 X 1.5 cm
- Quinto día
Encofrado y desencofrado normal en columnas
Concreto para columnas $f'c=175 \text{ KG/CM}2'$
- Sexto día
Encofrado y desencofrado en vigas
Acero en vigas $Fy=4200 \text{ Kg/cm}2$
Concreto en vigas de $f'c=175 \text{ Kg/cm}2$
- Séptimo día
Tarrajeo de cerco perimétrico (muro columnas y vigas)

PARTIDAS	DIAS						
	1	2	3	4	5	6	7
	LUN	MART	MIER	JUE	VIER	LUN	MART
EXCAVACION DE ZANJAS PARA CIMIENTOS CORRIDOS-TERRENO NORMAL	1A	1B	1C	1D	1E	1F	2A
SOLADO MEZCLA CEMENTO- HORMIGON 1:12, E=4"	1A	1B	1C	1D	1E	1F	2A
ACERO EN COLUMNAS $Fy=4200 \text{ Kg/cm}2$		1A	1B	1C	1D	1E	1F
CONCRETO PARA CIMIENTOS CORRIDOS 1:10 +30% P.G. (MAX. 6")		1A	1B	1C	1D	1E	1F
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA SOBRECIMIENTOS			1A	1B	1C	1D	1E
CONCRETO PARA SOBRECIMIENTOS 1:8 + 25 % P.M (MAX 3") E=0.15 M			1A	1B	1C	1D	1E
MURO DE LADRILLO DE ARCILLA DE SOGA, MEZCLA 1:5 X 1.5 CM				1A	1B	1C	1D
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS					1A	1B	1C
CONCRETO PARA COLUMNAS $F'c=175 \text{ KG/CM}2$					1A	1B	1C
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN VIGAS						1A	1B
ACERO EN VIGAS $Fy=4200 \text{ Kg/cm}2$						1A	1B
CONCRETO EN VIGAS DE $F'c=175 \text{ KG/CM}2$						1A	1B
TARRAJEO EN CERCO PERIMETRICO (muros, columnas y vigas)							1A

Figura 10: División de actividades por día. Adaptado de A. Guzmán, 2014, “*Aplicación de la Filosofía Lean Construction en la planificación, programación, control y ejecución de proyectos*” Tesis de Pregrado, pág. 52.

Tren de Actividades:

El tren de actividades tiene como finalidad asemejar el sistema de construcción a un sistema mucho más industrializado, en donde se utilizan las líneas de ensamblaje, esta herramienta tiene el mismo concepto, pero adaptado a la construcción, es decir realiza una secuencia lineal y correlativa entre los sectores para que las cuadrillas avancen por el lugar de trabajo similar como el producto lo haría por la línea de ensamblaje de una fábrica.

Seguidamente se presenta el tren de actividades para la construcción del cerco perimétrico, formada por 6 sectores.



Figura 12. Partidas correspondientes al tren de actividades. Adaptado de A. Guzmán, 2014, “Aplicación de la Filosofía Lean Construction en la planificación, programación, control y ejecución de proyectos” Tesis de Pregrado, pág. 57.

El tren de actividades además de garantizar un flujo continuo, ofreció al contratista mayor información de los avances que se realizaran y de cuanto se valorizará, ya que de esta se obtendrá una programación a mediano plazo (Lookahead), donde se podrá visualizar que actividades deberán ser ejecutadas a futuro y se tomará las medidas preventivas para que todo se lleve a cabo dando la facilidad de tener con anticipación los requerimientos que serán necesarios para ejecutar las actividades planificadas, así como los materiales y la mano de obra.

Después de tener los metrados y el tren de actividades se procedió a la determinación de las cuadrillas, prestando atención en las partidas que estaban causando retraso como el asentado de ladrillo y el tarrajeo los cuales son partidas que se han venido analizando a lo largo de esta investigación. Para esto se ha tenido en cuenta los rendimientos diarios.

A continuación, se muestra el cálculo de cuadrillas según el metrado realizado por cada sector:

Tabla 5.

Tabla de estimación de cuadrilla de la partida Muro de ladrillo de arcilla de sogá, mezcla 1:5 x 1.5 cm

ESTIMACION DE CUADRILLA								
DESCRIPCION	METR.	UND	REND.	UND	DIAS	CUADRILLA		
						OPER.	OFIC.	AYUD.
MURO DE LADRILLO DE ARCILLA DE SOGA, MEZCLA 1:5 X 1.5 CM	32.9	m2	9.45	m2/dia	0.87	4	0	2

Nota: Fuente Propia

Tabla 6.

Tabla de estimación de cuadrilla de la partida Tarrajeo de cerco perimétrico (muro, columnas y viga)

ESTIMACION DE CUADRILLA								
DESCRIPCION	METR.	UND	REND.	UND	DIAS	CUADRILLA		
						OPER.	OFIC.	AYUD.
TARRAJEO DE CERCO PERIMETRICO (muros, columnas y vigas)	91.44	m2	15	m2/dia	1.06	6	0	3

Note: Fuente Propia

Es importante constatar que los rendimientos estén de acuerdo al historial que viene obteniendo el contratista en obras ya realizadas, de esta manera se tendrá la certeza que el plan de trabajo propuesto se llegue a cumplir.

Nivel General de Actividad y Carta Balance

- Carta Balance:

Una vez que se eligió las partidas a medir se procedió a realizar un análisis de las actividades que constituían cada partida para clasificarlos en trabajos productivos, trabajo contributorio y trabajo no contributorio. Cuando se obtuvo el análisis de dichas partidas se procedió a colocar las actividades en la carta balance y se asignó a cada una estas actividades letras las cuales se introdujo a cada trabajador la letra de la actividad que estuvieron realizando. Paso previo a la medición se identificó y se registró los nombres de los trabajadores que conformaban la partida en estudio.

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		CARTA BALANCE			
PROYECTO : Construccion de la I. E. Luis Eduardo Valcarcel		PARTIDA: Asentado de Ladrillo			
MUESTRADOR: Sofia Castillo Hernandez		FECHA: 03/03/19			
N° FORMMATO: 01		HORA DE INICIO: 2:30		HORA FIN: 2:31	

Tiempo (min)	obr. 1	obr. 2	Obr.3	Obr.4
1	AL	TM		
2	AL	TM		
3	AL	TM		
4	AL	TM		
5	AL	TM		
6	CM	PM		
7	CM	PM		
8	CM	PM		
9	CM	PM		
10	P	PM		
11	P	PM		
12	AL	PM		
13	AL	TM		
14	AL	TM		
15	AL	E		
16	P	E		
17	P	E		
18	AL	E		
19	AL	TM		
20	AL	TM		
21	AL	TM		
22	AL	E		
23	CM	E		

TRABAJO PRODUCTIVO	
CM	Colocacion de Mezcla
AL	Asentado de Ladrillo
P	Plomado

TRABAJO CONTRIBUTORIO	
TDM	Transporte de materiales
PM	Preparacion de mezcla
TM	Transporte de mezcla
L	Limpieza

TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	
E	Esperas
D	Descansos
R	Refrigerios

CARGO	NOMBRES Y APELLIDOS	
Obrero 1	Op.	Anibal Vasquez Bardales
Obrero 2	Of.	Erick Castillo del Aguila
Obrero 3		
Obrero 4		

Figura 13: Registro de datos en formato de Carta Balance. Fuente Propia.

Luego se procedió a hacer la medición con las plantillas de carta balance a las partidas seleccionadas, se completó un total de 390 mediciones entre las partidas de tarrajeo y de asentado de ladrillo para obtener resultados estadísticamente correctos según (Serpell,1986). Se tomó la medición en las plantillas de la carta balance observando a cada integrante de una cuadrilla por un tiempo de sesenta segundos, seguidamente identificar qué actividad se está realizando en el intervalo del tiempo descrito para posteriormente registrar la actividad ejecutada en la carta balance.

Niveles de productividad:

El nivel general de actividad brindó una estadística del estado general de la observación respecto a los trabajos, tanto como trabajo productivo (TP), trabajo contributorio (TC) y trabajo no contributorio (TNC), después que se tomaron las pruebas se obtuvieron los siguientes resultados.

Datos Generales de las mediciones:

Las mediciones en el proyecto de la construcción del colegio Luis Eduardo Valcárcel se realizaron en las partidas de asentado de ladrillo y tarrajeo a finales de agosto hasta octubre del 2019.

De acuerdo a las partidas se pudo clasificar las actividades en los siguientes tipos de trabajos, Trabajo productivo (TP), Trabajo contributorio (TC), Trabajo no contributorio (TNC).

➤ Asentado de ladrillos

TRABAJO PRODUCTIVO (TP)

- Colocación de mezcla
- Asentado de ladrillo
- Plomado

TRABAJO CONTRIBUTIVO (TC)

- Transporte de materiales

- Preparación de mezcla
- Transporte de mezcla
- Limpieza

TRABAJO NO CONTRIBUTIVO (TNC)

- Esperas
- Descansos
- Refrigerios

➤ Tarrajeo de muros interiores y exteriores

TRABAJO PRODUCTIVO (TP)

- Colocación de mezcla
- Reglado apanado
- Acabado

TRABAJO CONTRIBUTIVO (TC)

- Transporte de materiales
- Preparación de mezcla
- Transporte de mezcla
- Preparación de superficie
- Limpieza

TRABAJO NO CONTRIBUTIVO (TNC)

- Esperas
- Descansos
- Refrigerios

Resultados Generales:

En las mediciones realizadas en el proyecto se obtuvieron los siguientes resultados:

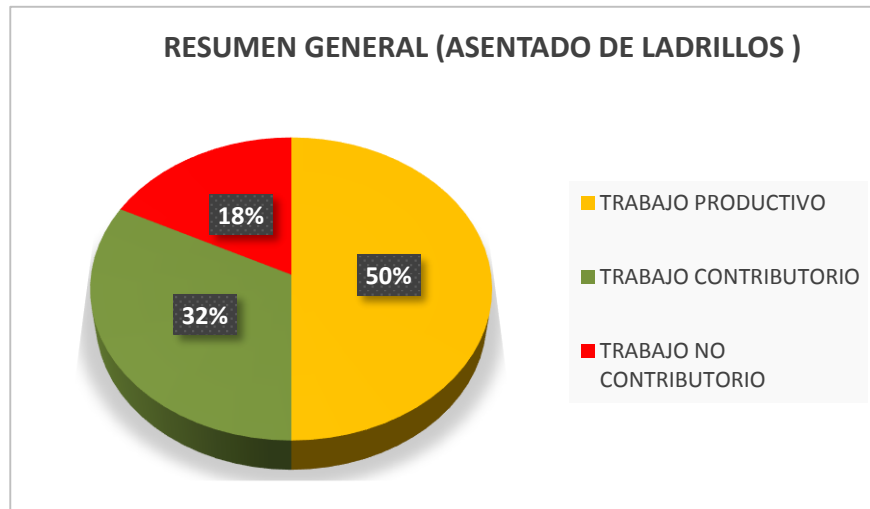


Figura 14: Nivel general de actividad, partida asentado de ladrillo. Fuente propia.

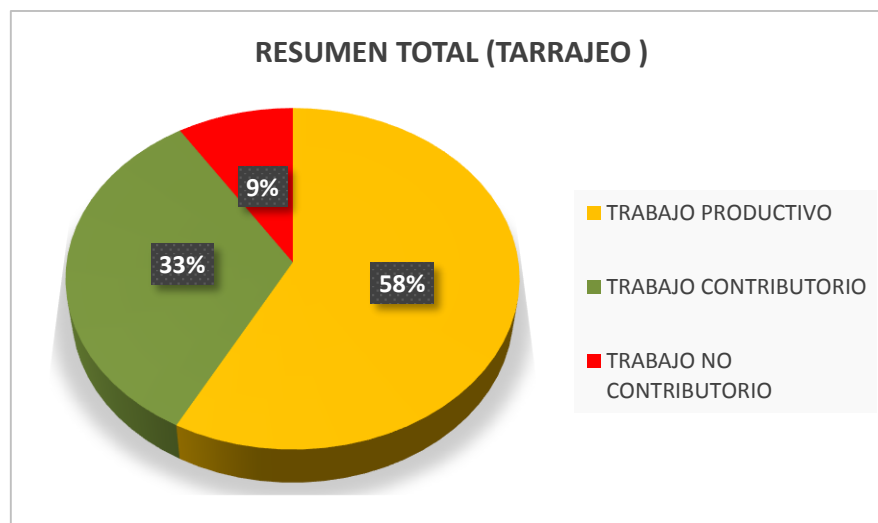


Figura 15: Nivel general de actividad de la partida tarrajeo. Fuente propia

Como se mencionó al inicio de este trabajo uno de los objetivos era comprobar y demostrar como mejoran los niveles de productividad aplicando la filosofía Lean Construcción en un proyecto, esto se realizará midiendo los resultados con otros estudios ya realizados de los proyectos similares. Se hará la comparación en base a la publicación del Ing. Virgilio Ghio

(Productividad en obras de construcción, 2001), en donde se hizo un estudio del estado de la construcción en lima analizando 50 obras, además se comparará con otros estudios realizados en países como Chile y Colombia, así como en tesis realizados recientemente.

Resultados por tipo de Trabajos.

Las actividades que se clasificaron tanto en trabajos TC y TNC los cuales se podrán analizar en los siguientes gráficos:

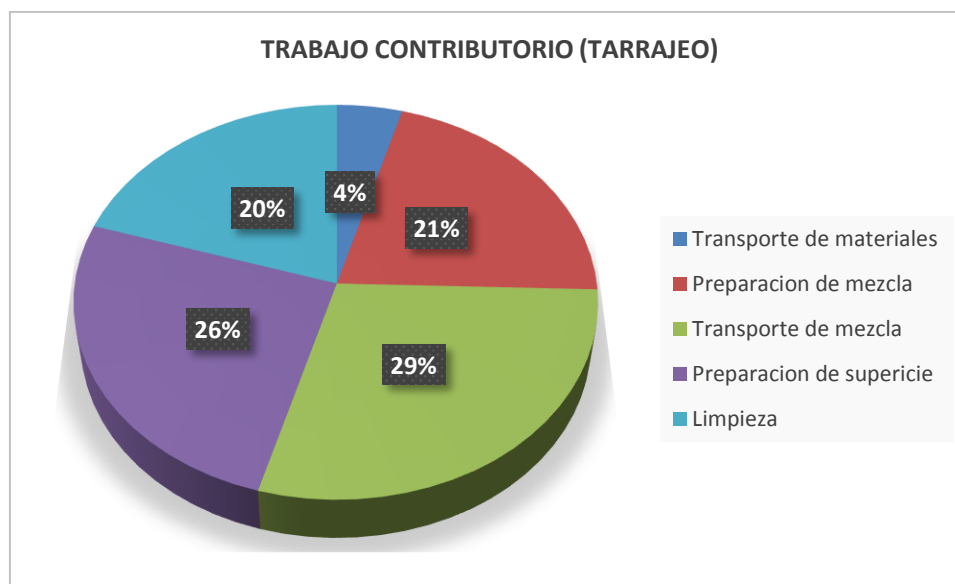


Figura 16: Distribución del tiempo de ocupación entre los trabajos contributorios de tarrajeo. Fuente propia

Del gráfico se observa que el transporte de mezcla es la actividad que tiene mayor incidencia con un 29% seguidamente de la preparación de superficie con un 26% y la preparación de superficie un 21%, la actividad de limpieza también es significativa con un 20%, el transporte de materiales recibe un 4%.

Los siguientes resultados sirvieron para analizar qué actividades son las más influyentes de tal manera que se tomaron medidas para reducir el tiempo tomado en cada una de ellas y de ese modo reducir desperdicios y agregar valor al producto utilizando ese tiempo en las actividades que componen el trabajo productivo.

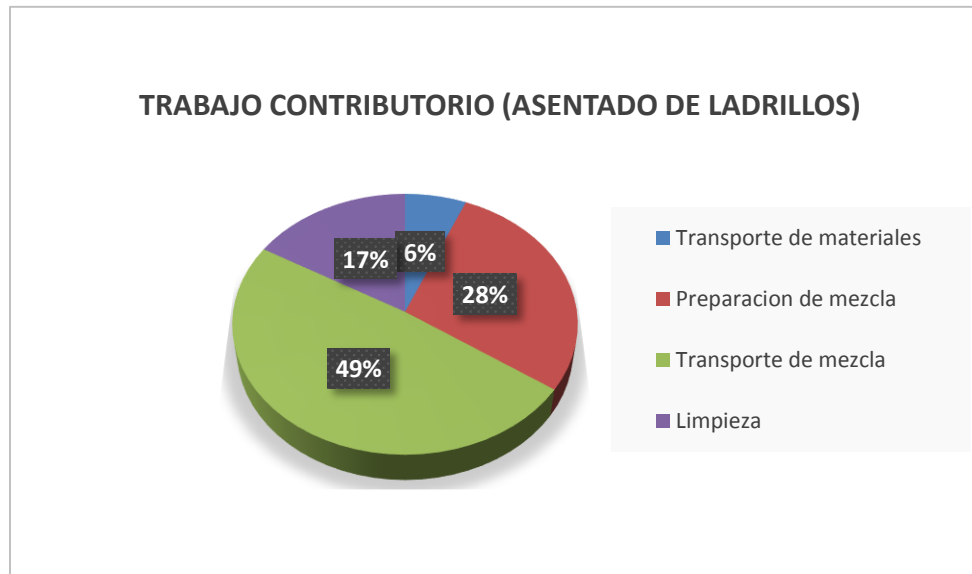


Figura 17: Distribución del tiempo de ocupación en los trabajos contributorio de asentado de ladrillo. Fuente propia

En el gráfico se puede apreciar el tiempo de ocupación de las actividades de los trabajos contributorios de la partida de asentado de ladrillos. Aquel gráfico nos muestra que el transporte de mezcla para el mortero es la actividad que tiene mayor influencia con un porcentaje del 49%, seguidamente la preparación de mezcla y limpieza con un 28% y 17% correspondientemente, la actividad con menor incidencia es transporte de materiales con un 6%.

De esta manera se puede identificar qué actividad está teniendo mayor incidencia y generando desperdicio para poder tomar medidas y reducir el tiempo empleado en aquella actividad, así generando mayor valor al proyecto y minimizar las pérdidas generadas al mal empleo de estos trabajos.

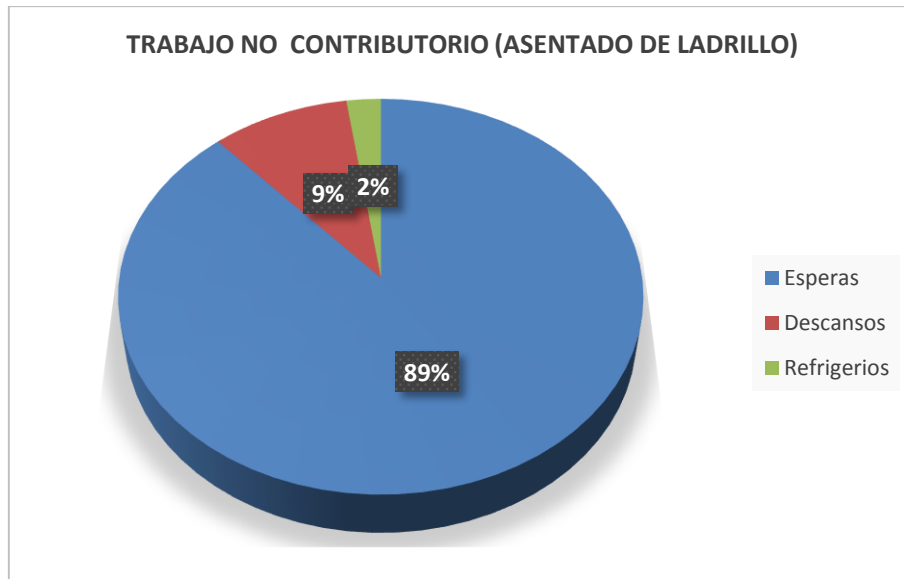


Figura 18: Distribución del tiempo de ocupación de las actividades del trabajo no contributorio de la partida de asentado de ladrillo. Fuente propia

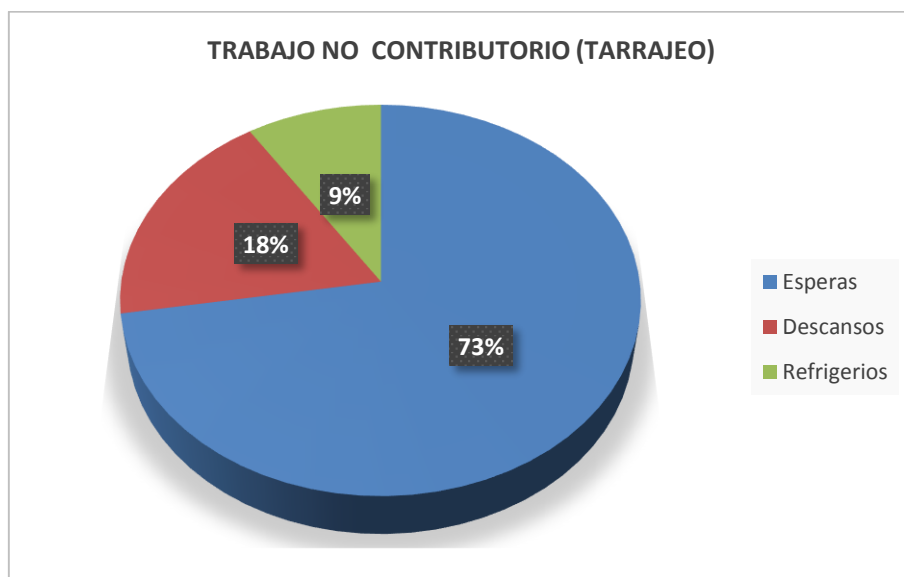


Figura 19: Distribución del tiempo de ocupación de las actividades del trabajo no contributorio. Fuente propia

El análisis de los trabajos no contributarios sirve para identificar las principales causas de pérdidas que se tienen en el proyecto y de esta manera poder contrarrestar minimizando o

eliminando definitivamente aquellas actividades que no agregan valor al producto. En la partida de asentado de ladrillo la actividad con más incidencia son las esperas con un 89% seguidamente de un 9% de descansos y solo un 2% de refrigerios, dado a estos resultados se tomaron medidas para reducir el tiempo en esperas para que el ritmo de trabajo sea de un flujo continuo.

En las partidas de tarrajeo nuevamente se observa (figura 10) que la actividad con mayor incidencia son las esperas, seguidamente de la actividad de los descansos con un 18% y la actividad de refrigerios de 9%. Debido a este análisis realizado se tomó medidas para minimizar o eliminar estas actividades, para poder reducir las esperas se optó por remplazar aquellos tiempos perdidos con actividades como colocación de mezcla, ya que dicha actividad se encuentra incluida en el trabajo productivo, así se mejoró la productividad, se incrementó el valor al producto y se minimizaron los desperdicios.

Optimización de procesos:

Datos generales de la partida Asentado de Ladrillo

Se eligió esta partida ya que pertenece a la ruta crítica, el caso de asentado de ladrillo es una de las partidas con más incidencia, así que minimizando los desperdicios se podrá disminuir las hh en mano de obra, se incrementaran los trabajos productivos de esa manera agregando valor al proyecto.

Tabla 7.

Actividades correspondientes al trabajo productivo de la partida asentado de ladrillo

TRABAJO PRODUCTIVO	
CM	Colocación de Mezcla
AL	Asentado de Ladrillo
P	Plomado

Nota: TP (Trabajo productivo), trabajo que aporta de forma directa a la producción. Fuente propia

Tabla 8.

Actividades correspondientes al trabajo contributivo de la partida asentado de ladrillo

TRABAJO CONTRIBUTIVO	
TDM	Transporte de materiales
PM	Preparación de mezcla
TM	Transporte de mezcla
L	Limpieza

Nota: TC (Trabajo Contributivo), Trabajo de apoyo que debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo. Fuente propia

Tabla 9.

Actividades correspondientes al trabajo no contributivo de la partida asentado de ladrillo

TRABAJO NO CONTRIBUTIVO	
E	Esperas
D	Descansos
R	Refrigerios

Nota: TNC (Trabajo no contributivo), son aquellas actividades que no agregan valor. Fuente propia.

El asentado de ladrillo se realiza con un operario y un ayudante, seguidamente se presentará dos cuadrillas integrado por dos colaboradores.

Tabla 10.

Conformación de cuadrilla 1 de asentado de ladrillo

CONFORMACION DE CUADRILLA 1		
N° DE OBR.	CARGO	NOMBRES Y APELLIDOS
Obrero 1	Operario	Leoncio Villanueva
Obrero 2	Ayudante.	Erick del Águila

Nota: Elaboración propia

Tabla 11.

Conformación de cuadrilla 2 de asentado de ladrillo

CONFORMACION DE CUADRILLA 2		
Nº DE OBR.	CARGO	NOMBRES Y APELLIDOS
Obrero 1	Operario	Anner Caballero Villena
Obrero 2	Ayudante	Jenner Caballero

Nota: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura 11 el porcentaje de trabajo contributorio de la partida de Asentado de ladrillo es de 32 %, este resultado aun es alto, sin embargo, los trabajos no contributorio es de un 18% este valor no es muy elevado. Se debe transformar parte del TC en TP y seguir minimizando los TNC, de esta manera tener mejor resultados.

Resultados individuales de cada cuadrilla

Se detalla los resultados obtenidos por cada integrante de cada cuadrilla, para esta partida se analizaron dos cuadrillas, cada una constituida por un operario y un ayudante.

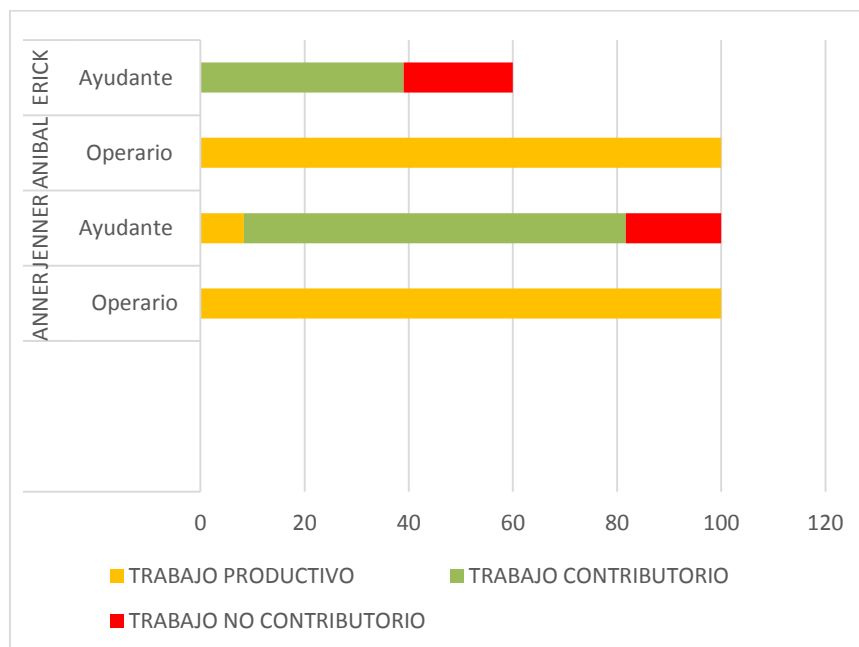


Figura 20: Porcentajes de ocupación del tiempo individual de dos cuadrillas de la partida asentado de ladrillo. Fuente propia

De los resultados mostrados en la figura 17 se aprecia las dos cuadrillas con sus integrantes, un operario y un ayudante cada una, se visualiza que en las dos cuadrillas los operarios solo realizan trabajos productivos, mientras que los ayudantes utilizan mayor tiempo actividades pertenecientes al tipo de trabajo contributorio, sólo uno de los ayudantes realiza un porcentaje mínimo de trabajo productivo, en cuanto al trabajo no contributorio se da en menos proporción, lo cual se tendría que reducir el TC, y en su lugar maximizar el trabajo productivo.

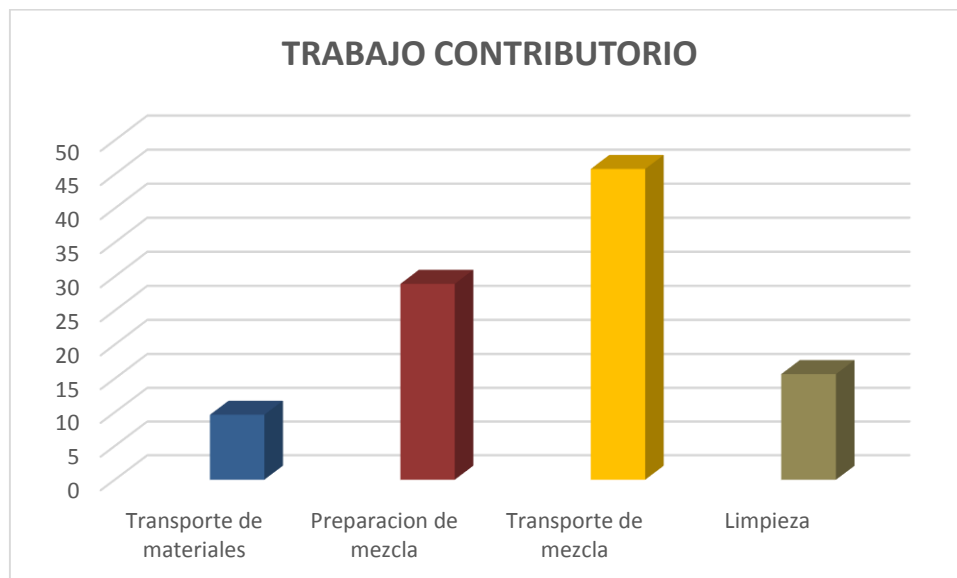


Figura 21: Desagregado del trabajo contributorio realizado por las dos cuadrillas. Fuente propia

Seguidamente se analizará detalladamente el porcentaje de cada actividad que conforman el trabajo contributivo, cuyas actividades vinieron realizando los ayudantes de las dos cuadrillas analizadas anteriormente.

Se puede observar en la figura 18 que la actividad con mayor incidencia es la de transporte de mezcla seguidamente la actividad de preparación de mezcla. La filosofía Lean construction señala que el trabajo contributivo no agrega valor al producto final, de esta

manera se tiene que minimizar los tiempos que se utiliza para realizar las actividades que conforman este trabajo, y remplazar parte de este tiempo en actividades que agreguen valor al proyecto los cuales pertenecen al trabajo productivo. La solución que se dio ante este resultado fue colocar la mezcla mucho más cerca del operario quien coloca la mezcla para luego asentar el ladrillo, también se ubicaron cerca de dos cuadrillas, con la finalidad de que un ayudante abastezca material a los operarios de cada cuadrilla.

Datos generales de la partida Tarrajeo

Se eligió esta partida ya que pertenece a la ruta crítica, asimismo porque tiene mucha predominación en la obra y en el proceso constructivo y dentro de las partidas de arquitectura tiene mucha incidencia económica. Seguidamente se detallarán las actividades de cada trabajo que conforman la partida.

Tabla 12.

Actividades correspondientes al Trabajo Productivo de la partida tarrajeo

TRABAJO PRODUCTIVO	
CM	Colocación de Mezcla
RA	Reglado Apanado
A	Acabado

Nota: TP (Trabajo productivo), trabajo que aporta de forma directa a la producción. Fuente propia

Tabla 13.

Actividades correspondientes al Trabajo Contributivo de la partida tarrajeo

TRABAJO CONTRIBUTIVO	
TDM	Transporte de materiales
PM	Preparación de mezcla
TM	Transporte de mezcla
PS	Preparación de superficie
L	Limpieza

Nota: TC (Trabajo Contributorio), Trabajo de apoyo que debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo. Fuente propia

Tabla 14.

Actividades correspondientes al trabajo No Contributivo de la partida Tarrajeo

TRABAJO NO CONTRIBUTIVO	
E	Esperas
D	Descansos
R	Refrigerios

Nota: TNC (Trabajo no contributorio), aquellas actividades que no agregan valor. Fuente propia.

La partida de tarrajeo ya sea tarrajeo de columnas, de muros, de cielo raso o de vigas se vinieron realizando con cuadrillas de dos integrantes y con cuadrillas conformada por tres integrantes, se analizarán dos cuadrillas conformada por tres, un operario, un oficial y un ayudante.

Tabla 15.

Conformación de cuadrilla 1 de la partida tarrajeo

CONFORMACION DE CUADRILLA 1		
N° DE OBR.	CARGO	NOMBRES Y APELLIDOS
Obrero 1	Op.	Leoncio Villanueva
Obrero 2	Of.	Jesús Chávez Villanueva
Obrero 3	Peón	Pablo Tejada

Tabla 16.

Conformación de cuadrilla 2 de la partida de tarrajeo

CONFORMACION DE CUADRILLA 2		
N° DE OBR.	CARGO	NOMBRES Y APELLIDOS
Obrero 1	Op.	Félix García Cálua
Obrero 2	Of.	Jorge Luis Chávez
Obrero 3	Peón	Lisandro Castrejón

Como se puede observar en la figura 6, el trabajo no contributorio es de 9% lo cual es una cifra alentadora pero aun ante eso es necesario seguir minimizando los desperdicios, sin

embargo, en el trabajo contributivo se tiene un 33% considerando este resultado alto, así que se analizará de manera detallada los trabajos que realizaron las dos cuadrillas.

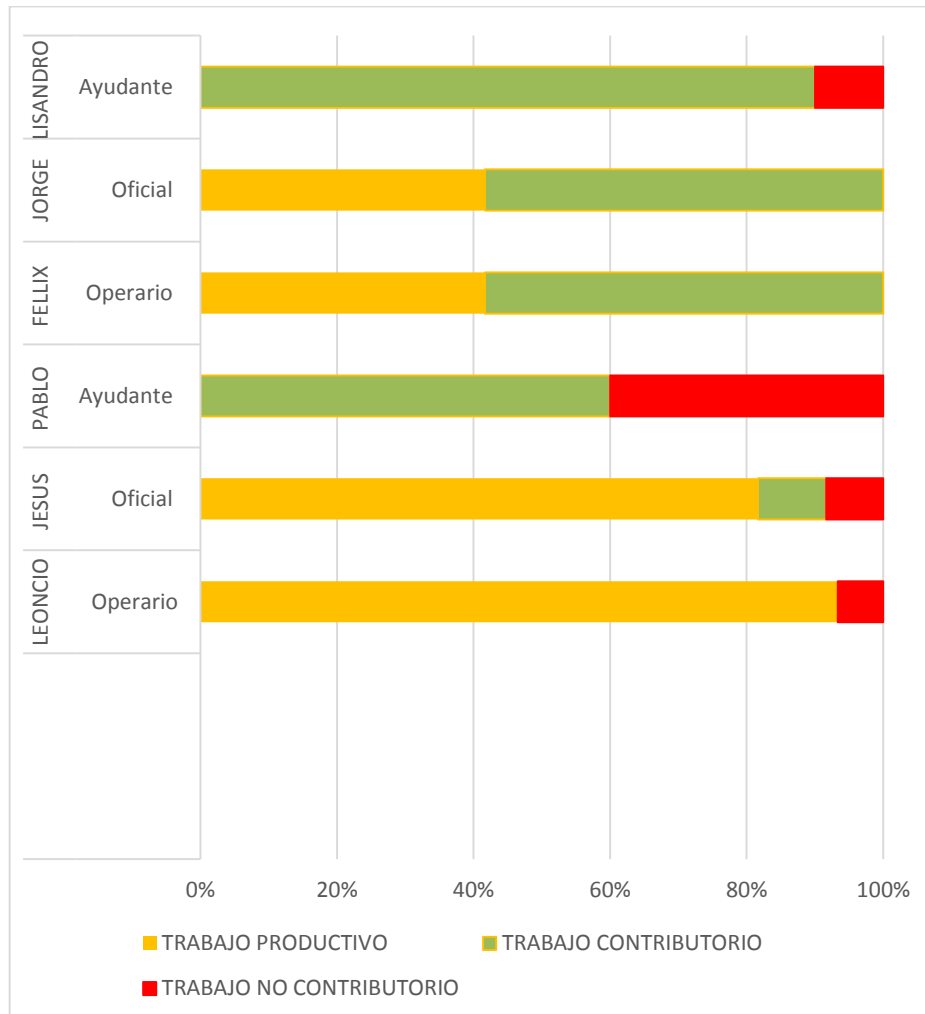


Figura 22: Porcentajes de ocupación del tiempo individual de dos cuadrillas de la partida tarrajeo. Fuente propia

En el gráfico mostrado en la figura 22., se visualiza que en la partida encabezada por el operario Leoncio tiene un mayor porcentaje de trabajo productivo, realizada tanto por el cómo por el oficial Jesús, sin embargo, el ayudante Pablo utiliza casi la mitad de tiempo en trabajos no contributivos, los cuales no aportan un valor al producto. En la segunda cuadrilla dirigida por el Sr. Félix se aprecia que tanto el como el oficial realizan en mayor magnitud actividades del trabajo contributivo u un porcentaje mínimo de TP, lo cual debería ser, al contrario, por otro lado, el ayudante realiza casi el 100% de TC. Por lo tanto, se analizará el

porcentaje de las actividades que conforman el trabajo contributivo y que realizaron los integrantes de ambas cuadrillas.

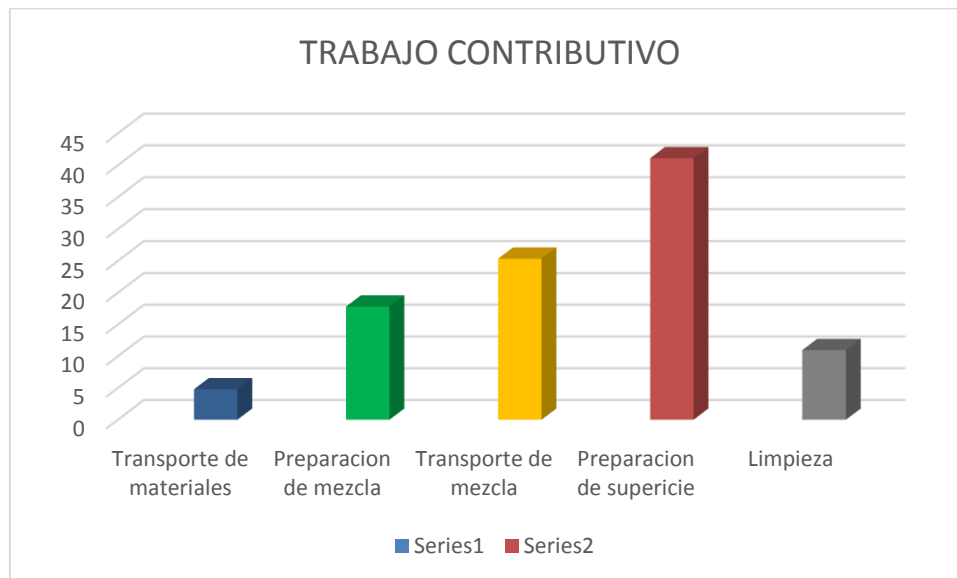


Figura 23: Desagregado del trabajo contributorio realizado por las dos cuadrillas de la partida tarrajeo. Fuente propia.

Como se puede observar en la figura 23 se aprecia que la actividad que se realiza con mayor frecuencia es la preparación de superficie seguidamente de transporte de materiales y preparación de materiales, para reducir este valor del 33% que corresponde a los resultados generales del trabajo contributivo se dieron capacitaciones a las cuadrillas para que los integrantes de esta partida no pongan mayor énfasis en estas actividades que no agregan valor al proyecto, con respecto al transporte de mezcla se realizó la preparación de mezcla más cerca al elemento donde se estaba realizando el tarrajeo.

Esta herramienta de Lean Construction también nos ayuda a identificar el rango del trabajador, ya se sabe con exactitud que labores están realizando, de esta manera constatar si están haciendo las actividades que les corresponde.

Last Planner System o el Ultimo Planificador

El Last Planner es un sistema de programación, el cual permite crear un ambiente estable de trabajo, protegiendo la producción de la incertidumbre y la variabilidad. Para poder determinar de mejor forma lo que se puede lograr hacer, es de suma importancia poseer el conocimiento y a partir de esta información programar lo que se quiere realizar en un futuro cercano, donde hacer una planificación semanalmente es una práctica común que da resultados positivos. De esta forma se puede lograr liberar las restricciones de avances que se presentan comúnmente.

Programación Maestra.

La programación maestra es similar a la programación general de obra que se realiza con la metodología tradicional en la construcción por que tiene como fin prever lo que pasara durante la ejecución. La diferencia entre los dos es que la planificación tradicional usa una programación general de la obra detallándose hasta lo más específico. Sin embargo, Last Planner propone una programación por hitos, basándose en fechas límites que se tienen que cumplir, dejando a un lado el detalle diario lo cual Last Planner propone otra herramienta para esto.

Observando la programación maestra, señala que se inició el proyecto el 15 de marzo del 2019 y tiene una duración de plazo de más de 9 meses culminando el 27 de diciembre del mismo año. En este proyecto se programará la construcción del cerco perimétrico, desde el movimiento de tierras hasta el tarrajeo, la duración total será de 83 días, siendo 51 días las partidas a programar.

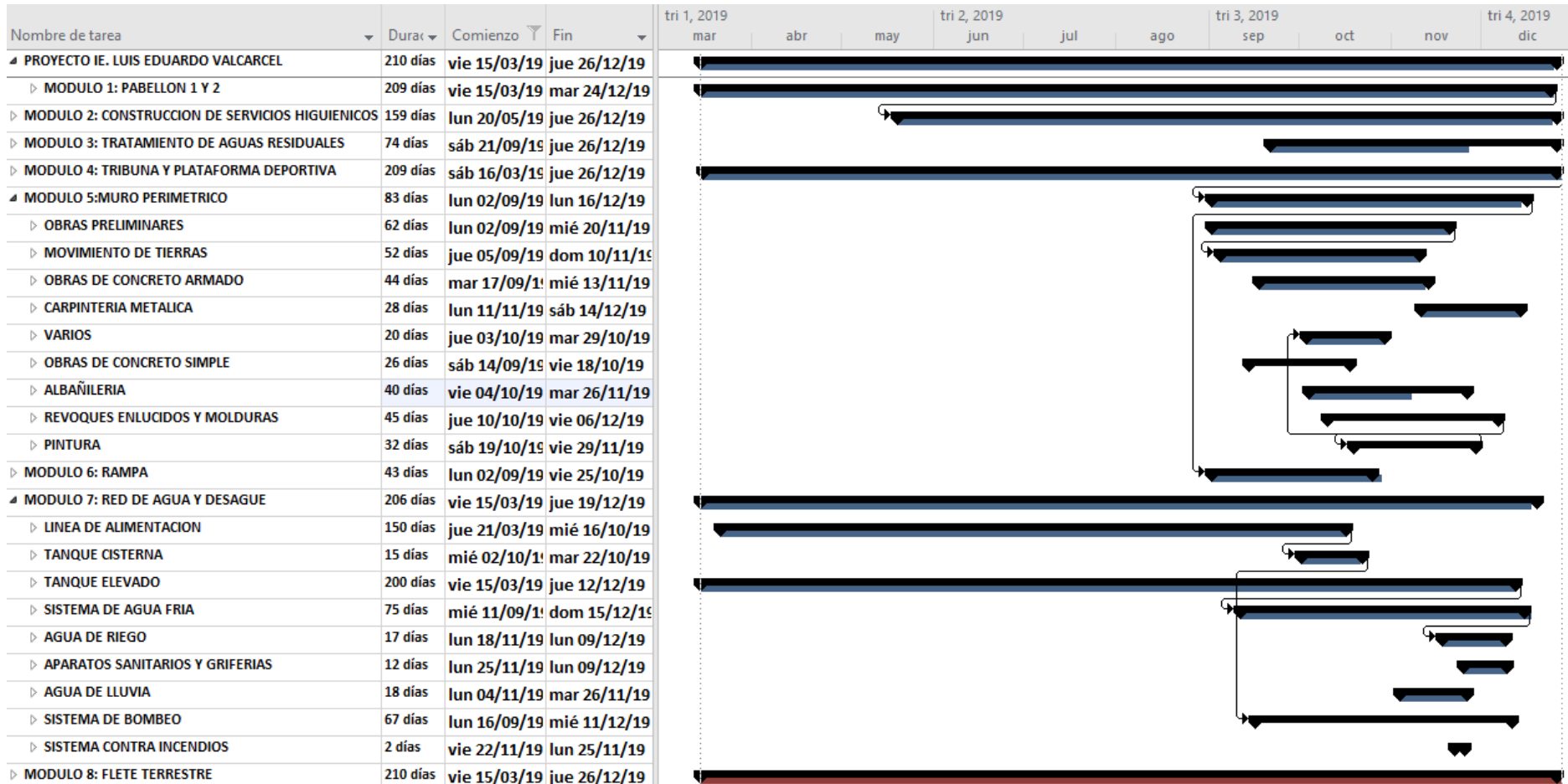


Figura 24. Programación maestra de obra. Fuente: Consorcio Niño Jesús

Lookahead

Lookahead permitió analizar todos los puntos que pudieron generar atrasos en el proyecto como es la gestión de materiales, mano de obra, problemas de diseño, maquinarias, permisos, entre otros, los cuales son restricciones que afectan directamente al cumplimiento de plazo de ejecución. Asimismo, la herramienta fue esencial en el desarrollo del proyecto, ya que generó un flujo continuo de trabajo y es lo que busca la Filosofía Lean Construction.

El primer formato muestra la programación desde la semana 1 hasta la semana 5, la actividad a realizar es desde movimientos de tierra hasta el tarrajeo, se puede observar cómo se forma el tren de actividades y como los trabajos van avanzando a través de los sectores. Adicionalmente en la figura 32 se muestra el formato de Lookahead con la cantidad de mano de obra a requerir a diario, se aprecia que al inicio se requiere de poca cantidad tanto de operarios como de oficiales y ayudantes, se observa que a medida que avanzan los días va en aumento el requerimiento de mano de obra y al finalizar la cantidad va en descenso, así esta herramienta nos anticipa lo que se necesitará para cumplir con lo programado.

En el formato de la figura 33, se ve la programación de Lookahead donde se aprecia aparte de las actividades que se realizaran cada semana, las restricciones y el responsable de levantar y de dejar libre de obstáculos a las actividades.

Programación Semanal

La programación semanal se obtuvo a través de la planificación Lookahead. Después de realizar la programación intermedia y de hacer una expansión para observar las actividades que se ejecutarán durante la semana, se llevó a cabo una reunión con el Ing. Residente, el Administrador de obra, El Ing. Asistente, el Ing. de Seguridad para gestionar los materiales, mano de obra, y asignar a los responsables para el levantamiento de restricciones, estas reuniones se hacían cada semana. Después de tener las tareas libres de restricciones se procedió a establecer la cantidad de trabajo que se asignará a cada cuadrilla en la semana, esto ya estaba definido en Lookahead, pero se rectificaba ya que había algunas variaciones.

Observando la programación Intermedia (Lookahead) y la programación semanal muestra que los días con las actividades programadas es de lunes a viernes esto es dado a que se incluyeron buffers de tiempo en la programación, esto se da con la finalidad de cumplir con todas las tareas planificadas ya que se tiene medio día del sábado para realizar algún trabajo aun no culminado. Estos buffers de tiempo consiguen una confiabilidad mayor en la programación semanal, lo cual influye positivamente en el cumplimiento de los plazos del proyecto.

En el proyecto se empleó el siguiente formato, donde se detalla las actividades a realizarse durante la semana, el metrado que ejecutara cada cuadrilla, el seguimiento de las restricciones verificando que esté libre de ellas para que se pueda cumplir con lo programado y que no haya ninguna variabilidad en el flujo de trabajo.

PROGRAMACION SEMANAL											
DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	SEMANA2					FECHA: 06/09/2019					
	8	9	10	11	12	SEGUIMIENTO DE LEVANTAMIENTOS DE RESTRICCIONES					
	LUN	MART	MIER	JUE	VIER	INFORMACION	ACTIVIDAD PRECEDENTE	MANO DE OBRA	EQUIPO	MATERIALES	ESTADO
EXCAVACION DE ZANJAS PARA CIMIENTOS CORRIDOS-TERRENO NORMAL	1F	2A	2B	2C	2D	SI	SI	SI	SI	SI	LIBERADO
SOLADO MEZCLA CEMENTO- HORMIGON 1:12, E=4"	1F	2A	2B	2C	2D	SI	SI	SI	SI	SI	LIBERADO
ACERO EN COLUMNAS Fy=4200 Kg/cm2	1E	1F	2A	2B	2C	SI	SI	SI	SI	SI	LIBERADO
CONCRETO PARA CIMIENTOS CORRIDOS 1:10 +30% P.G. (MAX. 6")	1E	1F	2A	2B	2C	SI	SI	SI	SI	SI	LIBERADO
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA SOBRECIMENTOS	1D	1E	1F	2A	2B	SI	SI	SI	SI	SI	LIBERADO
CONCRETO PARA SOBRECIMENTOS 1:8 + 25 % P.M (MAX 3") E=0.15 M	1D	1E	1F	2A	2B	SI	SI	SI	SI	SI	LIBERADO
MURO DE LADRILLO DE ARCILLA DE SOGA, MEZCLA 1:5 X 1.5 CM	1C	1D	1E	1F	2A	SI	SI	SI	SI	SI	LIBERADO
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN CONCRETO PARA COLUMNAS F'C =175 KG/CM2	1B	1C	1D	1E	1F	SI	SI	SI	SI	SI	LIBERADO
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN VIGAS	1A	1B	1C	1D	1E	SI	SI	SI	SI	SI	LIBERADO
ACERO EN VIGAS Fy=4200 Kg/cm2	1A	1B	1C	1D	1E	SI	SI	SI	SI	SI	LIBERADO
CONCRETO EN VIGAS DE F'C=175 KG/CM2	1A	1B	1C	1D	1E	SI	SI	SI	SI	SI	LIBERADO
TARRAJEO EN CERCO PERIMETRICO (muros,		1A	1B	1C	1D	SI	SI	SI	SI	SI	LIBERADO
CUMPLIMIENTO DIARIO	X	X	X	X	X						LIBERADO

Figura 28. Programación semanal. Adaptado de J. Castro & J. Pajares, 2014, “Propuesta e implementación de sectorización y trenes de trabajo para acabados interiores bajo la filosofía Lean Construction, en obras de construcción de viviendas masivas” Tesis de Pregrado, pág. 67.

Programación Diaria

La programación diaria en este proyecto lo realiza el último planificador, en este caso elaborado por el Administrador de Obra juntamente con su equipo de trabajo (Ingeniero Residente, Ingeniero de Seguridad, Asistente y Maestro de Obra), las programaciones se realizaron al finalizar la jornada de cada día, ya que es ahí donde se verificó si se cumplió con lo planificado el día anterior, en el caso en que alguna actividad fue culminada o no se ejecutó, se programa para el siguiente día.

Una vez elaborada la programación diaria por los responsables, se entregó la lista al maestro de obra para que él les haga llegar las metas diarias a los operarios de cada cuadrilla al inicio de cada jornada laboral y de esta manera se informó a todos los involucrados acerca de lo que se hará durante el día.

Análisis de Restricciones

El análisis de restricciones es una herramienta muy importante, ya que sin aplicarlo Lookahead sería solamente una planificación intermedia por lo cual es necesario identificar las restricciones evitando así los efectos de la variabilidad e incrementando confiabilidad en los procesos de programación y planificación.

Anteriormente en la figura 33, se muestra un formato de Lookahead considerando las restricciones y seguidamente un formato Excel en donde se registra la restricción de cada actividad, la fecha que se registra, la fecha requerida en obra y el responsable de atender y dejar libre de restricciones a las actividades programadas, para que se puedan ejecutar conforme fueron programadas.

Las restricciones en la obra fueron las siguientes:

- Mano de obra: Cuadrillas sin la cantidad de personal obrero necesario para las actividades necesarias
- Materiales: Requerimiento de materiales pendientes en obra
- Información: No se cuentan con detalles necesarios para la ejecución como son falta de detalles en planos y falta de planos e incompatibilidad entre ellos.
- Económica: Atraso de pago al contratista de parte de la entidad y atraso de pago de salario al personal.

Comparativo de resultados del trabajo tradicional y metodología Lean Construction

Habiendo aplicado las herramientas de Lean Construcción (Last Planner System y Lean Project Delivery System) en las partidas de la construcción del cerco perimétrico, se llegó a los siguientes resultados basándose en la diferencia de los trabajos bajo el método tradicional y la metodología Lean.

Realizando la comparación, el trabajo tradicional sigue el modelo de conversión y el enfoque Lean sigue el modelo de flujos, haciendo que se minimicen los desperdicios maximizando el valor del producto.

Al revisar la información del proyecto y el cronograma de obra, el cual generalmente utilizan la herramienta de la programación maestra para llevar el control del proyecto en general, en esta se visualizó que las partidas en estudios las cuales son las pertenecientes a la construcción del cerco perimétrico desde movimiento de tierras hasta el tarrajeo tiene 50 días calendario de duración.

Sin embargo, al aplicar las herramientas Lean Construcción como sectorización, trenes de actividades, Lookahead, carta balance, se obtuvo un tiempo de 32 días calendario, cabe

resaltar que esta programación no se consideró los días sábados ya que estos fueron utilizados como buffers.

Análisis Crítico de resultados obtenidos

En base a los resultados obtenidos se puede diferir que fueron satisfactorios al aplicar la filosofía Lean. Seguidamente se muestra una tabla con la diferencia de tiempo de programación entre el método tradicional de planificación y la metodología Lean Construction.

Tabla 17.

Tabla comparativa de tiempos de programación entre el método tradicional y la Filosofía Lean Construction.

DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	Tiempo de programación tradicional (días)	Tiempo de programación Lean (días)	Diferencia de tiempos (PMT/PLC)
Cerco perimétrico	51	32	37%
Asentado de ladrillo	40	26	35%
Tarrajeo	45	24	47%

Nota: Programación Método Tradicional (PMT), Programación Lean Construction (PLC). Fuente propia

En la tabla 3 se observa que se tiene una diferencia considerable comparando la metodología Lean Construction con el método tradicional. El resultado de la programación del cerco perimétrico refleja que utilizando las herramientas Lean se llega a tener una gran optimización del 37%, es decir 19 días con respecto a la programación inicial de 51 días calendario.

Asimismo, con respecto a las partidas de Asentado de Ladrillo y Tarrajeo la optimización llega a ser del 35% y 47% respectivamente, reflejando lo importante que es aplicar la herramienta Lean Construction en la planificación y ejecución del proyecto de construcción. También se realizó un comparativo en cuanto al ahorro de mano de obra que tendría el

contratista al aplicar la metodología Lean. En las siguientes tablas que se muestra a continuación se verificara el ahorro de las partidas asentado de ladrillo y tarrajeo.

Tabla 18.

Tabla comparativa de costo de mano de obra de la partida asentado de ladrillo.

DESCRIPCION	MÉTODO TRADICIONAL				METODOLOGÍA LEAN			
	DIAS DE PROGRAMACION	CUADRILL A		COSTO	DIAS DE PROGRAMACION	CUADRILL A		COSTO
		OP.	AYU.			OP.	AYU.	
Asentado de ladrillo	40	2	2	10400	22	3	2	7480

Nota: Fuente propia

En la tabla 4, se muestra la diferencia que existe al aplicar la metodología Lean en una partida que el seguir aplicando el método tradicional. Se observa que el tiempo de programación con la metodología Lean Construction es cerca al 50% menos al método tradicional, y a pesar de incrementar el número de operarios para poder cubrir el metrado de cada sector, se tiene un ahorro en la mano de obra del 28%.

Tabla 19.

Tabla comparativa de costo de mano de obra de la partida de tarrajeo de cerco perimétrico

DESCRIPCIÓN	MÉTODO TRADICIONAL				METODOLOGÍA LEAN			
	DIAS DE PROGRAMACION	CUADRILL A		COSTO	DIAS DE PROGRAMACION	CUADRILL A		COSTO
		N	OP.			AYU.	N	
Tarrajeo de cerco perimétrico	45	3	3	17550	21	6	3	13230

Nota: Fuente propia

En la tabla 5, se observa que aplicando las herramientas Lean se tiene una optimización tanto el tiempo como en el costo de la mano de obra siendo en esta partida de 25% menos que el costo de mano de obra con el método tradicional.

Como se muestra anteriormente, mediante el método Lean se puede generar ahorro en la mano de obra, en este proyecto se tuvo un ahorro en las partidas de asentado de ladrillo y tarrajeo de S/. 2920.00 y S/.4320.00 respectivamente. Se obtuvo estos resultados ya que al aplicar la filosofía Lean Construction se logra un flujo continuo y eficiente, siempre y cuando se tenga la comunicación apropiada y la disposición del contratista. Al aplicar la filosofía Lean Construction se puede lograr beneficios como gestionar de manera eficiente los recursos, generar ahorro en los costos de mano de obra, tener un mejor control de avance disminuyendo la variabilidad y entregando a tiempo el proyecto.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

La presente investigación tuvo como finalidad determinar la influencia de la filosofía Lean Construction en el mejoramiento de la productividad del proceso constructivo de la Institución Educativa Luis Eduardo Valcárcel en el distrito de Yonán y como objetivos específicos terminar en qué medida influye en los costos de ejecución y en el cumplimiento de la programación de las partidas de la construcción de la Institución Educativa Luis Eduardo Valcárcel.

Se aplicó las herramientas de la filosofía Lean Construction en las partidas seleccionadas como muestra para este estudio de investigación, previamente se había revisado toda la documentación como el expediente que comprendía los planos, memoria descriptiva, especificaciones, presupuesto y el cronograma. Seguidamente se procedió a aplicar las herramientas de Last Planner System y Last Delivery System.

Se implementó la programación maestra lo cual vino a ser un cronograma donde se visualiza la programación por hitos, determinando fechas límites que debieron

cumplirse. Para que se logre lo antes mencionado, se procedió a realizar el Lookahead, este es una programación intermedia para esto antes se hizo la sectorización, con esta herramienta se logró tener un flujo continuo similar a los procesos industrializados con la diferencia que en la construcción los elementos que finalmente conforman el producto es fijo y en un proceso industrial estos se transportan hasta alcanzar el producto final. Lookahead permitió analizar y resolver con anticipación las restricciones, como la falta de materiales, mano de obra, detalles faltantes en los planos.

Después de hacer la programación Lookahead se procedió a realizar la programación semanal, lo cual se hacía todos los viernes juntamente con el Ing. Residente y el administrador de obra. Esta programación permitió visualizar todas las restricciones y resolverlas a tiempo para que se ejecute todas las actividades conforme a lo planificado. Partiendo de la programación semanal se llevó a cabo diariamente una planificación detallada en donde se verifica minuciosamente que todas las restricciones estén levantadas, esta programación se realiza juntamente con el último planificador en este caso el maestro.

Conforme se ejecutaban las actividades planificadas con las herramientas Lean Construcción se aplicaban herramientas como indicadores para evaluar cómo se estaba trabajando y poder medir la mejora de la productividad, esta herramienta es el informe semanal de producción en donde se iba registrando el rendimiento diario y de qué manera estaba conformado cada cuadrilla de las partidas en estudio, de tal modo se obtenían los datos para posteriormente al finalizar la semana realizar la curva de productividad en donde se podía observar y comparar los rendimientos reales con los rendimientos promedios y los rendimientos que figuraban en el expediente técnico.

Se aplicó la herramienta de Sectorización por lo que es fundamental para realizar el tren de actividades, ya que permitió dividir en partes similares el elemento de modo que las partidas diariamente se transportan por cada sector logrando de esta manera un flujo continuo. También se aplicó la Carta Balance, esta herramienta sirve como un indicador que mide los diferentes tipos de trabajo, en las partidas se midió el trabajo productivo, trabajo contributivo y trabajo no contributivo, en las partidas en estudio se obtuvieron resultados muy satisfactorios en cuanto a los tiempos empleados en los TP, pero el porcentaje de los trabajos contributivos aún son altos pudiendo mejorar y disminuir en tiempo empleado en este trabajo porque aunque es necesario que se realicen no agregan valor al producto de manera directa.

Al aplicar la filosofía Lean Construction en el proyecto de construcción, durante el desarrollo se presentaron algunas limitaciones, como fue el atraso del pago de las valorizaciones al contratista de parte de la entidad lo cual produjo la demora de los requerimientos de materiales esto llevo a la reducción de personal. Asimismo, la dependencia del Maestro al método tradicional trajo consigo limitaciones para el desarrollo de la productividad, el maestro solo transmitía conocimientos de procesos que él ya sabía aferrándose al mismo.

Existen diferentes estudios realizados sobre productividad en la construcción y el impacto que se tiene al aplicar la filosofía Lean Construction, así como también la medición de la productividad con el método tradicional. Según (Ghio, 2001) en su investigación midió el nivel de productividad en 50 obras en Lima lo cual tuvo como resultado un 28% de TP, un 36% TC y un 36% TNC, lo cual refleja el bajo estado de la productividad en nuestro país, esto nos da un alerta que no se sigue una metodología adecuada en el proceso constructivo si no que se sigue ejecutando con el método tradicional. Asimismo según (Serpell A. , 2002) se tiene que en Chile se

registraron en el año 2001 niveles de productividad de 38%, antes de las mediciones en el Perú, también indica que los valores metas de niveles de productividad debe ser del 60% lo cual se catalogaría como una productividad optima ya que esa es la actividad que finalmente agrega valor al producto.

Alrededor del 2001 se empezó a conocer la filosofía Lean Construction y se comenzó a difundir por el Perú por medio de la empresa CVG Ingenieros con la finalidad de mejorar el nivel de productividad y el estado de la construcción como lo venían haciendo en países donde ya se aplicaba esta nueva filosofía.

Según (Morales & Galeas,2006) en el mismo año se realizaron nuevas mediciones de ocupación del tiempo en un total de 26 obras en Lima, los resultaos obtenidos muestran una mejoría en el sector ya que como trabajo productivo se obtuvo un 32%, sin embargo, los resultados no son muy satisfactorios en comparación con niveles de productividad de otros países, como en Colombia según (Gómez & Morales, 2016) en su artículo científico evalúan y analizan la participación por tipo de actividad en obras de construcción en donde los resultaron arrojaron que el 55% del tiempo es dedicado al trabajo productivo.

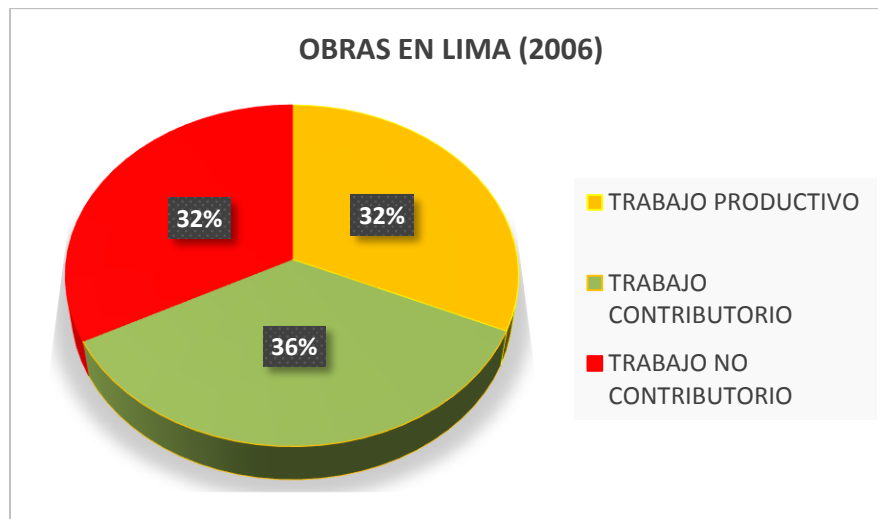


Figura 29: Resultados publicado en la tesis de Pregrado PUCP por M. Morales & J. Galeas, 2006, “*Diagnostico y Evaluación de la relación entre el grado de industrialización y los sistemas de gestión con el nivel de productividad en obras de construcción*” Tesis de Pregrado, pág. 39.

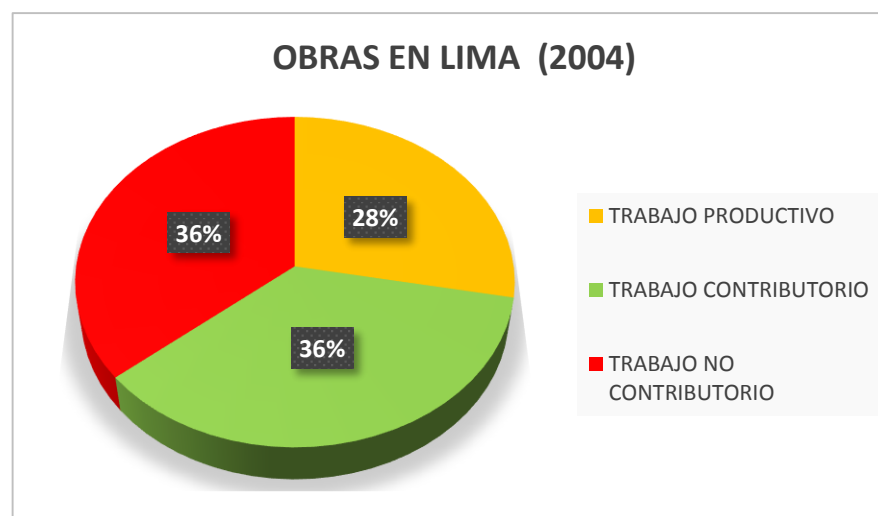


Figura 30: Estadística de Actividad General de Actividad en 50 obras en Lima. Tomado de V. Ghio, 2001, “*Productividad en Obras de Construcción, Diagnostico, Critica Propuesta*”, Fondo Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú.

Haciendo una comparación con las mediciones realizadas recientemente del nivel general de actividades en obras de Lima, se puede apreciar que se obtuvo un trabajo de nivel productivo para la partida de Asentado de ladrillo de 50% y 58% para la

partida de tarrajeo mientras que en las estadísticas del 2004 se obtuvo un 32% en el trabajo productivo. De la misma manera se hace una comparación de los trabajos contributivos y no contributivos y se visualiza que estos son menores, obteniendo un resultado alentador ya que la filosofía Lean Construction tiene como finalidad incrementar y potenciar las actividades que agregan valor al proyecto (TP) y disminuir las pérdidas (TC y TNC).

Sin embargo comparando este proyecto con el promedio obtenido en Colombia se puede apreciar que aplicando de manera correcta teniendo un buen seguimiento de las herramientas de la filosofía Lean Construction se puede llegar a tener niveles óptimos de productividad, logrando un 58% de TP en tarrajeo y un 50% de TP en Asentado de Ladrillo, logrando minimizar los desperdicios ya que se obtuvo un 18% y 9% de trabajo no contributivo, niveles más bajos que los datos tomados es Colombia en donde el TNC es un 22% casi un cuarto de tiempo empleado en actividades que agregan valor al proyecto. En cuanto a los trabajos contributivos se necesita aun reducir los niveles ya que se tuvo un 32% y 33 % en comparación a 23% de la estadística de los estudios realizados en Colombia, esto nos indica que se tiene que reducir y pasar ese porcentaje al trabajo productivo ya que el TC según Lean Construcción es considerado como pérdida.

Al realizar la comparación entre la planificación del método tradicional y la metodología Lean Construction se tuvo un ahorro de tiempo de 35% y 47% en la partida de asentado de ladrillo y tarrajeo respectivamente, también se optimizó costos en mano de obra en un 28% y 25% en las partidas de asentado de ladrillo y tarrajeo respectivamente. En una investigación realizado por (Castro & Pajares, 2014) sobre la implementación de herramientas Lean Construcción como la sectorización y trenes de trabajo en acabados en viviendas teniendo como resultados la reducción del

tiempo de ejecución en el cronograma de acabados en un 32% y en la partida de pintura un 41%, de igual manera lograron reducir el costo de mano de obra en un 46% y un 30% en acabados y en la partida de pintura.

Finalmente, después de haber aplicado la filosofía Lean Construction en la construcción de la I.E. Luis Eduardo Valcárcel y después de verificar los impactos positivos que tiene sus herramientas al ser implementados tanto en la planificación como en la ejecución del proyecto no solo en esta investigación sino también en otras investigaciones que se citó como antecedentes, se deduce lo importante y necesario que es introducir esta metodología en todos los proyectos de construcción, no solo que se implementen en las grandes empresas sino también las pequeñas constructoras ya que puede mejorar la productividad hasta en un 25%, disminuyendo los costos en mano de obra, optimizando desperdicios de materiales y el tiempo en cuanto a la ejecución de la obra.

4.2 Conclusiones

La aplicación de las herramientas de la filosofía Lean Construction en el proceso constructivo de la Institución Educativa Luis Eduardo Valcárcel influyó mejorando la productividad, permitiendo identificar tendencias positivas en el costo de mano de obra, en la planificación de las actividades y en el control de la ejecución del proyecto.

Una de las herramientas de Lean Construction implementadas en el proyecto fue el Nivel General de Actividades cuya recopilación de datos se obtuvieron mediante la Carta Balance, logrando resultados óptimos del 50% y 58% de trabajo productivos en las partidas de asentado de ladrillo y tarrajeo respectivamente, esta herramienta

permitió distribuir de mejor manera el número de integrantes en una cuadrilla e identificar los Trabajos no contributivos los cuales fueron minimizados porque no agregaban valor al proyecto, teniendo como efecto un incremento de la productividad.

La Filosofía Lean Construction influyó en el costo de mano de obra de las partidas de estudio optimizando en un 28% en la partida de asentado de ladrillo y un 24% en la partida de tarrajeo, estos resultados se obtuvieron después de implementar las herramientas de Last Planner System y Lean Project Delivery System en el proyecto, los cuales contribuyeron desde la planificación hasta la ejecución de las partidas. El costo de mano de obra en proyectos de edificación es muy significativo y esta metodología permitió minimizar costos generados por desperdicios de tiempo dedicados a actividades que no agregaban valor como esperas, descansos, trabajos mal hechos y la mala distribución de cuadrillas.

Asimismo, al aplicar las herramientas de la filosofía Lean en el proyecto como el Nivel General de Actividades lo cual ayudó a identificar de qué manera se distribuía el tiempo, logrando incrementar actividades correspondientes al trabajo productivo. También la herramienta de sectorización y tren de actividades facilitaron a la elaboración de la programación a mediano plazo (Lookahead), en donde con anticipación se identificó y eliminó las restricciones, de tal manera se llevó a cabo de forma eficiente todas las actividades programadas, logrando una reducción en el tiempo de ejecución del cerco perimétrico de un 37% en comparación a la programación maestra, la misma que se contemplaba en el expediente técnico, del

mismo modo en las partidas de asentado de ladrillo y tarrajeo se logró optimizar el tiempo de ejecución en un 35% y 47% respectivamente.

4.3 Recomendaciones

- Al implementar la nueva metodología, existe una resistencia al cambio de la forma en que se realizan los procesos constructivos en los proyectos, esto se observa mayormente en los capataces que se reúsan a dejar atrás el método tradicional. Dado a lo mencionado se recomienda capacitar y entrenar a todos los trabajadores de forma completa para lograr una mejor comprensión de las herramientas de Filosofía Lean Construction.
- Se sugiere implementar la herramienta de mejora continua, la cual al involucrar a todos los trabajadores incluyendo operarios y oficiales, se lograría especializar y perfeccionar la mano de obra, trayendo consigo oportunidades de mejora perdurando a través del tiempo. Asimismo, se propone dar un espacio dentro de las reuniones que se llevan a cabo para que los trabajadores expresen sus ideas.
- Se recomienda para futuros proyectos donde se implemente la filosofía Lean Construction utilizar un programa donde permita realizar de manera más sencilla el diseño del proyecto, la planificación, el seguimiento de ejecución de obra sin tener que usar diferentes softwares para ello. Aquellos programas podrían ser Autodesk BIM 360, LEAN Station, COCOPLAN, los cuales son herramientas de gestión, seguimiento y control de producción en obra.

REFERENCIAS

- Aguilar, M. (2010). *Estudio comparativo de la productividad de construcción de casas en serie, utilizando el método de planificación tradicional y el sistema del Último Planificador*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Arboleda, S. (2014). *Análisis de Producción, rendimiento y consumo de obra en procesos constructivos, elemento fundamental en la fase de planeación* (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- Ballard, H. (2000). *The Last Planner system of production control*. (Tesis de Doctoral). University of Birmingham, Birmingham.
- Bonnie, B., & Teresa, S. (2012). *Gestión de proyectos en el mundo real*. Anaya Multimedia.
- Castro, M., & Pajares, E. (2014). *Propuesta e implementación de sectorización y trenes de trabajo para acabados interiores bajo la filosofía Lean Construction, en obras de construcción de viviendas masivas*(Tesis de Pregrado).Universidad Peruanas de Ciencias Aplicadas, Lima
- Cerveró, F. (2017). La productividad del sector de la construcción puede aumentar un 60% aplicando técnicas Lean. *La voz empresarial*, 10.
- Chavez, J., & De la cruz, C. (2014). *Aplicación de la filosofía Lean Construction en una obra de edificación* (Tesis de Pregrado). Lima: Universidad San Martín de Porres .

Cosapi. (- de - de 2017). *cosapi*. Obtenido de COSAPI ©2017 Derechos reservados:

<https://www.cosapi.com.pe/Site/Index.aspx?aID=1578>

Costos. (2017). Estacionamientos supterraneos parque Kennedy. *COSTOS cosntrucción, arquitectura e ingeniería* , 12.

Ghio, V. (2001). *Productividad en obras de construcción: diagnóstico, crítica y propuesta*.

Lima: PUCP - Fondo Editorial.

Gomez, & Morales. (2016). *Análisis de Productividad en la Construcción de Vivienda basada en Rendimientos de Mano de Obra*. Bogotá: INGE CUC.

Henao, C. (2010). *Mejoramiento de la productivid en construccion: time - plast y simulación digital como herramientas de análisis*. Bogotá.

ILCP, I. L. (- de 2014). *Lean construction Institute Perú*. Obtenido de Lean construction

Institute Perú: <http://www.leanperu.com.pe/index.php/preguntas-frecuentes#page>

ISO-9001. (2015). *Norma Internacional*. Suiza:.

Martines, L., & Alarcon, L. (1988). Programas de mejoramiento de la productividad para obras de construcción. *Ingeniería de construcción*, 53-79.

Ramos, R., & Salvador, S. (2013). *Evaluación de la aplicación del sistema Last Planner en la construcción de edificios multifamiliares en Arequipa* (Tesis de Pregrado).

Universidad Privada de Ciencias Aplicadas, (Lima).

- Ruano, D. (2010). *Análisis de los plazos de construcción de edificios en Chile y su relación con los métodos constructivos utilizados* (Tesis de Pregrado). Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- Sanchez, A., Rosa, D., & Benavides, P. (2014). *Implementación del sistema de Lean Construction para la mejora de productividad en la ejecución de los trabajos de estructuras en obras de edificación de viviendas* (Tesis de Maestría). Universidad de Ciencias Aplicadas, Cusco.
- Serpell, A. (1985). Productividad en la Construcción. *Ingeniería de Construcción*, 53-57.
- Serpell, A. (1986). Productividad en la Construcción. *Revista de Ingeniería de Construcción*, 56-58.
- Serpell, A. (2002). *Administración de Operaciones de Construcción*. México : Alfaomega.
- Villagarcía, S. (2005). *Indicadores de Productividad y Calidad en la Construcción de Edificaciones*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Morales, M. & Galeas, J (2006). *Diagnóstico y Evaluación de la relación entre el grado de industrialización y los sistemas de gestión con el nivel de productividad en obras de construcción*.(Tesis de Pregrado), Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Gonzales, O., Gonzales, M. & Ruiz, J. (2012). *Consideraciones éticas en la investigación pedagógica: una aproximación necesaria*, Rev. Educentro, Universidad de Ciencias Médicas de Villa Clara, Cuba.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Operacionalización

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES/ ITEMS
Productividad en el proceso constructivo	La productividad es la relación entre lo producido y lo consumido entre los recursos o materiales utilizados. En la construcción no cabe duda que es más impredecible hablar de productividad en la mano de obra en el proceso constructivo, también es importante recalcar la productividad en los materiales y equipos. Para lograr un incremento en la productividad es importantes que aporten todos los que de una u otra forma puedan estar involucrados en el proyecto como el mandante, los proyectistas, los directivos de la obra. (Serpell A. , Productividad en la Construcción, 1986).	Es la relación de la producción alcanzada entre la mano de obra, materiales y equipos empleados.	<ul style="list-style-type: none"> Mano de Obra 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Trabajo realizado por un obrero en una jornada de 8 horas.
			<ul style="list-style-type: none"> Materiales 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cantidad de material utilizado en la realización de una partida. ✓ Ubicación apropiada de los materiales.
			<ul style="list-style-type: none"> Equipos y herramientas 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Utilización de un equipo y herramientas en una jornada de 8 horas o un tiempo determinado

Anexo 2: Panel Fotográfico



Figura 31. Actividad de excavación con maquinaria pesada de zanja para cimiento corrido



Figura 32. Actividad de vaciado de concreto ciclópeo en cimiento corrido.



Figura 33. Actividad de vaciado de concreto ciclópeo en cimiento corrido



Figura 34. Actividad de vaciado de sobrecimiento



Figura 35. Actividad de asentado de ladrillo



Figura 36. Actividad de vaciado de columnas



Figura 37. Actividad de encofrado de vigas



Figura 38. Actividad de vaciado de vigas



Figura 39. Encofrado y vaciado de vigas



Figura 40. Actividad de tarrajeo de muro, columnas y vigas de cerco perimétrico