



UNIVERSIDAD PRIVADA TELESUP

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL Y

DESARROLLO INMOBILIARIO

TESIS

LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION EN EL PROCESO

DE CIMENTACIÓN DE UNA EDIFICACIÓN

UNIFAMILIAR DE SAN JUAN DE LURIGANCHO.

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Bach. COTACALLAPA LOPEZ CARMEN PATRICIA

LIMA – PERÚ

2017

ASESOR DE TESIS.

.....
ING. ÁNGEL QUISPE TALLA.

JURADO EXAMINADOR.

.....
DRA. GRISI BERNARDO SANTIAGO.
Presidente.

.....
MG. EDMUNDO JOSÉ BARRANTE RÍOS.
Secretario.

.....
ING. WILVER AUCCAHUASI AIQUIPA
Vocal.

DEDICATORIA

Dedico esta Tesis a Dios creador de todas las cosas a mis padres Abraham Cotacallapa y Carmen López que siempre me apoyaron incondicionalmente en la parte moral y económica para poder llegar a ser un profesional.

A mis hermanos y demás familia en general por el apoyo que siempre me brindaron día a día en el transcurso de cada año de mi carrera Universitaria.

AGRADECIMIENTO

A mis padres y familiares sin cuyo sacrificio, comprensión, aliento y estímulo habría sido difícil mantenerse firmes delante de los obstáculos en la búsqueda de nuestros objetivos durante nuestra formación profesional.

A la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Privada TELESUP que nos albergó en su seno y nos dio las pautas para convertirnos en buenos profesionales.

A todos ellos nuestro mayor agradecimiento y admiración.

RESUMEN

La investigación usa la aplicación de la filosofía Lean Construction en el proceso de cimentación de una edificación unifamiliar de San Juan de Lurigancho, se midió los trabajos de dichos procesos y determinar su influencia, por lo que se determinó como influye el Lean Construction en el proceso de cimentación de una edificación unifamiliar.

El nivel de investigación es el experimental y la parte empírica de la comprobación de las variables se realizó en la edificación unifamiliar de San Juan de Lurigancho mediante la valoración de los trabajos productivos, contributorios y no contributorios, así como el trabajo útil del proceso completo de cimentación.

Se realizó análisis estadístico como comparación de varias muestras en sus medidas de tendencia central como la media la desviación estándar y las modas y un análisis de superficie de respuesta de los trabajos del proceso de cimentación representados en porcentaje, también se realizó la prueba de hipótesis donde se rechazó la hipótesis nula y aceptando la hipótesis principal que indica la influencia de la filosofía Lean Construction en el proceso de cimentación de la edificación unifamiliar del distrito de San Juan de Lurigancho influyo significativamente en referencia a el trabajo productivo con resultados de 88.89% ,89.78% y 89.94%, valores mayores a el 50 % de lo que nos explica la influencia.

Se determinó que Lean Construction en la excavación de la cimentación de la edificación unifamiliar son 58.3% en trabajo productivo, 30.56% en trabajo Contributorio, 11.11%, en trabajo no Contributorio, se concluye que la filosofía lean Construction se aplicó correctamente para un trabajo productivo del 89.94 %.

Los resultados de la filosofía Lean Construction en la edificación unifamiliar en el distrito de San Juan de Lurigancho los resultados en los encofrados de la cimentación son 56.94% en Trabajo Productivo, 32.84% en Trabajo Contributorio, 10.29% en Trabajo no Contributorio, y en vaciado son 55.56% en Trabajo Productivo, 34.38% Trabajo Contributorio en, 10.07% en Trabajo no Contributorio, por lo que se concluye que Lean Construction influyo significativamente.

En la optimización para el Trabajo útil mediante la ecuación:

$$\text{Trabajo Útil (\%)} = 239.907 - 7.55626 * T. \text{ Productivo (\%)} + 2.28887 * T. \text{ Contributorio (\%)} + 4.48986 * T. \text{ no Contributorio (\%)} + 0.0749994 * T. \text{ Productivo (\%)}^2 + 0.0420549 * T. \text{ Productivo (\%)} * T. \text{ Contributorio (\%)} - 0.210011 * T. \text{ Productivo (\%)} * T. \text{ no Contributorio (\%)} - 0.0545715 * T. \text{ Contributorio (\%)}^2 - 0.112012 * T. \text{ Contributorio (\%)} * T. \text{ no Contributorio (\%)} + 0.532081 * T. \text{ no Contributorio (\%)}^2$$
; se optimizo con un valor de 90.89 %

Llegando a la conclusión de que la filosofía lean Construction si influye en los procesos de cimentación de la edificación unifamiliar y se recomienda su uso para las edificaciones unifamiliares.

Palabras Clave: Contributorios, Cimentación, edificación.

ABSTRACT

The research uses the application of the Lean Construction philosophy in the process of cementing a single-family building in San Juan de Lurigancho, measuring the work of these processes and determining their influence, thus determining how Lean Construction influences the process of foundation of a single-family building.

The level of research is the experimental one and the empirical part of the verification of the variables was carried out in the single-family building of San Juan de Lurigancho by means of the evaluation of the productive works, contributorios and non contributorios, as well as the useful work of the complete process of Foundations.

Statistical analysis was performed as a comparison of several samples in their measures of central tendency as the mean standard deviation and fashions and a response surface analysis of the works of the foundation process represented in percentage, also the hypothesis test was performed where We rejected the null hypothesis and accepted the main hypothesis that indicates the influence of the philosophy Lean Construction on the foundation process of the single-family building in the district of San Juan de Lurigancho significantly influenced in reference to productive work with results of 88.89%, 89.78 % And 89.94%, values greater than 50% of what the influence explains.

It was determined that Lean Construction in the excavation of the foundations of the single-family building are 58.3% in productive work, 30.56% in Contributor work, 11.11% in non-work, it is concluded that the lean construction philosophy was applied correctly for productive work Of 89.94%.

The results of the Lean Construction philosophy in the single-family building in the district of San Juan de Lurigancho, the results in foundation formwork are 56.94% in Productive Labor, 32.84% in Labor, 10.29% in Non-Worker Labor, and in casting Are 55.56% in Productive Work, 34.38% Work in Public Works, 10.07% in Non-Worker Work, so it is concluded that Lean Construction influenced significantly.

In the optimization for the useful Work by the equation:

Useful Work (%) = 239.907 - 7.55626 * T. Productive (%) + 2.28887 * T. (%) + 4.48986 * T. No Contributor (%) + 0.0749994 * T. Productive (%) ^ 2 + 0.0420549 * T. Productive (%) * T. (%) - 0.210011 * T. Productive (%) * T. No Contributor (%) - 0.0545715 * T. Contributor (%) ^ 2 - 0.112012 * T. (%) * T. No Contributor (%) + 0.532081 * T. No Contributor (%) ^ 2; Was optimized with a value of 90.89%

Coming to the conclusion that the lean construction philosophy influences the foundation processes of the single-family building and its use is recommended for single-family buildings.

Keywords: Public works, Cementation, building.

INDICE DE CONTENIDO

CARATULA.....	i
ASESOR DE TESIS.....	ii
JURADO EXAMINADOR.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	viii
INDICE DE CONTENIDO.....	x
INDICE DE TABLAS.....	xiii
INDICE DE FIGURAS.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	xv
I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	17
1.1. Planteamiento del problema.....	17
1.2. Formulación del problema.....	19
1.1.2. Problema General.....	19
1.1.3. Problemas Específicos.....	19
1.3. Justificación del estudio.....	19
1.4. Objetivos de la Investigación.....	20
1.4.1. Objetivo General.....	20
1.4.2. Objetivos específicos.....	21
II. MARCO TEÓRICO.....	22
2.1. Antecedentes de la investigación.....	22
2.1.1. Antecedentes nacionales.....	22
2.1.2. Antecedentes internacionales.....	28
2.2. Bases teóricas.....	37
2.2.1. Sistema Lean.....	37
2.2.2. Lean Production.....	37
2.2.3. Lean Construction.....	39
2.2.4. Tipos de trabajos o tiempos en Lean Construction.....	39
2.2.5. Herramientas del Lean Construction.....	41
2.2.6. Cimentaciones.....	44

2.3. Definición de términos básicos.....	46
2.3.1 Last Planer:.....	47
2.3.2 Lean Producción:.....	47
2.3.3 Lean construction:.....	47
2.3.4 Tiempo útil:	47
2.3.5 Cimiento corrido:.....	48
2.3.6 Edificación Unifamiliar:.....	48
2.3.7 Concreto:	48
2.3.8 Zanja:.....	48
2.3.9 Piedra de zanja:.....	48
2.3.10 Suelo portante:	49
III. MARCO METODOLÓGICO.	50
3.1 Hipótesis de la investigación.	50
3.1.1 Hipótesis General.	50
3.1.2 Hipótesis Específicas.	50
3.2 Variables de estudio.....	50
3.2.1 Definiciones conceptuales.	50
3.2.2 Definiciones operacionales.	52
3.3 Tipo de estudio y nivel de investigación.	52
3.3.1 Tipo de estudio.	53
3.3.2 Nivel de investigación.	53
3.4 Diseño de investigación	53
3.5 Población y Muestra.....	54
3.5.1 Población.	54
3.5.2 Muestra.	54
3.6 Técnicas e instrumentación de recolección de datos.	54
3.6.1 Técnica de recolección de datos.....	54
3.6.2 Instrumento de recolección de datos	55
3.7 Método de análisis de datos.....	55
3.8 Aspectos éticos	56
IV. RESULTADOS	57
4.1. Resultado del estudio de Lean Construction en su valoración empírica en edificación unifamiliar de San Juan de Lurigancho.	57

4.2. Resultado comparación de las variables independientes y la variable dependiente.....	67
4.3. Optimización del trabajo útil mediante superficie de respuesta.....	76
V. DISCUSIÓN.....	83
VI. CONCLUSIONES	86
VII. RECOMENDACIONES.....	87
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	88
ANEXOS	91
Anexo 1: Matriz de Consistencia	92
Anexo 2.Matriz de Operacionalización.	94
Anexo 3 .Instrumentos.....	95
Anexo 4 .Validación de Instrumentos	96
Anexo 5. Matriz de Datos.....	98
Anexo 6. Evidencias de la Investigación.....	99

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tiempos en Lean Construction	41
Tabla 2: Definición operacional de las variables	52
Tabla 3. Mano de obra de Partida Excavación	57
Tabla 4. Estudio de tiempos de actividades.....	58
Tabla 5. Porcentaje de Trabajos	59
Tabla 6. Resumen de resultados de la partida Excavación.....	59
Tabla 7. Mano de obra de Partida Vaciado para cimentación corrida	61
Tabla 8. Estudio de tiempos de actividades.....	62
Tabla 9. Porcentaje de Trabajos de Partida Vaciado para cimentación.....	63
Tabla 10. Resumen de resultados de la partida Vaciado de cimentación	63
Tabla 11. Mano de obra de Partida de Encofrado para sobrecimiento.	65
Tabla 12. Porcentaje de Trabajos de Partida de encofrado para sobrecimiento. ..	65
Tabla 13. Estudio de tiempos de actividades.....	66
Tabla 14. Resumen de resultados de la partida Encofrado de sobrecimiento	67
Tabla 15. Comparación de Varias Muestras (Trabajo útil cimentación (%)).....	68
Tabla 16. Resumen Estadístico	69
Tabla 17. Tabla ANOVA	70
Tabla 18. Medias con intervalos de confianza del 95.0% de Fisher LSD	70
Tabla 19. Método: 95.0 porcentaje LSD	72
Tabla 20. Verificación de Varianza	73
Tabla 21. Prueba de Kruskal-Wallis	74
Tabla 22. Prueba de la Mediana de Mood.....	75
Tabla 23. Efectos estimados para Trabajo Útil (%) (Porcentaje).....	77
Tabla 24. Análisis de Varianza para Trabajo Útil (%)	78
Tabla 25. Coeficiente de regresión para Trabajo Útil (%)	80
Tabla 26. Optimizar Respuesta del trabajo útil (%).....	82

INDICE DE FIGURAS

Figura 01: Actividades según Lean Construction.	38
Figura 02: Ejemplo del tren de actividades en un muro pantalla	43
Figura 03: Ejemplo de Sectorización	44
Figura 04: Requisitos de una cimentación.	45
Figura 05: Procedimiento de marcar nivelación en terrenos	46
Figura 06. Porcentaje de Trabajos de partida Excavaciones.	60
Figura 07. Porcentaje de Trabajos de partida Vaciados.....	64
Figura 08. Porcentaje de Trabajos de partida Encofrados de sobrecimiento	67
Figura 09. Dispersión según muestra.....	69
Figura 10. Gráfica de Medias y 95.0 % de Fisher LSD	71
Figura 11. Gráfico de cajas y bigotes de las variables de la investigación.	74
Figura 12. Gráfico de medianas	76
Figura 13. Diagrama de Pareto para el trabajo útil.....	77
Figura 14. Grafica de efectos principales para Trabajo útil	79
Figura 15. Grafica de interacción para trabajo útil.....	80
Figura 16. Grafica de la superficie de respuesta para la optimización del trabajo útil	81

INTRODUCCIÓN

El desarrollo inmobiliario en el Perú es relativamente bueno ahora más aun con el proceso de reconstrucción de muchas viviendas por el fenómeno del niño costero por lo que las ubicaciones de nuevos edificios multifamiliares van a buscar optimizar los sistemas de construcción empleando diferentes métodos de trabajo y diferencias filosofías desarrolladas en el mundo de la ingeniería civil.

Entre las filosofías que los sistemas de construcción se encuentra LEAN CONSTRUCTION, que se pueden usar en las construcciones de edificaciones para resolver el principal problema que es concientizar a los obreros en el ahorro de los materiales, también velar por su buen uso de los materiales como es el caso del acero, concreto, permitiendo superar las actividades incorrectas y en ocasiones reutilizando material estas consideraciones también repercuten en el tiempo de las actividades, como que al concluir una tarea evitar los tiempos no contributivos que afectan los márgenes de optimización de los procesos de construcción de las edificaciones.

Las consideraciones anteriores permitieron que la investigación se plantee cómo influye el Lean Construction en el proceso de cimentación de una edificación unifamiliar en el distrito de San Juan de Lurigancho así como explicar cuáles serían los resultados de la filosofía Lean Construction en la excavación, encofrado y vaciado de cimentación en una edificación unifamiliar en el distrito de San Juan de Lurigancho.

La investigación se encuentra estructurada de la siguiente manera en el capítulo I se presenta el problema de investigación en donde de modo preliminar se representa las referencias de la investigación antecedentes nacionales e internacionales, el objetivo de la tesis, la justificación. Capítulo II se presenta el Marco teórico en donde ubicamos la los antecedentes de los investigadores, en donde enmarcamos la investigación; Capítulo III describe el Marco Metodológico el cual se ubica la investigación y el tratamiento de los datos la descripción de la hipótesis, variables, población u muestra, las técnicas de recolección de datos, y

los métodos de análisis entre otros; Capítulo IV se muestran los Resultados de, la filosofía lean Construction en el proceso de cimentación de una edificación unifamiliar capítulo V encontramos la discusión de los datos de investigación, Capítulo VI Conclusiones y por último el Capítulo VII se brinda las Recomendaciones. Para concluir se muestra la bibliografía y los anexos

I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Las filosofía Lean Production fueron expuestas y aplicadas en Estados Unidos en los años 1990 para mejorar la calidad de los procesos de diferentes actividades de distintas industrias, luego centrándose en la construcción de edificaciones multifamiliares o unifamiliares denominándolo Lean Construction (Construcción sin pérdidas) y mejorar los procesos constructivos para lograr la calidad, proyectándose a una planificación del proceso, observando los tiempos y analizar qué cambios se pueden realizar en ciertas actividades para lograr en menor tiempo los objetivos trazados.

Uno de sus conceptos del Lean Construction son los tiempos productivos, tiempos contributorios y tiempos no contributorios.

En la actualidad nuestro país pasa por boom en la construcción, área inmobiliaria. En las construcciones de edificaciones se produce grandes desperdicios debido a la gran demanda, centrándose solo en acabar los procesos constructivos en menor tiempo y entregarlos, y produciéndose a futuro quejas por los clientes debido a que no existió una mentalidad de tiempo, calidad y cuidado de materiales.

En las construcciones de edificaciones el principal problema que se debe atenuar es concientizar a los obreros el ahorro de los materiales, también velar por el uso de los materiales como es el caso del acero, concreto, etc. donde realizan actividades incorrectas y en ocasiones reutilizando material. También concientizar el tiempo de las actividades, por ejemplo, al concluir una tarea evitar los tiempos no contributorios.

En las construcciones de edificaciones tales como unifamiliares o multifamiliares los procesos de excavación y vaciado de concreto de cimentaciones son los más laboriosos ya que es la base de toda la estructura, su construcción depende mucho en los siguientes procesos constructivos ya que

desde el primer piso a demás pisos se vuelve una actividad repetitiva pero también valiosa.

En los procesos constructivos de las edificaciones se desperdicia muchos materiales como es el caso del concreto; el transporte del concreto en carretillas para vaciado de cimentaciones cae al suelo y este material se vuelve inservible ya que se mezcla con tierra o partículas ajena a la mezcla.

El distrito de San Juan de Lurigancho es un distrito muy poblado, donde el sistema constructivo más usado es el de albañilería confinada, utilizando las cimentaciones corridas, realizando ciertas actividades personas con conocimientos en construcción, pero con bajo conocimiento en un plan que ayude a organizare, cuidado de materiales, etc. Todo esto lleva a utilizar y aplicar los conceptos de la filosofía Lean Construction en la edificación unifamiliar de San de Lurigancho.

La empresa COMTHER SAC. Realiza construcciones de cimentaciones, columnas, y para edificaciones de albañilería confinada.

Se ha observado que el proceso de cimentaciones es unos de los procesos más importantes, pero a la vez tiene la necesidad de que se realice de manera óptima.

Al realizar las actividades de cimentaciones se ha observado que en los trabajos de este proceso se realizan en el tiempo programado, y en algunas ocasiones exceden un poco el tiempo programado aumentando algunos costos adicionales, como se identifica en obras anteriores de la empresa.

La presente empresa tiene la consulta sobre el tiempo de la elaboración del proceso de cimentaciones de las edificaciones son las óptimas o se pueden ajustar más para desarrollar las actividades en menor tiempo.

A si mismo tiene la necesidad de observar las actividades de los obreros, y observar las deficiencias de las actividades más importantes que son las excavaciones, encofrados y vaciado de cimentaciones.

A la presente empresa se le explico sobre la filosofía lean construcción, y poder verificar los tiempos mediante métodos de esta filosofía, así mismo aprovechar la observación de la construcción y mejorar los procesos constructivos, mejorar el control de los materiales y también observar algunas deficiencias.

Se crea la necesidad de la empresa COMTHER SAC obtener resultados en el proceso de cimentación de la edificación unifamiliar las Gencianas aplicando la filosofía lean Construction

1.2. Formulación del problema

1.1.2. Problema General

- ¿Qué resultado se obtiene al aplicar la filosofía Lean Construcción en el proceso de cimentación de una edificación unifamiliar en el distrito de San Juan de Lurigancho?

1.1.3. Problemas Específicos

- ¿Qué resultados se obtiene al aplicar la filosofía Lean Construcción en la excavación de cimentación de una edificación unifamiliar en el distrito de San Juan de Lurigancho?
- ¿Qué resultados se obtiene al aplicar la filosofía Lean Construction en el encofrado y vaciado de concreto de la cimentación de una edificación unifamiliar en el distrito de San Juan de Lurigancho?

1.3. Justificación del estudio.

El trabajo de investigación se justifica en que la filosofía Lean es un tema novedoso, porque en el tema de edificaciones se sabe mucho sobre los procesos constructivos, los cálculos que se deben realizar, las normas correspondientes, pero no existe la difusión de una corriente que ayude a realizar un plan para realizar los procesos constructivos cuidando el ahorro de los materiales, realizar planes para lograr las labores en un tiempo óptimo.

La aplicación del lean construcción, será mediante la observación a los obreros e identificar el tiempo productivo, el tiempo Contributorio y tiempo no Contributorio, donde se realiza una supervisión y se obtiene en porcentajes las actividades del proceso de cimentación como son excavación, encofrado y vaciado del concreto, esto permitirá observar detalladamente cada actividad, controlar el tiempo, así mismo mejorar el entorno de trabajo, porque no solo será controlado el proceso constructivo de la cimentación de la edificación unifamiliar.

El lean Construction es importante porque en una filosofía nos brinda una nueva forma de pensar sobre construir con calidad y disminuir los defectos cualquier proceso de construcción, más allá de utilizar los métodos, la filosofía nos ayuda a realizar actividades ordenadas en cualquier proceso de los proyectos de ingeniería civil.

Este proyecto de aplicar la filosofía lean Construction se va desarrollar porque la empresa solicita la aplicación de un método para eliminar actividades nulas o mejorar las actividades de la construcción, realizar una supervisión, que no solo se realice en los procesos constructivos, si no que sea una supervisión en los tiempos y calidad.

El trabajo de investigación aportara información sobre conceptos del lean construction y su aplicación en el proceso de cimentación, ayudando a los propietarios de las edificaciones a garantizar la calidad de los procesos constructivos, también ayudara a informar a los obreros sobre el cuidado de los materiales y la gestión de los tiempos.

El resultado también ayudara a otros procesos de construcción de la edificación y servirán como base para aplicar las herramientas del lean Construction.

1.4. Objetivos de la Investigación

1.4.1. Objetivo General

- Determinar los resultados la filosofía Lean Construction en el proceso de cimentación de una edificación unifamiliar en el distrito de San Juan de Lurigancho.

1.4.2. Objetivos específicos

- Explicar los resultados de aplicar la filosofía Lean Construction en la excavación de una edificación unifamiliar en el distrito de San Juan de Lurigancho.
- Explicar los resultados de aplicar la filosofía Lean Construction en el encofrado y vaciado de cimentación de una edificación unifamiliar en el distrito de San Juan de Lurigancho.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes nacionales

Buleje (2012), en su tesis "*Productividad en la construcción de un condominio aplicando conceptos de la filosofía lean construcción*", de la Universidad Pontificia Universidad Católica del Perú resume:

El objetivo principal de la presente tesis es mostrar cómo se maneja la producción en la construcción de un condominio aplicando algunos conceptos de lean Construction. En los primeros capítulos se presenta la teoría acerca de lean Construction, definiciones y marco teórico, para después mostrar la aplicación a la construcción de un condominio, el proyecto sobre el cual se basa la presente tesis es el condominio Villa Santa Clara, construido por la empresa Besco Edificaciones. Además de las herramientas que propone el IGLC (International Group of Lean Construction), se tomara mediciones de rendimiento reales de todas las actividades en un formato llamado ISP (Informe Semanal de Producción). Con lo cual se demostrará la especialización del personal obrero.

Finalmente (y únicamente en el capítulo siete) se mostrará un estudio de productividad realizado a una empresa X, donde mediante cartas balance se propone soluciones claras y directas para el aumento de la productividad de dicha obra. Además, en la presente tesis se definen tres maneras de calcular rendimientos, sus diferencias y donde se deberían usar cada uno de estos. Es importante mencionar que la filosofía Lean abarca todo el universo del proyecto, desde la definición del proyecto, hasta su uso. La presente tesis se ha enfocado únicamente a la etapa donde se maneja más dinero, la etapa de construcción (lo que Lean llama ensamblaje sin pérdidas) y sobretodo haciendo uso de básicamente cartas balance.

Guzmán (2014), en su tesis "*Aplicación de la filosofía lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos*", de la Universidad Pontificia Universidad Católica del Perú resume:

La filosofía lean Construction se inició en la década de 1990 mediante la adaptación de las teorías de producción de las grandes fábricas (Lean Production) a la industria de la construcción. Sin embargo, su difusión y aplicación en nuestro país está reducido a un grupo selecto de empresas que vienen aplicando esta metodología hace algunos años con resultados alentadores.

El presente trabajo se centra en la aplicación de la filosofía lean Construction como método de planificación, ejecución y control de un proyecto de construcción desarrollado en la ciudad de Lima. A lo largo del presente trabajo se describen los principales conceptos y herramientas de la filosofía lean para poder generar una base teórica sólida que respalde la aplicación de herramientas y el análisis de resultados en los proyectos. Además, se analiza y describe de forma detallada como se aplican las herramientas más importantes de esta filosofía (Last Planner System, Sectorización, Nivel general de actividad, Cartas de Balance, etc.) con la finalidad de difundir la metodología de aplicación de cada herramienta y servir de guía para profesionales o empresas que busquen implementar lean Construction en sus proyectos.

Por otro lado, se analizan los resultados de productividad obtenidos a lo largo del proyecto y se comparan con estándares de obras de construcción en el país con la finalidad de demostrar los buenos resultados que brinda esta filosofía y de esta forma alentar a que se expanda a una cantidad mayor de empresas del rubro construcción. Finalmente se analiza el desarrollo y performance del proyecto para poder sacar conclusiones y propuestas de mejora que puedan ser aplicadas por la empresa, y otras empresas, en la ejecución de sus próximos proyectos aplicando la metodología de mejora continua.

Huarcaya (2014), en su tesis *“Ejecución lean y control de producción en proyectos de construcción”* de la Universidad Pontificia Universidad Católica del Perú “resume:

Este trabajo tiene por objetivo abordar y promover el conocimiento y aplicación de los métodos y procesos ampliamente aceptados en la ejecución de los proyectos para mostrar el mejor camino posible en la gestión del diseño y

construcción de los mismos; teniendo como base el planteamiento del LPDSTM (Lean Project Delivery System).

Para tal propósito se presenta la filosofía Lean Construction además del Sistema de Entrega de Proyectos Lean (LPDS) y sus fases como un marco teórico a fin de conocerlos en un nivel más profundo. Consecuentemente, y sobre la base teórica del LPDS, procedemos a describir y analizar las principales herramientas y técnicas en la fase Lean Assembly (o Ejecución Lean) y en la fase de Control de Producción, lo más importante de sus módulos y cómo estos se relacionan con las otras fases.

Se ahonda además en un tema de gran importancia para el control de la ejecución propiamente dicho, el Sistema Last Planner, el cual puede ser complementado con la técnica de la Línea de Balance. Aquí se evidenciará la importancia de la programación y los puntos que deben ser incluidos en ella, así como el control de la producción. Se abarcan metodologías sencillas y complejas que fomentan la excelencia para la entrega de un proyecto al cliente final y, la mejora continua tanto al interior de un proyecto como de un proyecto a otro; se obtendrá del análisis de estas técnicas un resultado global que se traduce en conclusiones y recomendaciones para la implementación en el corto y mediano plazo, que ayudarán a conseguir los objetivos Lean.

Pacheco (2015), en su tesis "*El target value design: un enfoque de la gestión lean para generar valor*", de la Universidad Pontificia Universidad Católica del Perú resume:

El Target Value Design (TVD) es un enfoque de la gestión Lean que consiste en identificar lo que genera valor para el cliente y orientar los objetivos de equipos integrados a diseñar un producto según los requerimientos del cliente y las limitaciones del proyecto (costo plazo, etc.). Este enfoque surge en los años 2005 y 2007 en Estados Unidos para aplicarse a proyectos de construcción de hospitales y centros educativos.

Los componentes principales del TVD son cinco (Macomber, Howell y Barbeiro): Target Costing, estructura de trabajo definida, colaboración, Set Based Design, colocación.

Al ser un enfoque de gestión reciente, la teoría respecto al tema se encuentra en desarrollo y está poco formalizada. Uno de los objetivos de la tesis es realizar una revisión bibliográfica de los escritos hasta la fecha en torno al tema, organizarla y presentarlas.

El TVD es un enfoque de gestión que tanto amplía, que altera la organización la organización, sistemas operativos y términos comerciales del proyecto y los llena de métodos lean de trabajo. Por esa razón, la presente tesis abarca también los temas relacionados a la organización del proyecto, el sistema operativo y los temas comerciales que sirven como medio para que el TVD pueda realizarse y alcanzar el valor objetivo del proyecto, en relación a los proyectos realizados de forma tradicional.

Algunos de los temas descritos son esenciales para la implementación de TVD. Otros no son esenciales, pero permiten potenciar la herramienta y lograr mejores resultados obtenidos. Además, se presentan lineamientos que faciliten la aplicación del TVD a un contexto no familiarizado con el Integrated Project Delivery (IPD), como el peruano.

Figuroa & Tolmos (2016), en su tesis "*Aplicación de herramientas lean construction para mejorar los costos y tiempos en la colocación de encofrados y concreto en la construcción de edificaciones en sector económico a/b en Lima*", de la Universidad Pontificia Universidad Católica del Perú nos menciona:

En sus objetivos que la filosofía Lean Construction busca eliminar las pérdidas y maximizar el valor al cliente, como mencionamos anteriormente, existen 7 tipos de pérdidas que se presentan en la construcción. Conocer estos tipos de desperdicios es de suma importancia para lograr los objetivos de la filosofía Lean Construction ya que estos evitan que una empresa sea más productiva con los recursos que utiliza reduciendo así la competitividad en el mercado. La industrialización de la construcción es muy compleja, por lo que es necesario regirse de normas o principios para tener un mejor entendimiento de lo que implica la implementación de Lean Construction en cualquier proyecto de ingeniería civil.

Estos son identificar el valor del proyecto e incrementarlo bajo las necesidades del cliente, programar el flujo de valores (Value Stream Map), simplificar y minimizar pasos y etapas, implementar la entrega por demanda (trabajar bajo la metodología Pull), buscar la perfección y el desarrollo continuo, reducir la variabilidad, reducir los tiempos de ciclo, incrementar la flexibilidad, incrementar la transparencia, otorgar poder de decisión a los trabajadores y hacer benchmarking (modelos de éxito), y concluye que en la actualidad, el crecimiento en la industria de la construcción ha generado mayor competencia en el mercado, lo cual ha llevado a las empresas constructoras a mejorar sus propuestas económicas para afianzarse en el sector.

Para lograrlo, los equipos de proyecto plantean propuestas técnicas para reducir costos operativos, recurriendo así a la aplicación de herramientas de la filosofía Lean Construction. Debido a la gestión de torre grúa realizada en Pardo y Aliaga, se consiguió un tiempo muerto de 12,9%, muy inferior al conseguido en Torre Sergio Bernales, el cual llega al 36,7%. La gestión y una buena programación de la torre grúa nos permite ser más productivos, pues se considera el diseño de planta en el proceso y permite que las cuadrillas vayan trabajando en función al avance físico de la obra, lo que reduce dramáticamente las esperas.

Esto permite tener una logística interna en obra muy eficiente, por lo que es posible reducir las esperas por materiales internos en obra. Una logística eficiente genera un ahorro sustancial en horas hombres, lo cual contribuye a una reducción en el plazo y el costo del proyecto. La aplicación de Líneas Balance en el proyecto Pardo y Aliaga permitió tener una mayor eficiencia y un menor costo de mano de obra. Esto ocurrió ya que esta herramienta mejoró el proceso en las actividades de colocación de concreto, acero y encofrado. Sin embargo, en el proyecto Sergio Bernales, la mano de obra era muy ineficiente, pues los procesos de distintas actividades se estorbaban a sí mismos, lo que generaba esperas y mucho trabajo no Contributorio.

Esto se comprobó gracias a los rendimientos, pues las horas hombre empleadas por unidad de avance eran inferiores en Pardo y Aliaga. Reduciendo la variabilidad en los procesos involucrados en la construcción logramos reducir los

costos y tiempos de un proyecto. Los resultados de la investigación demuestran que aplicando la herramienta Last Planner se logra aumentar la confiabilidad de la programación. En el proyecto Pardo y Aliaga, se logró eliminar las restricciones antes de ejecutar las actividades programadas, aumentando el porcentaje de plan cumplido (el PPC alcanzado fue 86%) aplicando esta técnica. Por otro lado, en el proyecto Torre Sergio Bernales las actividades se ejecutaron y las restricciones se levantaron en el momento, ocasionando, como se aprecia en el PPC (el PPC obtenido fue 63%), que no se cumplan con todas las actividades programadas.

Aplicando las herramientas de Lean Construction desarrolladas en la tesis (Líneas Balance, Last Planner, y gestión de torre grúa) queda demostrado que se reducen los costos y tiempos en las actividades de colocación de acero, encofrado y concreto en un proyecto de construcción de edificaciones.

Vásquez (2006), en su tesis "*El lean design y su aplicación a los proyectos de edificaciones*", de la Universidad Pontificia Universidad Católica del Perú nos menciona:

La presente tesis inicia con la descripción de distintas corrientes que se han desarrollado en la gerencia del diseño, en algunos casos exclusivamente para la construcción; posteriormente se presenta la Gerencia de proyectos "lean" (Lean Project Management) y el modelo: Sistema de entrega de proyectos "lean" (Lean Project Delivery System) el cual se desarrolla en los distintos capítulos con el objetivo de lograr el mejoramiento del Diseño de proyectos de edificación en nuestro país. Para ello, en primer lugar, se realizó un diagnóstico para conocer cómo se vienen desarrollando en la actualidad los diseños de proyectos en Lima.

El capítulo referente a este punto presenta los resultados de 122 encuestas realizadas en Lima a los diferentes involucrados en el diseño de un proyecto, así como a los constructores y maestros de obra, visitando un total de 72 obras de construcción.

Las conclusiones de este trabajo muestran que existe un deficiente manejo del diseño de los proyectos, entre otras cosas, debido a las descoordinaciones

entre los especialistas, lo que deriva en problemas que posteriormente se reflejan en la obra. En los siguientes capítulos se explican los principales procesos y herramientas para definir un proyecto según las técnicas “lean”, para conocer los requerimientos del cliente y convertirlos en propuestas viables para el proyecto. Seguidamente se hace lo mismo para el diseño del proyecto, donde se proponen entre otras cosas: controlar las actividades de diseño, compartir información entre los especialistas, hacer participar a los constructores en el diseño de los planos, etc.

Así también se mencionan algunas aplicaciones realizadas en Brasil, en Chile y en nuestro país respecto a herramientas para el mejoramiento de esta fase.

2.1.2. Antecedentes internacionales

Ramos, & *et al* (2015), en un estudio “*Análisis para la implementación del modelo lean en el sector de la construcción*” de la Universidad Autónoma de Ciudad de Juárez, México, resume:

La industria de la construcción representa una de las mayores actividades económicas del mundo, y en México no es la excepción, dejando una derrama económica significativa en el producto interno bruto del país. Sin embargo, el sistema de producción empleado durante años se hace cada vez más deficiente, reduciéndose su índice de productividad, mientras que en la de manufactura éste se ha incrementado. En el presente artículo se analizan algunos casos de estudios del Sistema Lean Construction, basado en el sistema de producción Toyota para la manufactura de carros.

Bautista (2015), en su tesis “*Aplicación de lean construction a través de un sistema kanban en un estudio de arquitectura*” de la Universidad Politécnica de Valencia., España, nos menciona:

Los objetivos generales del presente Trabajo Fin de Grado son conocer una nueva forma de ayudar al desarrollo de los proyectos de ejecución dentro de un

estudio de arquitectura concreto, a través de la aplicación del sistema Kanban, una herramienta de la filosofía Lean.

Proponer una metodología de implantación de este sistema Kanban, en un estudio de arquitectura concreto, y concluye que Tras haber disminuido el valor añadido del sector de la construcción en un 57% en apenas seis años, y que la mitad de la pérdida de ocupación que sufrió la economía española se concentrase en este sector, como consecuencia de la crisis económica. Parece que la construcción comienza a levantar cabeza, tal y como afirman los informes de múltiples agencias de calificación. Es por esto, que este es un buen momento para contemplar nuevas oportunidades de mejora en las distintas empresas relacionadas con la construcción, que les ayude a impulsarse, mantenerse activas, adaptándose al contexto actual y a las demandas de la sociedad.

Entre las oportunidades de mejora se encuentra la nueva filosofía o metodología Lean Construction. Ésta nace del deseo de aplicar la filosofía Lean, que se desarrolló en Toyota tras la II Guerra Mundial, al mundo de la construcción. Con el fin de hacer de ella una industria más exacta y rentable.

Alarcón, &et al (2008), en su estudio. *“Evaluando los impactos de la implementación de lean construction”*, de la Universidad Pontificia Universidad Católica de Chile, resume:

En los últimos 10 años un creciente número de empresas constructoras ha implementado práctica de Lean Construction para mejorar el desempeño de sus proyectos. La mayor parte de estas empresas, y también algunos investigadores, han informado sobre buenos resultados obtenidos en los proyectos. Sin embargo, todavía es necesario un análisis más completo de la evidencia empírica disponible para evaluar así el impacto de Lean Construction en los proyectos y empresas. Los autores han investigado la implementación del Sistema Ultimo Planificador y otras técnicas de Lean Construction en más de un centenar de proyectos en los últimos 5 años y han desarrollado estrategias y herramientas de apoyo para su implementación.

Este artículo analiza algunos de los principales impactos observados en los proyectos estudiados y las lecciones aprendidas en este proceso. Se discuten dificultades y barreras para la implementación, mejoramientos de productividad, reducciones de variabilidad y efectividad de las estrategias de implementación. El artículo entrega también recomendaciones para implementación de Lean Construction y para futuras investigaciones.

Herrandiz (2009), en su tesis. "*Aplicación del lean thinking a la construcción*", de la Universidad Politécnica de Catalunya, España, nos menciona:

La industria de la construcción se ha considerado de forma histórica como una industria poco eficiente. En muchas ocasiones se asocia la construcción a altos costes, baja productividad, poca calidad en los productos acabados y unos márgenes de beneficio bajos. Además, es prácticamente la única industria donde casi siempre los costes reales que se tienen al ejecutar el proyecto son superiores a los costes planificados. Al problema de la eficiencia se le añade el "conservadurismo" que rodea a la construcción ya que son muy pocas las nuevas técnicas que consiguen introducirse en el día a día de la industria.

Muchos autores consideran que la industrialización de la construcción podría solventar la mayoría de estos problemas, pero muy pocos son los que han conseguido introducir cambios efectivos en la construcción. Después de la segunda guerra mundial un ingeniero de Toyota (Taiichi Ohno) creó la filosofía Lean. Ésta tenía como meta la eliminación de los despilfarros mediante la producción eficiente y la mejora continua, y que sirvió entre otras cosas para demostrar que el sistema de producción en masa no era ni el único ni el mejor, y que transformó a una empresa pequeña como Toyota en la primera de su sector. A principios de 1990 un grupo de investigadores americanos, consideró que la filosofía Lean se podía aplicar a la construcción sobre todo en lo que se refería a los conceptos clave de ésta, producción eficiente y mejora continua, e inventaron el término Lean Construction.

El Lean Construction es una filosofía y en ningún caso es una receta de pasos a seguir, la filosofía indica la meta, pero no como llegar a esa meta. En nuestro país hay poco conocimiento en general sobre el Lean Construction, pero

se supone que es un objetivo que la industria de la construcción se marca para los próximos 15 años tal y como lo afirma la Plataforma Tecnológica de la Construcción, institución formada por los departamentos de I+D de las grandes constructoras españolas. El gran problema actual de las constructoras españolas es querer maximizar los beneficios en cada proyecto de forma singular y eso pasa porque no son capaces de ver las relaciones entre los diferentes agentes que participan en el proceso constructivo a largo plazo, provocando un gran perjuicio al cliente final.

En teoría las aplicaciones que el Lean Construction propone mejorarían de forma sustancial el proceso de construcción, ya que desde el concepto valor, reducirían los despilfarros, y aumentarían la calidad para el cliente. Para concluir, aunque la filosofía Lean no triunfe en la construcción, herramientas como el Data Wearinghouse o el Data Mining deberían ser fundamentales en las constructoras españolas, ya que el valor del conocimiento es incalculable y no se debería obviar, como se hace en la actualidad.

Granados (2011), en su tesis de la Universidad Politécnica de Catalunya. *“Implementación de la metodología lean construcción para actividades de estructura del proyecto natura del consorcio campo empresarial campestre ”*, España, resume:

Lean Construction (Construcción sin pérdidas) es una metodología que busca adaptar los principios del sistema Toyota de producción y aplicarlos a la construcción.

El modelo de proceso de producción consiste en la consideración de los flujos de un proceso (perdida), las actividades de conversión enfocada hacia la minoración y/o eliminación de las actividades de flujo. Controlar las actividades programadas, reducir variabilidad, aumentar confiabilidad y disminuir la incertidumbre de la planificación mediante el sistema Last Planner (último planificador) y ejecutar un proceso de identificación de pérdidas, que generen planes de mejoramiento enfocados al aumento de la eficiencia del trabajo productivo, son los objetivos del trabajo en el proyecto Natura Eco Parque Empresarial.

La metodología se inicia con el análisis diagnóstico que incluye el conocimiento del sistema constructivo estructural, definición de la cadena de valor, sistema de planificación y control, contenido de trabajo, causas de pérdida y análisis en obra. Se procede a la implementación del sistema Last Planner, y a la gestión de la información por medio de análisis de métodos y "Layout", medición de pérdidas y rendimiento. La información obtenida es procesada para definir los planes de mejoramiento a ser implementados en pro del aumento de la productividad, para finalmente por medio del benchmarking introducir al proyecto en un proceso de mejoramiento continuo.

La aplicación de técnicas de mejoramiento, análisis de cuadrilla, logística de materiales, logro un proceso con mayor productividad, menor costo de transportes de material, tiempo de preparación bajos y reasignación de trabajadores a la cuadrillas. La integración del flujo proceso y de actividades de conversión por medio de tecnologías de información como la plataforma GICO, permite el desarrollo de un sistema integral de gestión con el que se toman decisiones en tiempo real y facilitan en proceso de medición y control del sistema constructivo.

Brioso (2015), en su tesis de la Universidad Politécnica de Madrid. *"El análisis de la construcción sin pérdida (lean construction) y su relación con el Project & construcción management: propuesta de regulación en España y su inclusión en la ley de la ordenación de la edificación"*, España, resume:

El presente trabajo se basa en la filosofía de la Construcción sin Pérdidas ("Lean Construction"), analizando la situación de esta filosofía en el sector de la edificación en el contexto internacional y español, respondiendo las siguientes preguntas:

¿Cómo surge el "Lean Construction"?

¿Cuáles son sus actividades, funciones y cometidos?

¿Existe regulación del "Lean Construction" en otros países?

¿Existe demanda del "Lean Construction" en España?

¿Existe regulación del "Lean Construction" en España?

¿Cómo debería ser la regulación “Lean Construction” en España?

¿Cuál es la relación del “Lean Construction” con el “Project & Construction Management”?

¿Cómo debería ser la regulación de “Lean Construction” en España considerando su relación con el “Project & Construction Management”?

Las preguntas indicadas las hemos respondido detalladamente en el presente trabajo, a continuación, se resume las respuestas a dichas preguntas:

El “Lean Construction” surge en agosto de 1992, cuando el investigador finlandés Lauri Koskela publicó en la Universidad de Stanford el reporte TECHNICAL REPORT N° 72 titulado “Application of the New Production Philosophy to Construction”. Un año más tarde el Dr. Koskela invitó a un grupo de especialistas en construcción al primer workshop de esta materia en Finlandia, dando origen al International Group for Lean Construction (IGLC) lo que ha permitido extender la filosofía a EEUU, Europa, América, Asia, Oceanía y África.”Lean Construction es un sistema en el enfoque Lean Production desarrollado en Japón por Toyota Motors a partir de los años cincuenta, sistema que permitió a sus fábricas producir unidades con mayor eficiencia que las industrias americanas, con menores recursos, en menor tiempo, y con un número menor de errores de fabricación.

El sistema “Lean Construction” busca maximizar el valor y disminuir las pérdidas de los proyectos generando una coordinación eficiente entre los involucrados, manejando un proyecto como un sistema de producción, estrechando la colaboración entre los participantes de los proyectos, capacitándoles y empoderándoles, fomentando una cultura de cambio. Su propósito es desarrollar un proceso de construcción en el que no haya accidentes, ni daños a equipos, instalaciones, entorno y comunidad, que se realice en conformidad con los requerimientos contractuales, sin defectos, en el plazo requerido, respetando los costes presupuestados y con un claro enfoque en la eliminación o reducción de las pérdidas, es decir, las actividades que no generen beneficios.

El “Last Planner Sytem”, o “Sistema del Último Planificador”, es un sistema del “Lean Construction” que por su propia naturaleza protege a la planificación y, por ende, ayuda a maximizar el valor y minimizar las pérdidas, optimizando de manera sustancial los sistemas de seguridad y salud. El “Lean Construction” se inició como un concepto enfocado a la ejecución de las obras, posteriormente se aplicó la filosofía a todas las etapas del proyecto.

Actualmente considera el desarrollo total de un proyecto, desde que nace la idea hasta la culminación de la obra y puesta en marcha, considerando el ciclo de vida completo del proyecto. Es una filosofía de gestión, metodologías de trabajo y una cultura empresarial orientada a la eficiencia de los procesos y flujos. La filosofía “Lean Construction” se está expandiendo en todo el mundo, además está creciendo en su alcance, influyendo en la gestión contractual de los proyectos.

Su primera evolución consistió en la creación del sistema “Lean Project Delivery System”, que es el concepto global de desarrollo de proyectos. Posteriormente, se propone “Target Value. Design”, que consiste en diseñar de forma colaborativa para alcanzar los costes y el valor requerido, y el “Integrated Project Delivery”, en relación con sistemas de contratos relacionales (colaborativos) integrados, distintos a los contratos convencionales. Se verificó que no existe regulación específica del “Lean Construction” en otros países, en otras palabras, no existe el agente con el nombre específico de “Especialista en Lean Construction” o similar, en consecuencia, es un agente adicional en el proyecto de la edificación, cuyas funciones y cometidos se pueden solapar con los del “Project Manager”, “Construction Manager”, “Contract Manager”, “Safety Manager”, entre otros. Sin embargo, se comprobó la existencia de formatos privados de contratos colaborativos de Integrated Project Delivery, los cuales podrían ser tomados como unas primeras referencias para futuras regulaciones.

Se verificó que sí existe demanda del “Lean Construction” en el desarrollo del presente trabajo, aunque aún su uso es incipiente, cada día existe más interesados en el tema. No existe regulación del “Lean Construction” en España. Uno de los objetivos fundamentales de esta tesis es el de regular esta figura

cuando actúe en un proyecto, definir y realizar una estructura de Agente de la Edificación, según la Ley de Ordenación de la Edificación (LOE), y de esta manera poder introducirla dentro de la Legislación Española, protegiéndola de eventuales responsabilidades civiles.

En España existe jurisprudencia (sentencias de los tribunales de justicia españoles) con jurisdicción civil basada en la LOE para absolver o condenar a agentes de la edificación que son definidos en los tribunales como “gestores constructivos” o similares. Por este motivo, en un futuro los tribunales podrían dictaminar responsabilidades solidarias entre el especialista “Lean Construction” y otros agentes del proyecto, dependiendo de sus actuaciones, y según se implemente el “Lean Project Delivery System”, el “Target Value Design” y el “Integrated Project Delivery”. Por otro lado, es posible que el nivel de actuación del especialista “Lean Construcción” pueda abarcarla gestión del diseño, la gestión de la ejecución material (construcción), la gestión de contratos, o la gestión integral de todo el proyecto de edificación, esto último, en concordancia con la última Norma ISO 21500:2012 o UNE-ISO 21500:2013 Directrices para la dirección y gestión de proyectos.

En consecuencia, se debería incorporar adecuadamente a uno o más agentes de la edificación en la LOE de acuerdo a sus funciones y responsabilidades según los niveles de actuación del “Especialista en Lean Construction”. Se propone la creación de los siguientes agentes: Gestor del Diseño, Gestor Constructivo y Gestor de Contratos, cuyas definiciones están desarrolladas en este trabajo. Estas figuras son definidas de manera general, puesto que cualquier “Project Manager” o “DIPE”, gestor BIM (Building Information Modeling), o similar, puede actuar como uno o varios de ellos. También se propone la creación del agente “Gestor de la Construcción sin Pérdidas”, como aquel agente que asume las actuaciones del “gestor de diseño”, “gestor constructivo” y “gestor de contratos” con un enfoque en los principios del Lean Production. En la tesis se demuestra, por medio del uso de la ISO 21500, que ambos sistemas son complementarios, de manera que los proyectos pueden tener ambos enfoques y ser compatibilizados.

Un proyecto que use el “Project & Construction Management” puede perfectamente apoyarse en las herramientas y técnicas del “Lean Construction” para asegurar la eliminación o reducción de las pérdidas, es decir, las actividades que no generen valor, diseñando el sistema de producción, el sistema de diseño o el sistema de contratos.

Se debería incorporar adecuadamente al agente de la edificación “Especialista en Lean Construction” o similar y al agente “Especialista en Project & Construction Management” o DIPE en la Ley de Ordenación de la Edificación (LOE) de acuerdo a sus funciones y responsabilidades, puesto que la jurisprudencia se ha basado para absolver o condenar en la referida Ley.

Uno de los objetivos fundamentales de esta tesis es el de regular la figura del “Especialista en Lean Construction” cuando actúa simultáneamente con el DIPE, y realizar una estructura de Agente de la Edificación según la LOE, y de esta manera protegerlo de eventuales responsabilidades solidarias. Esta investigación comprueba que la propuesta de definición del agente de edificación DIPE, según la LOE, presentada en la tesis doctoral del Doctor Manuel Soler Severino es compatible con las nuevas definiciones propuestas. El agente DIPE puede asumir los roles de los diferentes gestores propuestos en esta tesis si es que se especializa en dichas materias, o, si lo estima pertinente, recomendar sus contrataciones

Ibarra (2011),. “*Lean construction*”, en su tesis de la Universidad Nacional Autónoma de México México, concluye:

La experiencia y los resultados obtenidos han conducido al diseño de una estrategia de implementación de técnicas basadas en los principios de Lean Construction que ha producido buenos resultados, pero éstos aún evolucionan. La estrategia implica el desarrollo de educación sistemática y acciones de investigación, una interacción activa con los directores superiores de contratos y sus organizaciones del proyecto, la colaboración entre empresas y una constante búsqueda de nuevas maneras para mejorar el proceso de implementación. Hay la necesidad de encontrar métodos para consolidar cambios dentro de las empresas, mantener la motivación y la persistencia en una cultura conservadora. Las

conclusiones obtenidas en la presente tesina son las siguientes: La filosofía Lean es eso, una filosofía y no una receta de pasos a seguir. Para convertir una empresa cualquiera a una empresa Lean, pueden existir una infinidad de caminos diferentes. Uno de los mayores errores en los que la industria de la construcción cae de forma continua es marcarse objetivos para un plazo de tiempo demasiado corto. Esto implica, el intento de maximizar los beneficios en cada proyecto singular, como resultado se obtiene un producto final de peor calidad. La aplicación del Lean Construction en la construcción provocaría una serie de mejoras y un cambio de mentalidad en todos los niveles, se empezaría a aplicar el concepto de mejora continua y a dividir las actividades entre las que agregan valor y las que no.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Sistema Lean.

Pons (2014), menciona “El lean construcción Lexi define Lean production o producción ajustada como un sistema de negocio, desarrollado inicialmente por Toyota después de la segunda guerra mundial, para organizar y gestionar el desarrollo de un producto, las operaciones y las relaciones con clientes y proveedores, que requiere menos esfuerzos humano, menos espacio, menos capital y menos tiempo para fabricar productos con menos defectos según los deseos precisos del cliente comparado con el sistema previo de producción en masa. El uso del término Lean obedece al hecho que este sistema utiliza menos de todo comparado con la producción en masa: la mitad de esfuerzo humano en la fábrica, la mitad de espacio en la fabricación, la mitad de inversión en herramientas, la mitad de hora de ingeniería para desarrollar un nuevo producto en la mitad de tiempo. Además, requiere mantener mucho menos de la mitad.

2.2.2. Lean Production.

Guzmán (2014), dice “El lean Production es un sistema que tiene como finalidad eliminar o reducir al máximo los elementos que no aporten de manera positiva en recursos, tiempo, espacio u otros; para agregarle valor al producto, ya que como sabemos lo que busca el Lean production es agregarles valor a sus productos eliminando actividades innecesarias (desperdicios)”.

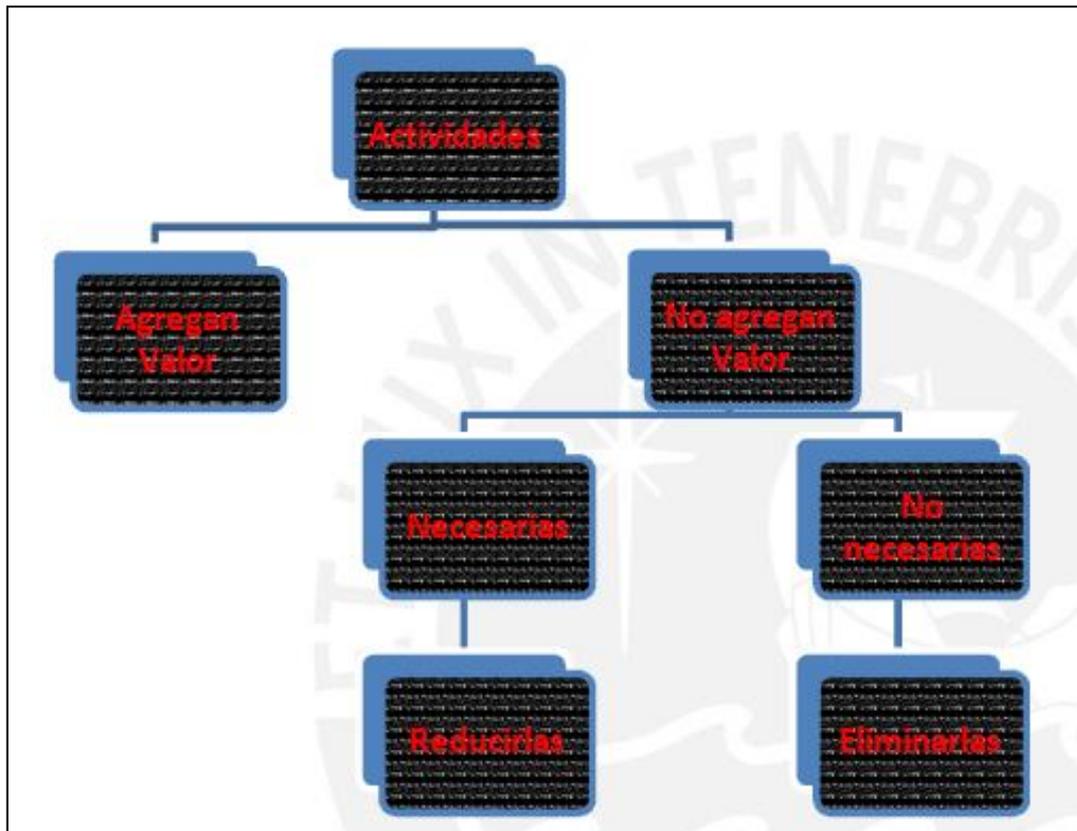


Figura 01: Actividades según Lean Construction.

Fuente: Buleje (2012)

Actividades que identifica el Lean construcción y busca eliminar los valores que no agregan valor en las diferentes actividades.

Huarcaya (2014) menciona sistema de control de producción. El control de producción consiste en el control del flujo de trabajo y de la unidad de producción, el flujo de trabajo a través de los procesos “look ahead” y la unidad de producción a través de las planificaciones semanales de trabajo. Como se menciona antes, está presente en cada fase, lo que da a entender que se aplica tanto a la fase de Diseño como a la de Construcción. El control de la producción y la estructuración del trabajo son módulos que se complementan puesto que por un lado el trabajo estructurado establece un plan, y por el otro, el control de la producción sirve para asegurar que el trabajo sea ejecutado como fue planeado. Ambos módulos recorren todas las fases del proyecto desde el diseño hasta la entrega.

2.2.3. Lean Construction.

Vásquez (2006), menciona "Esta nueva filosofía propone una gestión de producción donde la planificación de las actividades de obra sea totalmente realizable y predecible. Evitar pérdidas en el flujo de actividades apostando por una planificación confiable. Para ello, se propone generar un "escudo" de producción para proteger el flujo de trabajo, de esta manera se hace más fácil ordenar los requerimientos de materiales durante el desarrollo del proyecto."

Guzmán(2014),nos explica "El Lean Construction como mencionamos antes nació de una adaptación del Lean Production que estaba enfocado a las empresas manufactureras, entonces se puede entender que existieron dificultades en este proceso de adaptación debido a lo distinto que puede ser el proceso de construcción comparado con otras industrias más especializadas. Primeramente, la industria de la construcción se veía desde el modo tradicional como una industria de conversión la cual tomaba materiales, los transformaba y los entregaba como producto terminado y sabemos que el sistema de producción Lean es visto como un flujo y las teorías que tiene se aplican a una producción de flujo. Por tal motivo la filosofía lean Construction considera la construcción ya no como solo una transformación, sino como un flujo de materiales y recursos para la obtención de un producto, para que de esta manera se puedan aplicar los principios de la producción lean, ya que según Ballard el modelo de flujo de procesos permite visualizar las abundantes perdidas que usualmente se encuentran en la construcción y que el modelo de conversión no nos permite ver.

2.2.4. Tipos de trabajos o tiempos en Lean Construction

La filosofía Lean Construction nos menciona ciertos tipos de actividades que se deben analizar, y estos a la vez resultan en tiempos.

Buleje (2012), menciona:

- Trabajo Productivo (TP): Trabajo que aporta en forma directa a la producción.

- Trabajo Contributorio (TC): trabajo de apoyo. Debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo, pero no aporte valor.
- Trabajo no Contributorio (TNC): cualquier actividad que no genere valor y que entre en la categoría de pérdida. Son actividades que no son necesarias, tienen un costo y no agregan valor.

Guzmán (2014), explica:

- Trabajo Productivo:

Corresponde a las actividades que aportan en forma directa a la producción de alguna unidad de construcción. Ejemplo, vaciar concreto, asentar ladrillos, colocar cerámicos, etc. (Guzmán 2014).

- Trabajo Contributorio:

Es el trabajo de apoyo, se define como el trabajo que es necesario para que se pueda ejecutar el trabajo productivo, pero que no aporta valor a la unidad de construcción. Es considerado una pérdida de segunda categoría y se debe minimizar al máximo posible para mejorar la productividad. Ejemplo, recibir y dar indicaciones, leer planos, transporte de material, etc. (Guzmán 2014).

- Trabajo No Contributorio:

Corresponde a cualquier otra actividad realizada por el trabajador y que no se clasifica en las anteriores categorías, por lo tanto, se consideran pérdidas, ya que son actividades que no son necesarias, tienen un costo y no agregan valor por lo que se busca eliminarlas para mejorar el proceso productivo. Ejemplo, esperas, descansos, trabajo rehecho, etc. (Guzmán 2014).

**Tabla 1:
Tiempos en Lean Construction**

TP	TC	TNC
Vaciar concreto	Tomar medidas	Descanso
Colocar cerámico	Corte de cerámico	Viajes
Pintar fachada	Preparación de mezcla	Trabajo rehecho
Colocar cajas eléctricas	Transportar	Tiempo ocioso

Fuente: Buleje (2012)

En la tabla anterior se observa los tiempos que la filosofía Lean construction y los divide en tres.

2.2.5. Herramientas del Lean Construction.

2.2.5.1 Programación.

Sánchez (2000), nos dice "programación podríamos definir la enumeración anticipada de las etapas necesarias para realizar algo. Listado de actividades, o recursos necesarios. Anticipada: debe ser antes de que ocurra la acción. Etapas: debe ir en forma secuencial; lo primero, lo segundo, lo tercero, lo último Para realizar algo: Puede ser un evento social, un discurso, una actividad industrial, una intervención quirúrgica, una acción bélica y en nuestro caso una construcción."

Buleje (2012), nos dice "Esta programación marca los hitos de la programación de la obra. Por lo cual no debe ser una programación muy detallada. En algunas empresas aún se usa el diagrama de Gantt que muestra un cronograma muy detallado de las actividades que se van a realizar día a día desde el día que se empieza las obras provisionales hasta la entrega final del último departamento del proyecto. Pero debido a la gran variabilidad que hay en obra, muchas veces este diagrama al final de la obra termina siendo un papel colgado en la oficina que nadie toma en cuenta para programar. Es por eso 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) menciona en la conferencia de IGLC número 19 llevadas 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"

2.2.5.2 Look Ahead.

Granados (2011), Planificación intermedia "Look Ahead" es la herramienta utilizada por el Director y/o residente de obra para registrar la planificación intermedia. En el encabezado se ingresa la fecha de inicio y término para la cual se está planificando además del nombre de quien elabora la planificación.

Buleje (2012), menciona "Es un cronograma de ejecución a mediano plazo (suele estar entre 3 a 6 semanas). Se parte de la programación maestra, haciendo algunos cambios al cronograma debido a que el look ahead es mucho más detallado."

2.2.5.3 Sectorización

Brioso (2015), La "Sectorización" consiste en que el especialista en Lean Construcción debe dividir las mediciones de todas las actividades (procesos) de una edificación en un número de sectores de manera de crear una línea de producción balanceada que sea viable y que cumpla las condiciones de satisfacción de todos los involucrados en las actividades. La actividad crítica de la sectorización suele ser la división de los elementos horizontales de las obras de hormigón armado (hormigonado de vigas, forjados y escaleras) que conforman un nivel del edificio.

Guzmán (2014), nos dice que "la sectorización en la construcción se hace con la finalidad de dividir el trabajo en partes más manejables y poder formar lo que llamamos el tren del trabajo, con esto se podrá separar las cuadrillas por

especialidad y optimizar los rendimientos de cada cuadrilla haciendo uso de la curva de aprendizaje."

Buleje (2012), explica " Es una división de la zona de trabajo en partes iguales. Aplicando el concepto de "divide y vencerás", se divide el plano en partes iguales donde cada una de las partes se le denomina sector o frente y será el avance diario para cada una de las actividades."

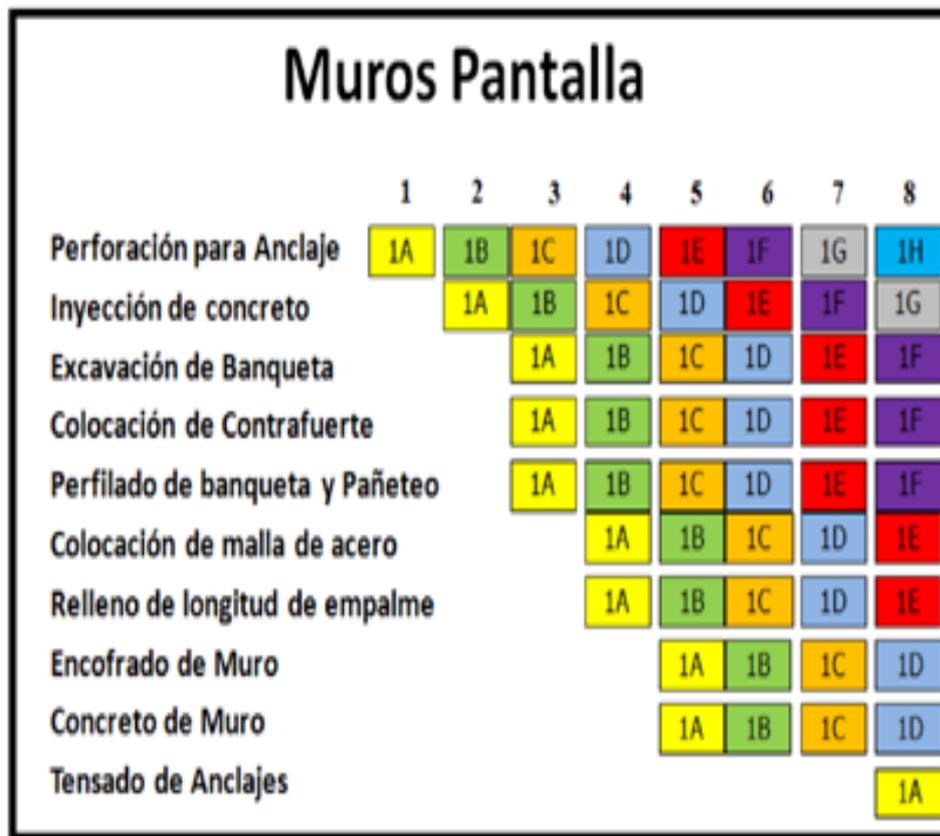


Figura 02: Ejemplo del tren de actividades en un muro pantalla
Fuente: Guzmán (2014)

Se observa un panel donde se anotan las actividades del proceso de construcción de un muro pantalla. Se utilizan números y colores para luego identificar los tiempos contributorios, no contributorio y productivos.



Figura 03: Ejemplo de Sectorización

Fuente: Brioso (2015)

Se observa el método de sectorización usado en edificios multifamiliares el cual ayuda a ordenar el proceso de construcción.

2.2.6. Cimentaciones.

Corporación Aceros Arequipa (2010), nos dice “Debido a la presencia de muros portantes el tipo de cimentaciones que se usa generalmente es el denominado cimiento corrido. Este se construye con cemento, hormigón, agua y piedra de zanja (mediana o grande)”

Pacheco (2012), nos menciona “que los cimientos son partes de las estructuras que actúan como transición entre las mismas estructuras y el suelo portante. Condición esencial de una apropiada cimentación es que las presiones transferidas al suelo portante no excedan las presiones admisibles, correspondientes al suelo de que se trae. También es exigible que no se produzcan asentamientos diferenciales excesivos entre secciones de una estructura; esta indeseable eventualidad podría originar daños en las edificaciones.”

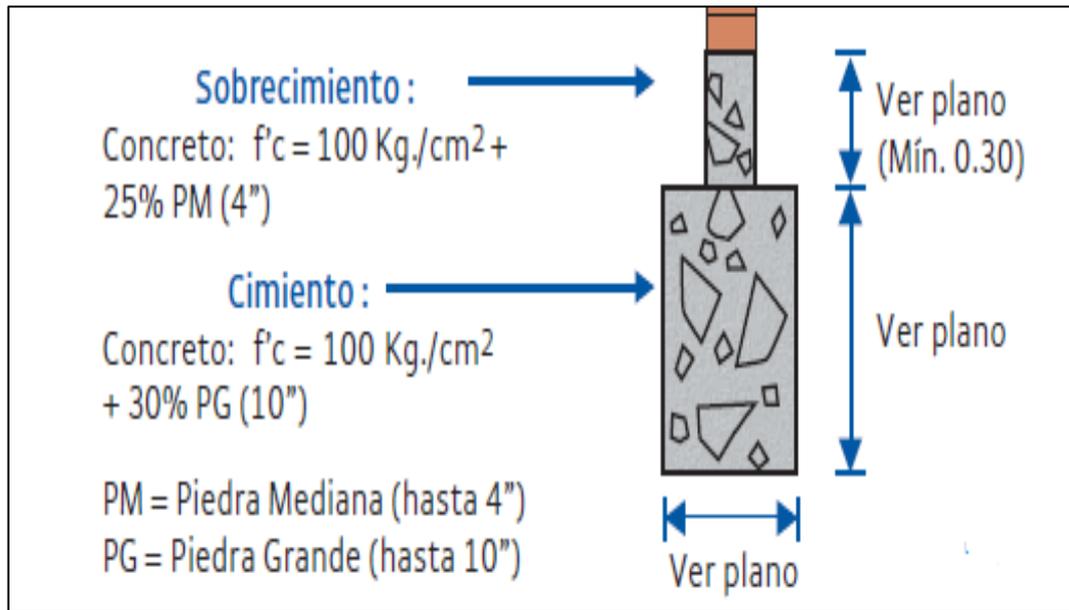


Figura 04: Requisitos de una cimentación.

Fuente: Corporación Aceros Arequipa (2010)

Se observa las partes de una cimentación de una edificación. Cimiento y sobrecimiento.

2.2.6.1 Tipos de cimentaciones.

Pacheco (2012) nos explica "Si cercanas a la superficie de los terrenos existen capas de suelos con apropiada capacidad portante, las cimentaciones son diseñadas como cimentaciones superficiales. Entre las cimentaciones superficiales distinguimos los siguientes tipos: Cimentaciones para muros portantes; zapatas de concreto armado aisladas, combinadas y conectadas; plateas o placas de cimentación."

2.2.6.2 Excavación y Nivelación.

Pacheco (2012) nos explica "El proceso de establecimiento de niveles se facilita descomponiéndolo en las siguientes etapas: Verificación del relieve del terreno, evaluación del plan de niveles, control de niveles en obra.

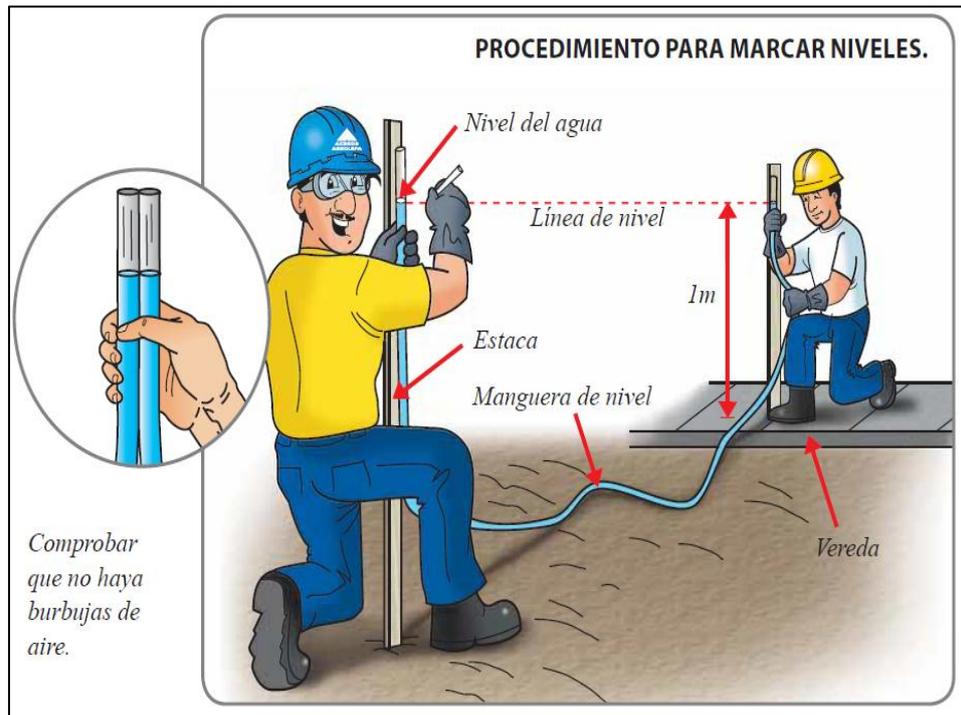


Figura 05: Procedimiento de marcar nivelación en terrenos

Fuente: Corporación Aceros Arequipa (2010)

Se observa uno de los métodos de nivelación de terrenos de edificaciones para realizar las excavaciones para las cimentaciones.

2.2.6.3 Vaciado del concreto.

Pacheco (2012), nos menciona sobre consideraciones en el vaciado del concreto. Antes del vaciado del concreto es necesario humedecer moderadamente las zanjas. La altura dentro de las zanjas del concreto vertido, es controlada, mediante señales de referencia, que bien puede ser fijadas en las paredes de las zanjas, o empleando algún otro sistema que se considere conveniente. Alcanzada la altura prefijada del cimient y antes del endurecimiento del concreto, debe rayarse la parte superior para asegurar una efectiva adherencia entre el cimient y sobre cimient.

2.3. Definición de términos básicos.

2.3.1 Last Planer:

Huarcaya (2014). Nos ayuda a controlar la obra desde el planeamiento general hasta la realización de las actividades en campo. Se trata de planificar los trabajos semanales de forma ordenada. Los responsables de las diferentes actividades han de comprometerse a unas mediciones a entregar. La mejor forma de percibirlo es con una muestra visual o de supervisión. Se apunta diariamente en el panel las actividades diarias a realizar y donde se ejecutarán. Han de ser mediciones de obra reflejadas en el plan mensual. Hay que buscar posibles soluciones entre actividades anteriores y posteriores.

2.3.2 Lean Producción:

Guzmán (2014), Es un sistema que tiene como finalidad eliminar o reducir al máximo los elementos que no aporten de manera positiva en recursos, tiempo, espacio u otros; para agregarle valor al producto, ya que como sabemos lo que busca el Lean production es agregarles valor a sus productos eliminando actividades innecesarias (desperdicios)". Denominado producción sin pérdidas.

2.3.3 Lean construction:

Vásquez (2006), Gestión de producción donde la planificación de las actividades de obra sea totalmente realizable y predecible. Evitar pérdidas en el flujo de actividades apostando por una planificación confiable. Para ello, se propone generar un "escudo" de producción para proteger el flujo de trabajo, de esta manera se hace más fácil ordenar los requerimientos de materiales durante el desarrollo del proyecto. Denominado construcción sin pérdidas.

2.3.4 Tiempo útil:

Vásquez (2006). Se denomina la suma del trabajo productivo y trabajo Contributorio en obra. Este tiempo útil se obtiene mediante la supervisión en obra, que nos ayudaran a determinar los tiempos y observar cómo se desarrolla las actividades para luego mejorar las actividades posteriores.

2.3.5 Cimiento corrido:

Pacheco (2012). Tipo de cimentación en forma de collarín que es la base de las edificaciones. Conformado por todo los elementos que están conformados el cimiento, su función estructural es recibir la carga de los muros y transmite al suelo.

2.3.6 Edificación Unifamiliar:

Pacheco (2012). Tipo de edificación donde sus ambientes están destinados para una familia. En su totalidad está ocupada por una sola familia, la estructura puede estar aisladas como país de Estados unidos o pareadas como sucede en el país de Perú.

2.3.7 Concreto:

Corporación Aceros Arequipa (2010). Mezcla de cemento, arena gruesa, piedra y agua y cuyo resultado es un material resistente, usado en edificaciones, pavimentos y otras estructuras que su trabajo es resistir cargas estructurales. El concreto permite rellenar los encofrados con una forma establecida.

2.3.8 Zanja:

Corporación Aceros Arequipa (2010) .Es la separación de tierra o roca del lado de una excavación .Son excavaciones que se realizan en la superficie del terreno para fines de actividades de cimentación de una edificación o estructuras de medianas dimensiones.

2.3.9 Piedra de zanja:

Corporación Aceros Arequipa (2010) .Elemento utilizado para la elaboración del proceso de cimentación, existe piedras medianas y grandes de 2 pulgadas a 10 pulgadas.

2.3.10 Suelo portante:

Corporación Aceros Arequipa (2010). Referente a la cimentación y la aplicación de una fuerza a máxima presión sin necesidad de penetrar en el tipo de suelo. Según la composición del suelo, este responderá a los cambios externos, principalmente a cargas, cambios de humedad o también cambios de temperatura y otros factores exógenos para tener en cuenta

III. MARCO METODOLÓGICO.

3.1 Hipótesis de la investigación.

3.1.1 Hipótesis General.

H₁: Los resultados de la filosofía Lean Construction optimizan la producción del proceso de cimentación de la edificación unifamiliar del distrito de San Juan de Lurigancho

3.1.2 Hipótesis Específicas.

H₁: Los resultados de la filosofía Lean Construcción optimizan el proceso de excavación de la edificación unifamiliar del distrito de San Juan de Lurigancho.

H₂: Los resultados de la filosofía Lean Construcción optimizan el proceso de encofrado y vaciado de concreto de cimentación de la edificación unifamiliar del distrito de San Juan de Lurigancho.

3.2 Variables de estudio

Variable Independiente (X)

X= La filosofía lean construcción.

Variable Dependiente (Y)

Y= Proceso de cimentación de una edificación unifamiliar.

3.2.1 Definiciones conceptuales.

3.2.1.1 Variable Independiente (x): La filosofía lean construcción.

Alarcón (2001), define “Lean construcción es una nueva filosofía orientada hacia la administración de la producción en construcción, cuyo objetivo fundamental es la eliminación de las actividades que no agregan valor

(pérdidas). Es indudable que el sector de la construcción es un componente significativo en la economía de un país. En el Perú se registró que la actividad de la construcción lideró el crecimiento en el 2008 con 16,4 por ciento respecto al 2007, debido fundamentalmente al mayor consumo interno de cemento en 16,6 por ciento e inversión en el avance físico de obras que se incrementó en 18 por ciento (INEI). A pesar de su importancia los problemas que enfrenta el sector son bien conocidos: baja productividad, pobre calidad, altos índices de accidentes, desviaciones en cumplimiento de plazos y presupuestos, entre otros.”

Vásquez (2006), no explica que es una “gestión de producción donde la planificación de las actividades de obra sea totalmente realizable y predecible. Evitar pérdidas en el flujo de actividades apostando por una planificación confiable. Para ello, se propone generar un “escudo” de producción para proteger el flujo de trabajo, de esta manera se hace más fácil ordenar los requerimientos de materiales durante el desarrollo del proyecto. Denominado construcción sin pérdidas.”

3.2.1.2 Variable Dependiente (y): Proceso de cimentación de una edificación unifamiliar..

Pacheco Julio (2012), nos menciona “que los cimientos son partes de las estructuras que actúan como transición entre las mismas estructuras y el suelo portante. Condición esencial de una apropiada cimentación es que las presiones transferidas al suelo portante no excedan las presiones admisibles, correspondientes al suelo de que se trae. También es exigible que no se produzcan asentamientos diferenciales excesivos entre secciones de una estructura; esta indeseable eventualidad podría originar daños en las edificaciones.”

Corporación Aceros Arequipa (2010), nos explica que “Debido a la presencia de muros portantes el tipo de cimentaciones que se usa generalmente es el denominado cimiento corrido. Este se construye con cemento, hormigón, agua y piedra de zanja (mediana o grande)”

3.2.2 Definiciones operacionales.

Tabla 2:

Definición operacional de las variables

DEFINICIÓN DE VARIABLES		
Variables Independientes	Indicadores	Unidades
	Tiempo productivo	porcentaje %
	Tiempo Contributorio	porcentaje %
La filosofía lean construcción		
	Tiempo no Contributorio	porcentaje %
variables dependientes	indicadores	unidades
Proceso de cimentación de una edificación multifamiliar	Tiempo útil del proceso de cimentación	porcentaje %

En la tabla se observa la variable independiente , variable dependiente con sus respectivos indicadores y unidades que ayudaran a obtener valores.

3.3 Tipo de estudio y nivel de investigación.

3.3.1 Tipo de estudio.

El presente proyecto de tesis corresponde al Tipo de estudio Aplicada porque se aplicó la filosofía lean Construction y sus herramientas en el proceso de cimentaciones de una edificación unifamiliar.

Hernández (2001), nos explica que: “Es la utilización de los conocimientos en la práctica, para aplicarlos y poder obtener nuevos conocimientos.”

3.3.2 Nivel de investigación.

Pertenece al nivel de investigación Explicativa, porque permitió obtener y explicar los resultados que se obtienen al aplicar la filosofía Lean Construction en el proceso de cimentación de una edificación unifamiliar. Explicar la relación de la variable independiente y la variable dependiente.

Hernández (2001), nos menciona: Él tipo de Investigación Explicativa son más estructuradas que los otros tipos de investigación que abarca en su propósito la exploración, la descripción y correlación con lo cual generar en sentido de entendimiento más completo. Los estudios exploratorios sirven para familiarizarnos con fenómenos relativamente desconocidos, obtener información sobre la posibilidad de llevar a cabo una investigación más completa respecto de un contexto particular.”

3.4 Diseño de investigación

El diseño no experimental, porque se obtuvo los valores del trabajo Contributorio, no Contributorio y trabajo productivo para obtener el tiempo útil de los procesos de cimentación en la edificación unifamiliar. Los valores se analizaron estadísticamente.

Según Hernández (2001), nos menciona sobre el diseño no experimental “Se da la manipulación deliberada de una o más variables que actúan como causa, es la variable independiente, para determinar sus efectos, que recaen sobre una o más variables dependientes”.

3.5 Población y Muestra.

3.5.1 Población.

En esta investigación la población objeto de estudio estará conformado por las actividades realizadas por los veinte trabajadores que laboraron en la edificación unifamiliar Las Gencianas y se aplicara la filosofía lean Construction ubicado en el distrito de San Juan de Lurigancho de la ciudad de Lima.

Como explica Hernández citado en Castro (2003), expresa que "si la población es menor a cincuenta (50) individuos, la población es igual a la muestra".

3.5.2 Muestra.

Como explica Hayes (1999) citado en Fernández (2003), sobre muestra censal, nos menciona: "la muestra es toda la población, este tipo de método se utiliza cuando se cuenta con una base de datos de fácil acceso".

En esta investigación la muestra de estudio estuvo conformado por las actividades desarrolladas por los 20 trabajadores que laboraron en la edificación unifamiliar Las Gencianas y se aplicó la filosofía lean Construction, ubicado en el distrito de San Juan de Lurigancho de la ciudad de Lima.

3.6 Técnicas e instrumentación de recolección de datos.

Para la recolección de datos durante el proceso de investigación se han elaborado las siguientes técnicas.

3.6.1 Técnica de recolección de datos

La observación. Orientada a la obtención de información para aplicar la filosofía lean Construction y obtener el tiempo productivo, tiempo Contributorio, tiempo no Contributorio del proceso de cimentación de la edificación.

Se visitó la obra en los procesos de cimentación (excavación, encofrado y vaciado de concreto) de la edificación unifamiliar y mediante la observación se

obtuvo los datos de los tiempos, para realizar los cálculos, así poder obtener el tiempo útil y así poder tomar decisiones en las siguientes actividades.

3.6.2 Instrumento de recolección de datos

El instrumento para la recolección de datos durante la investigación fueron las siguientes.

Planos de cimentaciones de la edificación. Nos permitió tomar la dimensiones de las excavaciones, el área de trabajo, determinar el trabajo que cada persona realizo y proceder a tomar nota de los tiempos contributorios, no contributorios y tiempos productivos

Hojas de cálculo donde se utilizó los cálculos para determinar el tiempo útil En el proceso de excavación de las cimentaciones, vaciado del concreto de las cimentaciones y encofrado. Se realizó un cálculo donde se determinó los tiempos en porcentaje, y se observó cada actividad.

3.7 Método de análisis de datos

Se realizará un análisis estadístico con el apoyo del software Statgraphics 16.1 con el cual se realizará el procesamiento y análisis de datos, se realiza cálculo de media, mediana, etc.

En la investigación se realizaron los procesamientos de los datos y sus síntesis mediante los programas estadísticos: SPSS Statistics V.17, y Statgraphics Centurión X V. II en el marco de la estadística descriptiva y la estadística inferencial como lo recomienda Calzada (1970) para los análisis estadísticos.

La metodología del diseño de superficie de respuesta se utilizó para refinar los modelos después de determinar los factores importantes utilizados en los diseños estadísticos, especialmente para la confirmación de las hipótesis establecidas en la investigación este instrumento de estadístico como lo recomienda Calzada (1970)

3.8 Aspectos éticos

Los trabajos de investigación de diseño, desarrollo y ejecución se ejercerá teniendo presente que deberá servir primordialmente a la sociedad.

La investigación en ingeniería civil le debe respeto a la persona y al trabajo de sus compañeros, consecuentemente, evitará lesionar el buen nombre y el prestigio profesional de sus colegas, ante clientes, patronos y trabajadores.

La investigación reconocerá que debe a la empresa COMTHER S.A.C. y a la vivienda unifamiliar en donde realizó sus estudios, su prestigio profesional y su lugar en la sociedad; prestará toda la colaboración necesaria para el fortalecimiento de las organizaciones profesionales y de su ámbito de interés.

La investigación debe promover y defender la integridad, el honor y la dignidad de su investigación, contribuyendo con su conducta a que el consenso de investigadores se forme y mantenga un cabal sentido de respeto hacia ella y sus beneficiarios, basado en la honestidad e integridad con que la misma se desempeña y deben esforzarse por incrementar el prestigio, la calidad y la idoneidad de la ingeniería civil para el desarrollo de sus instituciones profesionales y académicas.

IV. RESULTADOS

4.1. Resultado del estudio de Lean Construction en su valoración empírica en edificación unifamiliar de San Juan de Lurigancho.

4.1.1. Partida de Excavación para cimentación corrida.

La mano de obras y rendimientos se obtuvo del análisis de precios unitarios realizados para el presupuesto de la edificación.

El metrado de la excavación de zanjas para cimentación se obtuvo de la hoja de presupuesto donde se encuentra el metrado correspondiente y se realizaron mediante el estudio con el peón ya que realizó las labores siguientes que se reportan en los cuadros siguientes.

Tabla 3.
Mano de obra de Partida Excavación

EXCAVACION DE ZANJAS PARA CIMENTACION		
MANO DE OBRAS	0.1 CAPATAZ+ 1 PEON	
RENDIMIENTO	3.5	M3/H
METRADO	88.54	M3/H
RECURSOS USADOS	309.89	H/H

En la siguiente tabla es la partida de excavaciones donde está la mano de obra que realizó la actividad de excavación, y su metrado.

Tabla 4.
Estudio de tiempos de actividades

TIEMPO (5MIN)	PEON
1	P
2	P
3	P
4	P
5	P
6	P
7	P
8	C
9	C
10	T
11	T
12	T
13	T
14	T
15	T
16	T
17	T
18	J
19	J
20	J
21	J
22	J
23	J
24	J
25	D
26	D
27	B
28	B
29	D
30	P

En el tabla 4 se observa la actividad que realiza cada obrero en un tiempo de 5 minutos en el transcurso de los días. Cada actividad del proceso de excavación está representada por una letra.

Tabla 5.
Porcentaje de Trabajos

		CON	PORCEN	SUMAT	OBSERV
TRABAJO PRODUCTIVO		TEO	TAJE	ORIA	ACION
AFLOJAR SUELO CON PICO	P	19	26.39		
TRASLAPEA TIERRA OTRO LADO	T	23	31.94	58.33	58.33
					NIVEL A
TRABAJO CONTRIBUTORIO					
ACOMODAR LOS CORDELES	C	6	8.33		
JUNTAR LA TIERRA QUE SALE DE LA EXCAVACION	J	16	22.22	30.56	
TRABAJO NO CONTRIBUTORIO					
COMPRA Y TOMAR BEBIDA	B	3	4.17		
DESCANSO	D	5	6.94	11.11	
		72	100.00	100.00	NIVEL A

Se observa que el capataz no es incluido en el estudio de tiempos de Lean Construction ya que no cuenta con los medios de seguridad, correspondiente por lo que a pesar de obtener nivel, se debe vio agregar un pequeño tiempo para el tema de bebidas.

Tabla 6.
Resumen de resultados de la partida Excavación

TP	58.33 %
TC	30.56%
TNC	11.11%

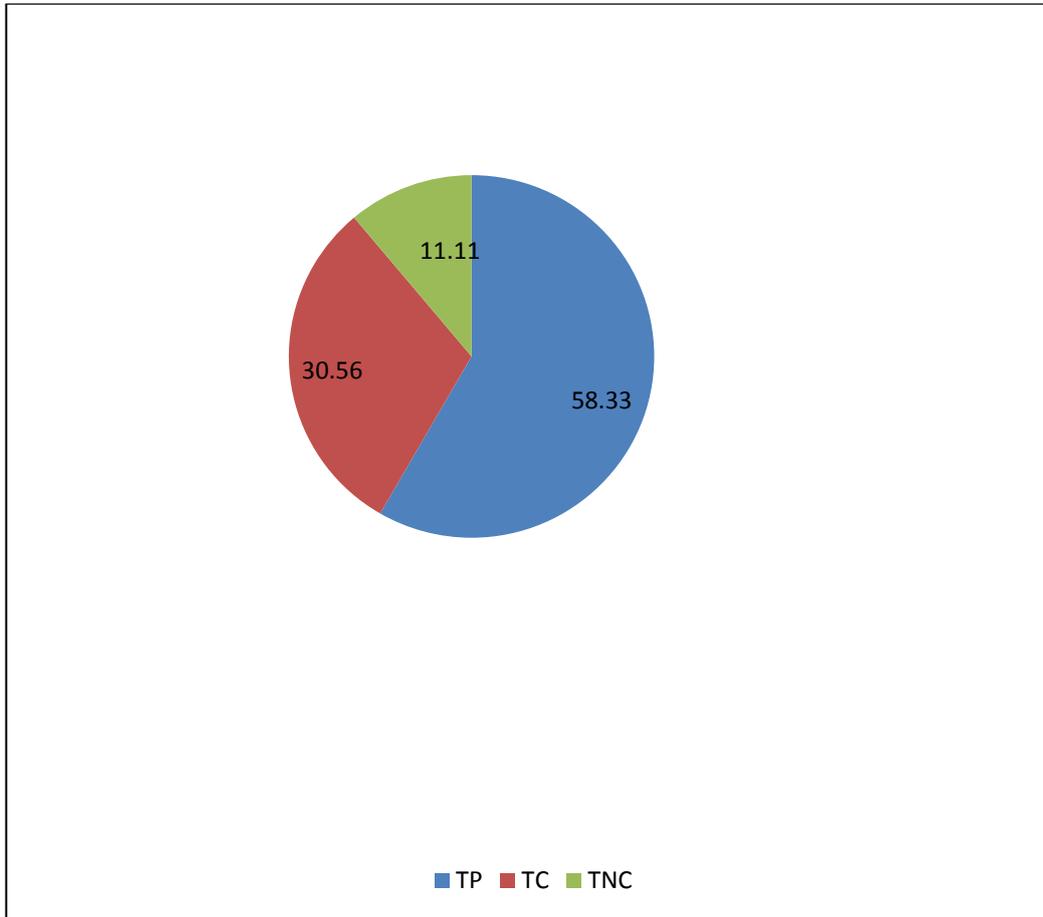


Figura 06. Porcentaje de Trabajos de partida Excavaciones.

La figura 6 presenta los porcentajes de trabajos de partida de las excavaciones que se realizaron en la edificación unifamiliar de San Juan de Lurigancho donde se observa que la mayor carga la tiene el trabajo productivo.

4.1.2. Partida de Vaciado para cimentación corrida

La mano de obras y rendimientos se obtuvo del análisis de precios unitarios realizados para el presupuesto de la edificación.

El metrado del vaciado para cimentación corrida se obtuvo de la hoja de presupuesto donde se encuentra el metrado correspondiente.

Se realiza el estudio con 0.1 capataz, 1 operario, 2 oficial y 8 peones como se reporta en el cuadro siguiente

Tabla 7.
Mano de obra de Partida Vaciado para cimentación corrida

VACIADO PARA CIMENTACION CORRIDA		
MANO DE OBRAS	0.1 CAP.+ 1 OPE.+2 OFIC.+8 P	
RENDIMIENTO	25	M3/H
METRADO	24.12	M3/H
RECURSOS USADOS	603	H/H

EQUIPO MEDIDO
 1 OPER+3 PEONES

En la tabla 7 es la partida de vaciado de concreto donde está la mano de obra que realizó la actividad de excavación, su metrado y su rendimiento.

La mano de obras está conformada por capataz, operarios, oficial y peones con el cual se realizó en estudio.

Tabla 8.
Estudio de tiempos de actividades

	1			
TIEMPO(5MIN)	OPERARIO	PEON 1	PEON 2	PEON 3
1	T	L	L	L
2	T	L	L	L
3	L	L	T	L
4	L	L	L	L
5	B	T	L	L
6	B	L	L	L
7	B	L	L	L
8	B	C	C	C
9	T	C	C	C
10	T	C	C	C
11	B	C	T	C
12	B	C	C	C
13	B	C	C	C
14	C	P	P	P
15	B	P	P	P
16	B	T	P	P
17	B	T	P	P
18	B	P	P	P
19	B	P	P	P
20	E	V	V	V
21	E	V	V	V
22	V	V	V	V
23	VA	VA	VA	VA
24	VA	VA	VA	VA
25	VA	VA	VA	VA
26	B	VA	VA	VA
27	B	VA	VA	VA
28	C	P	P	P
29	B	P	P	P
30	B	P	P	P

En la tabla 8 se observa la actividad que realiza cada obrero en un tiempo de 5 minutos en el transcurso de los días. Cada actividad del proceso de vaciado de concreto está representada por una letra.

Tabla 9.
Porcentaje de Trabajos de Partida Vaciado para cimentación.

TIEMPO PRODUCTIVO		CONT EO	PORCEN TAJE	SUMAT ORIA	OBSERVA CION
COLOCACION CAPA DE CONCRETO	C	24	8.33		
COLOCACION CAPA DE PIEDRA	P	61	21.18		
VACIADO DE CONCRETO	V A	75	26.04	55.56	NIVEL A
TIEMPO CONTRIBUTORIO BATIDO DE MEZCLADORA MANUAL	B	38	13.19		
VERIFICACION DE LAS UBICACIÓN DE PIEDRAS	V	40	13.89		
LIMPIEZA Y VERIFICACION DE ZANJA	L	21	7.29	34.38	
TIEMPO NO CONTRIBUTORIO TRABAJO REHECHO	R	3	1.04		
TIEMPO OCIOSO	T	18	6.25		
TIEMPO DE ESPERA	E	8	2.78	10.07	
		288	100.00	100.00	NIVEL A

En la tabla 9 se suman todas las actividades representadas con la misma letra, donde se representa en porcentaje el tiempo productivo, contributorio y no contributorio.

Tabla 10.
Resumen de resultados de la partida Vaciado de cimentación

TP	55.56 %
TC	34.38 %
TNC	10.07 %

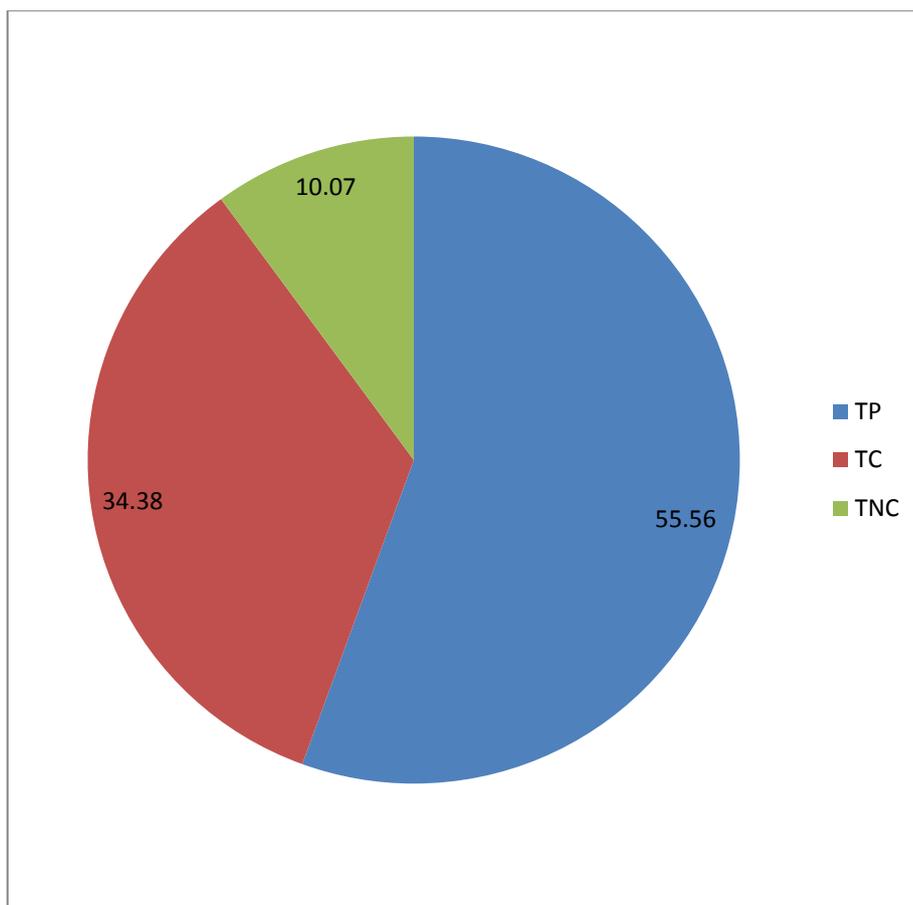


Figura 07. Porcentaje de Trabajos de partida Vaciados.

La figura anterior permite observar el reporte de los trabajos de partida vaciados donde se observa que cuando se ejecutó los vaciados en la edificación unifamiliar de San Juan de Lurigancho donde se observa que la mayor carga la tiene el trabajo productivo.

4.1.3. Partida de Encofrado para sobrecimiento.

La mano de obras y rendimientos se obtuvo del análisis de precios unitarios realizados para el presupuesto de la edificación, para el metrado de encofrado se obtuvo de la hoja de presupuesto donde se encuentra el metrado correspondiente. Se realiza el estudio con 0.1 capataz, 1 operario, 2 oficial y 8 peones; como se reportan en los cuadros siguientes.

Tabla 11.
Mano de obra de Partida de Encofrado para sobrecimiento.

ENCOFRADO DE SOBRECIMIENTO		
MANO DE OBRAS(ENCOFRADO)	0.1 CAP.+ 1 OPE.+1 OFI.	
MANO DE OBRAS(DESNCOFRADO)	1 OFICIAL +2 PEON	
RENDIMIENTO(ENCOFRADO)	40	M2/DIA
RENDIMIENTO(DESEENCOFRADO)	140	M2/DIA
METRADO	65.44	M2/DIA

En la tabla 11 es la partida de vaciado de encofrado donde está la mano de obra que realizara la actividad de encofrado de la cimentación, su metrado y su rendimiento.

Tabla 12.
Porcentaje de Trabajos de Partida de encofrado para sobrecimiento.

TIEMPO PRODUCTIVO		CONT EO	PORCENT AJE	SUMATO RIA	OBSERVAC ION
COLOCACION DE MADERA					
TORNILLO	C	77	35.65		
COLOCACION DE ESTACAS Y	C				
REFUERZOS	E	46	21.30	56.94	NIVEL A
TIEMPO CONTRIBUTORIO					
PREPARACION DE MADERA					
TORNILLO	P	11	5.09		
LIMPIEZA DE ENCOFRADOS	L	8	3.70		
BUSQUEDA DE ACCESORIOS	B	22	10.19		
TRANSPORTE DE MATERIALES	T	30	13.89	32.87	
TIEMPO NO CONTRIBUTORIO					
SERVICIO HIGIENICOS	S	2	0.93		
ESPERAS	E	4	1.85		
TRABAJO REHECHO	T				
	R	10	4.63		
TIEMPO OCIOSO	T				
	O	6	2.78	10.19	
		216	100.00	100.00	NIVEL A

En la tabla 12 se suman todas las actividades representadas con la misma letra, donde se representa en porcentaje el tiempo productivo, contributorio y no contributorio.

Tabla 13.
Estudio de tiempos de actividades

TIEMPO(5MIN)	1 OPERARIO	1 OFICIAL	1 PEON
1	P	P	P
2	P	TO	P
3	P	P	P
4	TO	P	L
5	E	E	L
6	P	L	L
7	P	L	S
8	T	L	T
9	T	T	T
10	T	T	T
11	C	C	C
12	C	C	C
13	C	B	B
14	C	B	C
15	C	C	C
16	C	C	C
17	C	C	C
18	TR	TR	TR
19	CE	CE	B
20	E	B	B
21	E	CE	CE
22	CE	CE	CE
23	CE	T	CE
24	CE	T	CE
25	T	T	T
26	C	C	C
27	C	C	C
28	C	C	C
29	C	B	B
30	C	B	C

En la tabla 08 se observa una parte de las actividades que realiza cada obrero en un tiempo de 5 minutos en el transcurso de los días. Cada actividad del proceso de encofrado de cimentaciones está representada por una letra.

Tabla 14.
Resumen de resultados de la partida Encofrado de sobrecimiento

TP	56.94%
TC	32.84%
TNC	10.19%

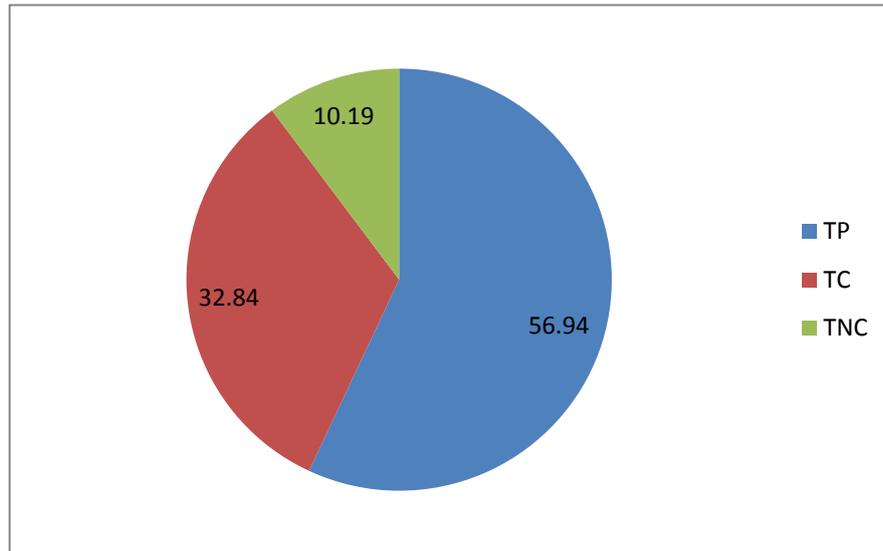


Figura 08. Porcentaje de Trabajos de partida Encofrados de sobrecimiento

La figura anterior permite observar el reporte de los trabajos de partida de encofrado donde se observa que cuando se ejecutó el proceso de encofrados en la edificación unifamiliar

4.2. Resultado comparación de las variables independientes y la variable dependiente.

Los resultados encontrados se procesaron mediante la comparación de muestras que son las variables establecidas en la investigación a fin de realizar la contrastación de las hipótesis siguientes.

❖ Hipótesis General.

H₀: Los resultados de la filosofía lean Construction no optimizan la producción del proceso de cimentación de una edificación unifamiliar.

H₁: Los resultados de la filosofía lean Construction optimizan la producción del proceso de cimentación de una edificación unifamiliar.

❖ Hipótesis Especificas

H₀: Los resultados de la filosofía lean construcción no optimiza la producción del proceso de excavación de una edificación unifamiliar.

H₁: Los resultados de la filosofía lean construcción optimiza la producción del proceso de excavación de una edificación unifamiliar.

H₀: Los resultados de la filosofía lean construcción no optimiza el proceso de encofrado y vaciado de concreto de cimentación de una edificación unifamiliar.

H₂: Los resultados de la filosofía lean construcción optimiza el proceso de encofrado y vaciado de concreto de cimentación de una edificación unifamiliar.

Tabla 15.
Comparación de Varias Muestras (Trabajo útil cimentación (%))

Muestra 1: Trabajo Contributorio (%)
Muestra 2: Trabajo no Contributorio (%)
Muestra 3: Trabajo Productivo (%)
Muestra 4: Trabajo útil cimentación (%)
Selección de la Variable: Trabajo útil cimentación (%)

Muestra 1: 20 valores en el rango de 30.56 a 34.38
Muestra 2: 20 valores en el rango de 10.07 a 11.11
Muestra 3: 20 valores en el rango de 55.56 a 58.33
Muestra 4: 20 valores en el rango de 88.89 a 89.94

En la tabla anterior compara los compara las variables independientes con la dependiente esta comparación permitió realizar varias pruebas estadísticas y gráficas para comparar las muestras.

La prueba-F en la tabla ANOVA permitió determina si hay diferencias significativas entre la media, también las pruebas de Rangos Múltiples nos indicaron cuáles son las medias significativamente diferentes de otras.

Dispersión según Muestra

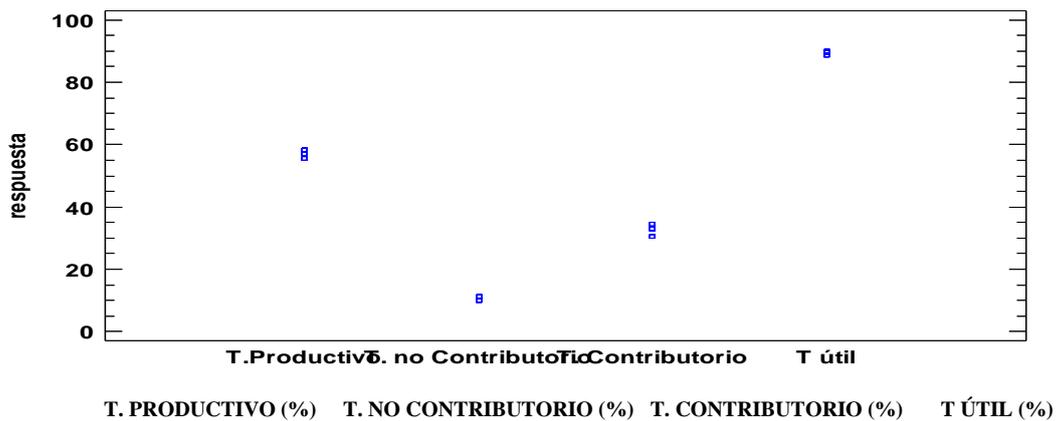


Figura 09. Dispersión según muestra

En la figura 9 se observa que las tres variables independientes influyen en la variable independiente sobre el trabajo útil expresado en porcentaje.

Este procedimiento compara los datos en 4 columnas, se realizaron las pruebas estadísticas y gráficas para comparar las muestras. La prueba-F en la tabla ANOVA se indica en el cuadro siguiente que muestra el resumen estadístico.

Tabla 16. Resumen Estadístico

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
Productivo	20	57.0125	1.14354	2.00577%	55.56	58.33
T. no Contributorio	20	10.476	0.479873	4.58069%	10.07	11.11
T. Contributorio	20	32.504	1.5954	4.90831%	30.56	34.38
T útil	20	89.5165	0.47626	0.532036%	88.89	89.94
Total	80	47.3772	29.5775	62.4297%	10.07	89.94

	<i>Rango</i>	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
Productivo	2.77	-0.16998	-1.38759
T. no Contributorio	1.04	1.17739	-1.56338
T. Contributorio	3.82	-0.3036	-1.45583
T útil	1.05	-1.12426	-1.55795
Total	79.87	0.810295	-2.38594

En la tabla anterior muestra varios estadísticos para cada una de las 4 columnas de datos. Para probar diferencias significativas entre las medias de las columnas, seleccione para generar la Tabla ANOVA, como lo indica Calzada (1970).

Tabla 17.
Tabla ANOVA

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	69029.4	3	23009.8	21354.44	0.0000
Intra grupos	81.8914	76	1.07752		
Total (Corr.)	69111.3	79			

En la tabla 17 se construyó la ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 21354.4, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 4 variables con un nivel del 95.0% de confianza por lo que se rechaza la hipótesis nula, como lo indica Tamayo (2003).

4.2.1. Comparación de medias y 95 % de Fisher LSD

Tabla 18.
Medias con intervalos de confianza del 95.0% de Fisher LSD

			<i>Error Est.</i>		
	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>(s agrupada)</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>
T.Productivo	20	57.0125	0.232112	56.6856	57.3394
T. no Contributorio	20	10.476	0.232112	10.1491	10.8029
T. Contributorio	20	32.504	0.232112	32.1771	32.8309
T útil	20	89.5165	0.232112	89.1896	89.8434
Total	80	47.3772			

En la tabla anterior muestra la media para cada columna de datos. También muestra el error estándar de cada media, el cual es una medida de la variabilidad

de su muestreo. El error estándar es el resultado de dividir la desviación estándar mancomunada entre el número de observaciones en cada nivel.

En la tabla 18 también muestra un intervalo alrededor de cada media. Los intervalos mostrados actualmente están basados en el procedimiento de la diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher; están contruidos de tal manera que, si dos medias son iguales, sus intervalos se traslaparán un 95.0% de las veces estos genera gráficamente como se reporta en la figura 7, la gráfica de Medias en las Pruebas de Rangos Múltiples, estos intervalos se usan para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras.

Medias y 95.0% de Fisher LSD

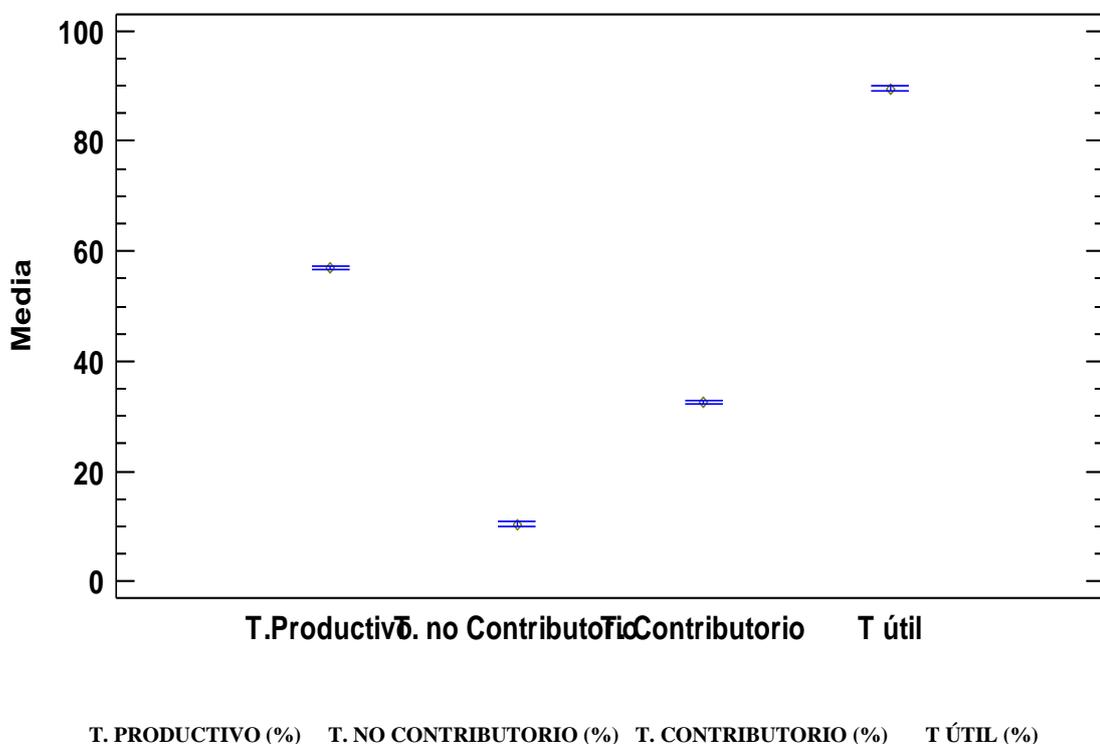


Figura 10. Gráfica de Medias y 95.0 % de Fisher LSD

4.2.2 Pruebas de Múltiple Rangos

Para la conformidad de la hipótesis general y específica se realizaron las pruebas de múltiples rangos como se reportan seguidamente.

Tabla 19.
Método: 95.0 porcentaje LSD

	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T. no Contributorio	20	10.476	X
T. Contributorio	20	32.504	X
T.Productivo	20	57.0125	X
T útil	20	89.5165	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
T.Productivo - T. no Contributorio	*	46.5365	0.653779
T.Productivo - T. Contributorio	*	24.5085	0.653779
T.Productivo - T útil	*	-32.504	0.653779
T. no Contributorio - T. Contributorio	*	-22.028	0.653779
T. no Contributorio - T útil	*	-79.0405	0.653779
T. Contributorio - T útil	*	-57.0125	0.653779

* indica una diferencia significativa

En la tabla anterior aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 6 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza, como lo indica Calzada (1970).

4.2.3 Verificación de Varianza

Para seguir constatando la validez de nuestras hipótesis se realizó la verificación de las varianzas como se indica en el cuadro siguiente, como lo sugiere Tamayo (2003).

Tabla 20.
Verificación de Varianza

<i>Prueba Valor-P</i>				
Levene's	8.6793	0.000050516		
	1	1		
<i>Comparación</i>	<i>Sigma1</i>	<i>Sigma2</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Valor</i>
T.Productivo / T. no Contributorio	1.14354	0.47987	5.67872	0.0004
		3		
T.Productivo / T. Contributorio	1.14354	1.5954	0.51376	0.1557
			6	
T.Productivo / T útil	1.14354	0.47626	5.76519	0.0004
T. no Contributorio / T. Contributorio	0.47987	1.5954	0.09047	0.0000
	3		22	
T. no Contributorio / T útil	0.47987	0.47626	1.01523	0.9741
	3			
T. Contributorio / T útil	1.5954	0.47626	11.2214	0.0000

Los estadísticos mostrados en el cuadro 20 evaluaron la hipótesis nula de que las desviaciones estándar dentro de cada una de las 4 columnas son iguales. De particular interés es el valor-P. Puesto que el valor-P es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar, con un nivel del 95.0% de confianza por lo que se rechaza la hipótesis nula, como lo indica Calzada (1970).

En la tabla anterior también muestra una comparación de las desviaciones típicas para cada par de muestras. P-valores por debajo de 0.05, de los cuales hay 4, indican una diferencia estadísticamente significativa entre las dos sigmas al 5% de nivel de significación por lo que se confirma las hipótesis de investigación. Tamayo (2003) que se puede verificar en la figura de cajas y bigotes siguiente.

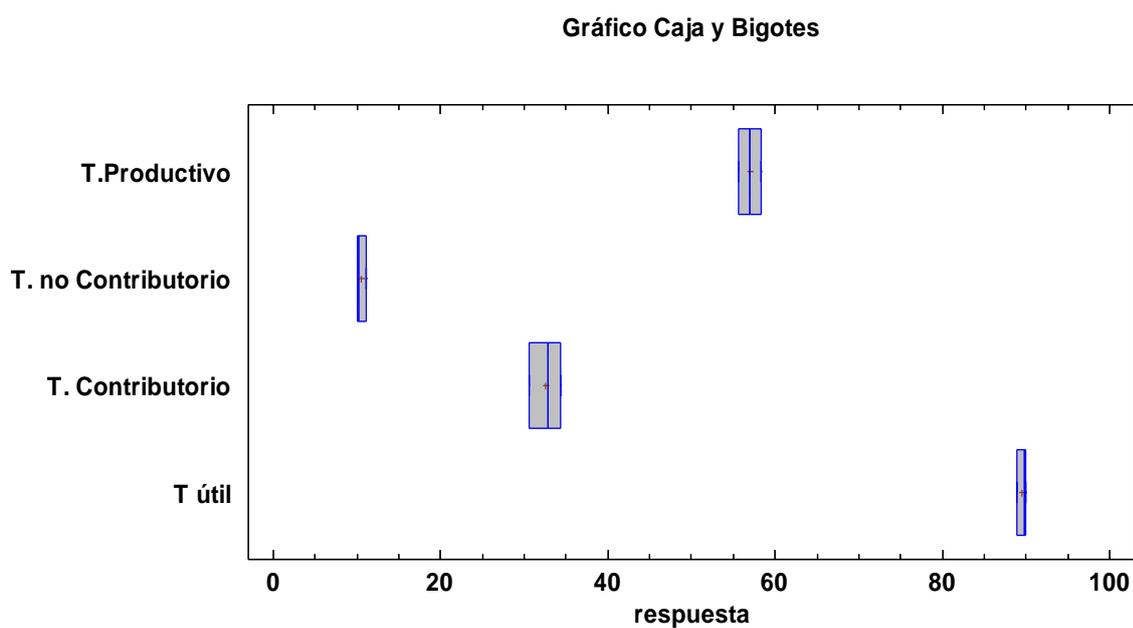


Figura 11. Gráfico de cajas y bigotes de las variables de la investigación.

4.2.3 Prueba de Kruskal-Wallis.

Para la evaluación de la hipótesis nula se realizó la prueba de prueba de Kruskal-Wallis como se reporta en el cuadro 21.

**Tabla 21.
Prueba de Kruskal-Wallis**

	<i>Tamaño de Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
T.Productivo	20	50.5
T. no Contributorio	20	10.5
T. Contributorio	20	30.5
T útil	20	70.5
Estadístico = 74.5881		Valor-P = 0

La prueba de Kruskal-Wallis evalúa la hipótesis nula de que las medianas dentro de cada una de las 4 columnas es la misma. Primero se combinan los datos de todas las columnas y se ordenan de menor a mayor. Después, se calcula el rango (rank) promedio para los datos de cada columna.

Puesto que el valor-P es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95.0% de confianza, lo que se demostró en el Gráfico de Caja y Bigotes por lo que se rechaza la hipótesis nula como lo indica Calzada (1970).

4.2.4 Prueba de la Mediana de Mood

La demostración de las hipótesis se complementa mediante las evaluaciones estadística de las variables independientes sobre las variables dependientes usando esta medida de tendencia central como es la mediana, que mediante la prueba de Mood permitió comprobar la aceptación estadística de las hipótesis planteadas como se reporta en el cuadro siguiente.

Tabla 22.
Prueba de la Mediana de Mood

<i>Muestra</i>	<i>Tamaño de Muestra</i>	<i>n<=</i>	<i>n></i>	<i>Mediana</i>	<i>LC inferior 95.0%</i>	<i>LC superior 95.0%</i>
T.Productivo	20	0	20	56.94	55.56	58.33
T. no Contributorio	20	20	0	10.19	10.07	11.11
T. Contributorio	20	20	0	32.84	30.56	34.38
T útil	20	0	20	89.78	88.89	89.94

Total n = 80
Gran mediana = 44.97
Estadístico = 80.0 Valor-P = 0

La prueba de medianas de Mood evalúa la hipótesis de que las medianas de todas las 4 muestras son iguales, se realizó contando el número de observaciones en cada muestra, a cada lado de la mediana global, la cual es igual a 44.97. Puesto que el valor-P para la prueba de chi-cuadrado es menor que 0.05, las medianas de las muestras son significativamente diferentes con un nivel de confianza del 95.0%, se usó chi – cuadrado por que el valor de n fue de 80 como lo recomienda Calzada (1970).

Gráfico de Medianas con Intervalos del 95.0% de Confianza

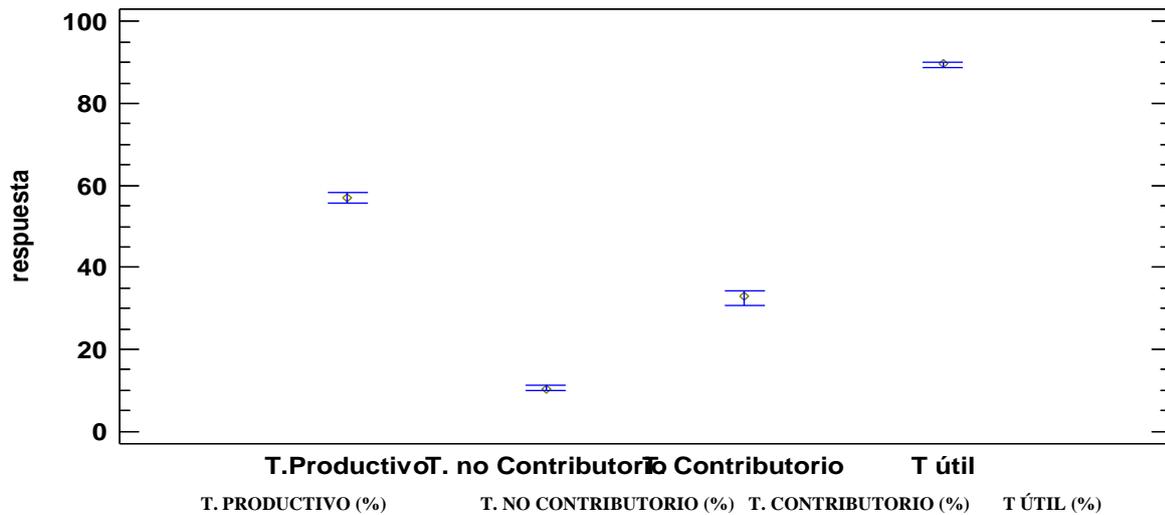


Figura 12. Gráfico de medianas

En la figura 12 se observa claramente la significancia de la acción de las variables independientes sobre la dependiente es decir sobre trabajo útil que en niveles de respuesta tiene el mayor valor lo que permite realizar las siguientes conclusiones estadísticas de las hipótesis.

- ❖ Se acepta: El Lean Construcción influye en la construcción de una edificación en el distrito de San Juan de Lurigancho.
- ❖ Se acepta: Los resultados de la filosofía lean construcción optimiza la producción del proceso de cimentación de una edificación unifamiliar.
- ❖ Se acepta: Los resultados de la filosofía lean construcción optimiza el proceso de encofrado y vaciado de concreto de cimentación de una edificación unifamiliar.

4.3. Optimización del trabajo útil mediante superficie de respuesta

4.3.1 Análisis del Trabajo Útil (%).

Para la optimización del trabajo útil mediante la superficie de respuesta se estima mediante los siguientes efectos estimados para trabajo útil como se reporta en el cuadro siguiente.

Tabla 23.
Efectos estimados para Trabajo Útil (%) (Porcentaje)

<i>Efecto</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error Estadístico</i>	<i>V.I.F.</i>
promedio	89.4206	0.330183	
A:T. Productivo (%)	0.351603	0.253454	1.0
B:T. Contributorio (%)	-0.177202	0.253455	1.0
C:T. no Contributorio (%)	0.169753	0.253457	1.0
AA	0.287732	0.307727	1.33235
AB	0.2225	0.331154	1.0
AC	-0.3025	0.331154	1.0
BB	-0.398164	0.307735	1.33235

Errores estándar basados en el error total con 6 g.l.

En la tabla 23 muestra las estimaciones para cada uno de los efectos estimados y las interacciones. También se muestra el error estándar de cada uno de estos efectos, el cual mide su error de muestreo; observamos que el factor de inflación de varianza (V.I.F.) más grande, es igual a 1.33235 que implica un diseño perfectamente ortogonal, todos los factores serían igual a 1. Factores de 10 o más normalmente se interpretan como indicativos de confusión seria entre los efectos que se pueden ver en Diagrama de Pareto, ANOVA para lograr su optimización, como lo indica Calzada (1970).

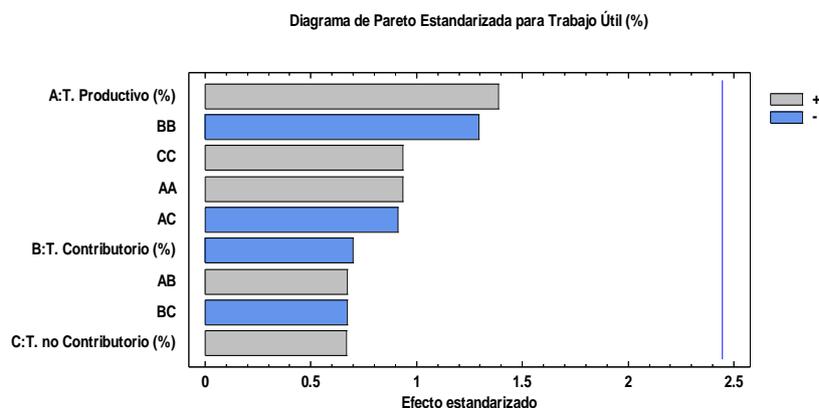


Figura 13. Diagrama de Pareto para el trabajo útil.

4.3.2 Análisis de Varianza para Trabajo Útil (%)

Se realizó el ANOVA para el trabajo útil como se indica en el cuadro 12 que seguidamente se reporta.

Tabla 24.
Análisis de Varianza para Trabajo Útil (%)

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:T. Productivo (%)	0.422084	1	0.422084	1.92	0.2147
B:T. Contributorio (%)	0.107207	1	0.107207	0.49	0.5106
C:T. no Contributorio (%)	0.0983826	1	0.0983826	0.45	0.5279
AA	0.19175	1	0.19175	0.87	0.3859
AB	0.0990125	1	0.0990125	0.45	0.5267
AC	0.183012	1	0.183012	0.83	0.3962
BB	0.367166	1	0.367166	1.67	0.2433
BC	0.0990125	1	0.0990125	0.45	0.5267
CC	0.191755	1	0.191755	0.87	0.3859
Error total	1.31596	6	0.219326		
Total (corr.)	3.59237	15			

R-cuadrada = 63.368 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 8.42004 por ciento

Error estándar del est. = 0.468323

Error absoluto medio = 0.238605

Estadístico Durbin-Watson = 2.60206 (P=0.9097)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.441261

La ANOVA de la tabla 24 particiona la variabilidad de Trabajo Útil (%) en piezas separadas para cada uno de los efectos por lo que determino prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, 0 efectos tienen un valor-P menor que 0.05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0%.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 63.368% de la variabilidad en Trabajo Útil (%). El estadístico R-cuadrada ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 8.42004%.

El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 0.468323. El error medio absoluto (MAE) de 0.238605 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) prueba los residuos para determinar si haya alguna correlación significativa basada en el orden en que se presentan los datos en el archivo. Puesto que el valor-P es mayor que 5.0%, no hay indicación de autocorrelación serial en los residuos con un nivel de significancia del 5.0% como se puede observar en las figuras siguientes.

Gráfica de Efectos Principales para Trabajo Útil (%)

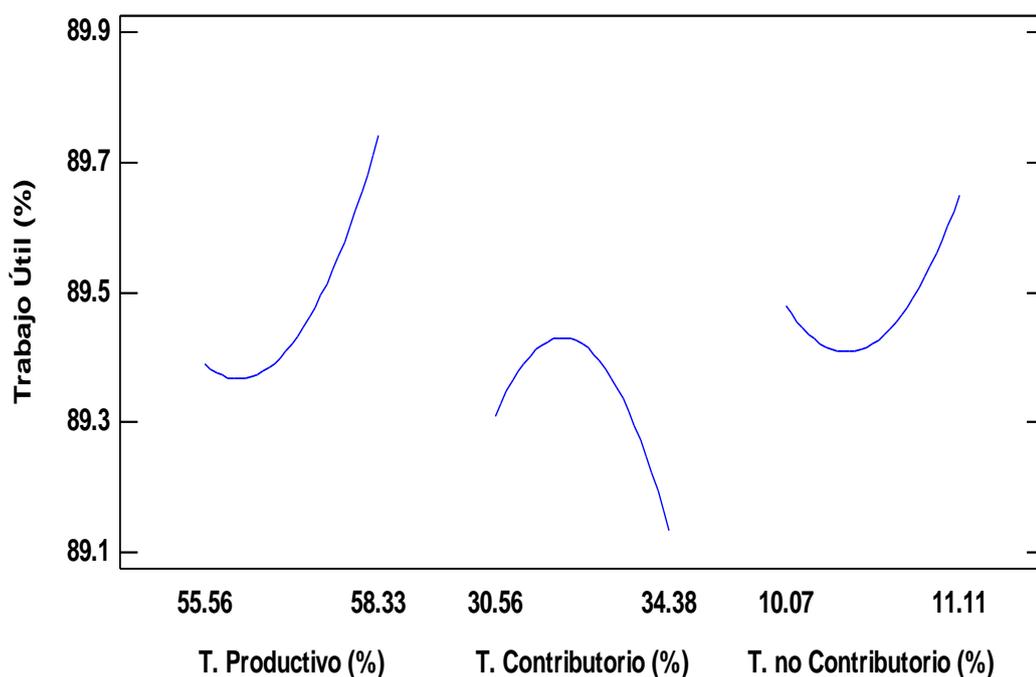


Figura 14. Grafica de efectos principales para Trabajo útil

Gráfica de Interacción para Trabajo Útil (%)

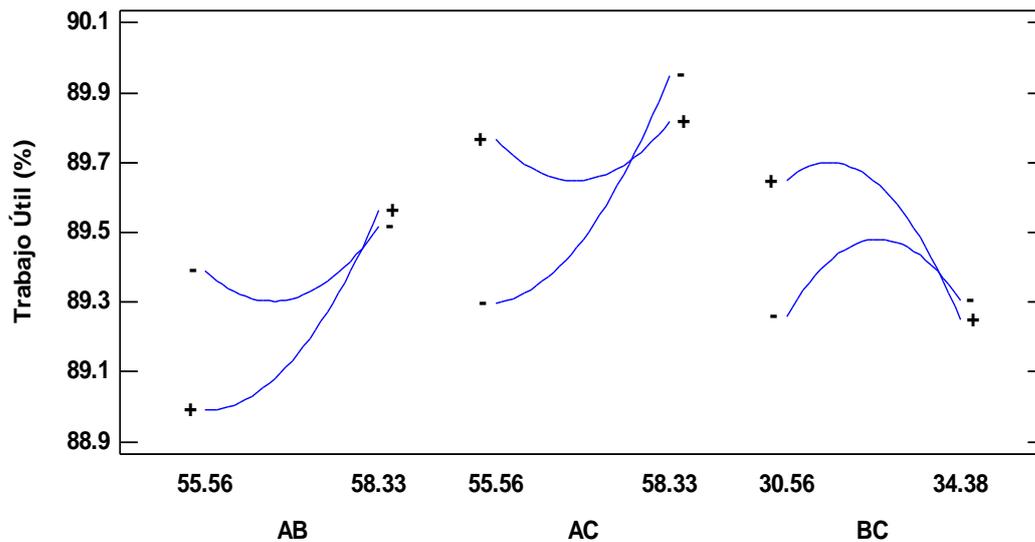


Figura 15. Grafica de interacción para trabajo útil.

Como se puede observar en los gráficos anteriores la variable que mayor efecto tiene en la optimización del trabajo útil es trabajo productivo.

4.3.3. Coeficiente de regresión para Trabajo Útil (%)

Para la obtención de la optimización del trabajo útil se estableció mediante coeficiente de regresión como se indica en el cuadro siguiente.

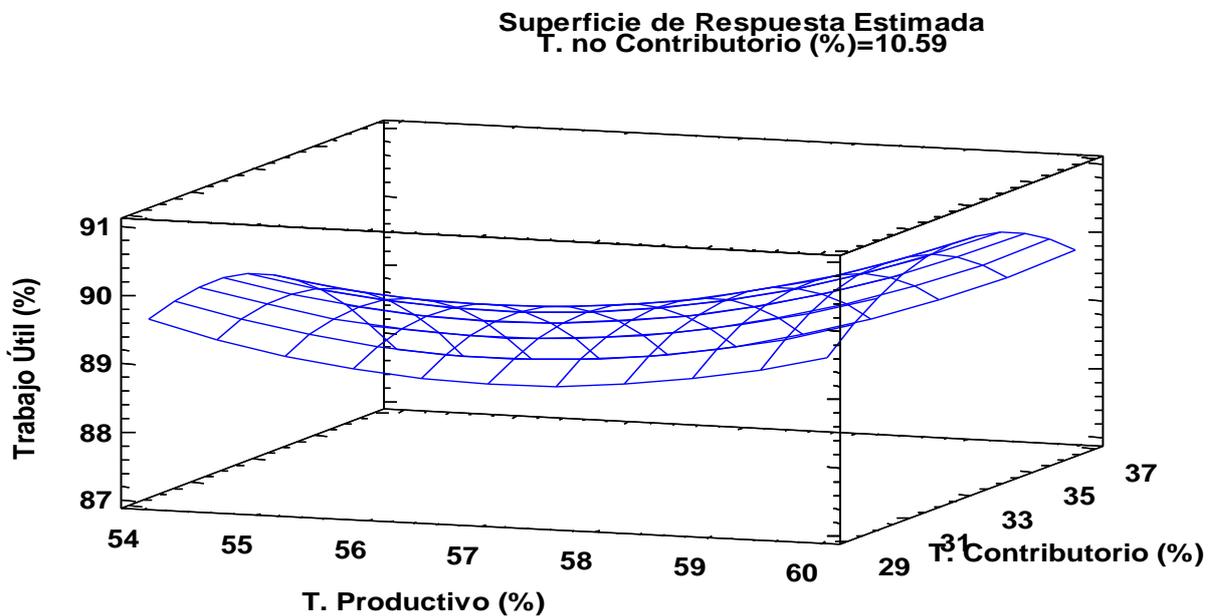
Tabla 25.
Coeficiente de regresión para Trabajo Útil (%)

<i>Coeficiente</i>	<i>Estimado</i>
Constante	239.907
A:T. Productivo (%)	-7.55626
B:T. Contributorio (%)	2.28887
C:T. no Contributorio (%)	4.48986
AA	0.074999
	4
AB	0.042054
	9
AC	-0.210011
BB	-
	0.054571
	5
BC	-0.112012
CC	0.532081

La ecuación del modelo ajustado es:

$$\begin{aligned} \text{Trabajo Útil (\%)} = & 239.907 - 7.55626 * T. \text{ Productivo (\%)} + 2.28887 * T. \text{ Contributorio} \\ & (\%) + 4.48986 * T. \text{ no Contributorio (\%)} + 0.0749994 * T. \text{ Productivo (\%)}^2 + \\ & 0.0420549 * T. \text{ Productivo (\%)} * T. \text{ Contributorio (\%)} - 0.210011 * T. \text{ Productivo (\%)} * T. \\ & \text{no Contributorio (\%)} - 0.0545715 * T. \text{ Contributorio (\%)}^2 - 0.112012 * T. \\ & \text{Contributorio (\%)} * T. \text{ no Contributorio (\%)} + 0.532081 * T. \text{ no Contributorio (\%)}^2 \end{aligned}$$

Donde los valores de las variables están especificados en sus unidades originales la que se determinó mediante la figura siguiente.



$$\begin{aligned} \text{Trabajo Útil (\%)} = & 239.907 - 7.55626 * T. \text{ Productivo (\%)} + 2.28887 * T. \text{ Contributorio} \\ & (\%) + 4.48986 * T. \text{ no Contributorio (\%)} + 0.0749994 * T. \text{ Productivo (\%)}^2 + \\ & 0.0420549 * T. \text{ Productivo (\%)} * T. \text{ Contributorio (\%)} - 0.210011 * T. \text{ Productivo (\%)} * T. \\ & \text{no Contributorio (\%)} - 0.0545715 * T. \text{ Contributorio (\%)}^2 - 0.112012 * T. \\ & \text{Contributorio (\%)} * T. \text{ no Contributorio (\%)} + 0.532081 * T. \text{ no Contributorio (\%)}^2 \end{aligned}$$

Figura 16. Grafica de la superficie de respuesta para la optimización del trabajo útil

A partir de la figura anterior se determinó el valor óptimo en porcentaje para el trabajo útil como se indica seguidamente

4.3.4. Valor óptimo del trabajo útil en porcentaje.

Seguidamente se reporta el valor que se determinó para la optimización del trabajo útil en porcentaje.

Tabla 26.

Optimizar Respuesta del trabajo útil (%)

Meta: maximizar Trabajo Útil (%)

Valor óptimo = 90.8922 %

<i>Factor</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Óptimo</i>
T. Productivo (%)	54.615	59.274	59.274
	7	3	3
T. Contributorio (%)	29.257	35.682	33.158
	8	2	6
T. no Contributorio (%)	9.7154	11.464	9.7154
	7	5	7

En la tabla 26 muestra la combinación de los niveles de los factores, la cual maximiza Trabajo Útil (%) sobre la región indicada siendo su valor óptimo de 90.8922 % cuando las variables independientes asumen los valores reportados en el cuadro 26 y obedecen a la ecuación:

$$\begin{aligned} \text{Trabajo Útil (\%)} = & 239.907 - 7.55626 * \text{T. Productivo (\%)} + 2.28887 * \text{T. Contributorio} \\ & (\%) + 4.48986 * \text{T. no Contributorio (\%)} + 0.0749994 * \text{T. Productivo (\%)}^2 + \\ & 0.0420549 * \text{T. Productivo (\%)} * \text{T. Contributorio (\%)} - 0.210011 * \text{T. Productivo (\%)} * \text{T.} \\ & \text{no Contributorio (\%)} - 0.0545715 * \text{T. Contributorio (\%)}^2 - 0.112012 * \text{T. Contributorio} \\ & (\%) * \text{T. no Contributorio (\%)} + 0.532081 * \text{T. no Contributorio (\%)}^2 \end{aligned}$$

V. DISCUSIÓN.

5.1. Discusión de resultado del estudio de Lean Construction en su valoración empírica en edificación unifamiliar de San Juan de Lurigancho.

De acuerdo los resultados del lean construcción en las cimentación de la edificación unifamiliar, se obtuvo el tiempo productivo, el tiempo Contributorio representado en porcentaje, donde el trabajo productivo dio como resultado más del 50 %, eso concuerda con Buleje (2012) donde nos menciona que los niveles se clasifican en tres niveles A, B y C, y para lograr el nivel A, el trabajo productivo debe ser igual o mayor que 50 %, estas formas de trabajo en forma ya en lo empírico permite activar el trabajo para a partir de ello, "pensar y activar el trabajo" buscando gran calidad y cero defectos, permitiendo la organización del lugar de trabajo y estandarización, eliminación de pérdidas, y mejora continua basada en la calidad. Como también lo considera Herrandiz (2009).

Los resultados del estudio que acabamos de describir son una muestra evidente de que estamos inmersos en un cambio de modelo productivo, en la industria de la construcción por que Lean Construction, como consecuencia de los resultados permiten evaluar tomar decisiones sobre la improductividad para eliminar ese enraizamiento en las organizaciones como lo indica Granados (2011) y Ramos *et al* (2015).

En los resultados de partida de vaciado para cimentación corrida, y partida de encofrado para sobrecimiento que se reportan en los cuadros del 3 al 14 y las figuras de 7 al 9, permite evaluar los tipos de trabajo aprenden más rápido de los errores y consideran el desarrollo de las siguientes habilidades:

- ❖ Aprenden a ver los problemas cuando ocurren y hacerlos visibles.
- ❖ Atacan y solucionan los problemas inmediatamente dónde y cuándo ocurren.
- ❖ Comparten el nuevo conocimiento a lo largo de toda la organización.
- ❖ Aprenden a liderar el desarrollo de las tres capacidades anteriores.

Estos resultados y las apreciaciones encontradas ya en el desarrollo empírico de las variables dependientes e independientes ejecutadas en la

realidad por el personal como coinciden los autores Alarcón et al (2008), Figueroa & Tolmes (2016).

El enfoque primer lugar, se creó un equipo de gestores Lean formado por representantes de los tres principales agentes o actores implicados donde se pudo adherirse opiniones externa en función de las características que aportan valor para la acción definidas por las labores y ajustadas según las condiciones empíricas de los tipos de trabajo así como las especificaciones definidas por porcentajes de las actividades que se realizaron como son improductivas y no añaden valor al sistema que se proyectó en las actividades según Ramos *et al* (2015) , Vásquez (2006) y Ibarra (2011).

5.2. Discusión de los resultados de la comparación de las variables independientes y la variable dependiente.

5.2.1. Discusión de la comparación de muestras.

La comparación de muestras permitió realizar todo el perfil estadístico para la validación y constatación de las hipótesis mediante el comportamiento de las medidas de tendencia central, como lo indica Calzada (1970).

La comparación de muestras mediante la Prueba F y su respectiva ANOVA indicaron que existe diferencia significativa de las variables en estudio como también lo recomienda Calzada (1970).

5.2.2. Discusión comparación de Media y 95 % de Fisher LSD

En esta evaluación del valor de esta medida de tendencia central como es la media se encontró que las medias son significativamente diferentes como se indica en el cuadro 18 y la figura 10 estos valores son coincidentes como lo reporta Calzada (1970).

5.2.3. Discusión de la prueba de múltiples rangos

En esta prueba arrojo que los valores tienen diferencia significativamente con un nivel del 95 % de confianza como se presentó en el cuadro 19, esto coinciden con lo indicado por Calzada (1970).

5.2.4. Discusión de la Verificación de varianza

El cuadro 20 indica que existe diferencia significativa entre las desviaciones estándar con un nivel del 95 % e confianza por lo que se rechaza la hipótesis nula y se puede comprobar en la figura 11 que reporta la gráfica de caja y bigotes, estas disposiciones de los valores de la muestra coinciden con lo indicado por Calzada (1970).

5.2.5. Discusión de prueba de Kruskal – Wallis

Esta prueba reportada mediante el cuadro 21 donde se evaluó las medianas y reafirma lo reportado en la figura 11 de la gráfica de cajas y bigotes como lo indica Calzada (1970).

5.2.6. Discusión de la prueba de la mediana de Mood

El cuadro 22 calculo el valor de la mediana de global con un valor de 44.97 puesto que el valor de P para un chi – cuadrado es menor que 0.05 por lo que las muestras son significativamente diferentes como se muestra en la figura 12 del gráfico de medianas, también es recomendado por Calzada (1970),

5.3. Discusión de la Optimización del trabajo útil mediante superficie de respuesta

Los valores obtenidos mediante la superficie de respuesta al proyectar el comportamiento de las variables independientes sobre la variable dependiente como fue el tiempo útil en porcentaje cuyo valor fue del 90.89 % cuando su comportamiento que tiene el modelo siguiente como se indica en Calzada (1970).

$$\begin{aligned} \text{Trabajo Útil (\%)} = & 239.907 - 7.55626 * T. \text{ Productivo (\%)} + 2.28887 * T. \text{ Contributorio} \\ & (\%) + 4.48986 * T. \text{ no Contributorio (\%)} + 0.0749994 * T. \text{ Productivo (\%)}^2 + \\ & 0.0420549 * T. \text{ Productivo (\%)} * T. \text{ Contributorio (\%)} - 0.210011 * T. \text{ Productivo (\%)} * T. \\ & \text{no Contributorio (\%)} - 0.0545715 * T. \text{ Contributorio (\%)}^2 - 0.112012 * T. \\ & \text{Contributorio (\%)} * T. \text{ no Contributorio (\%)} + 0.532081 * T. \text{ no Contributorio (\%)}^2 \end{aligned}$$

VI. CONCLUSIONES

En el proceso de cimentación de la edificación unifamiliar del distrito de San Juan de Lurigancho se determinó que el trabajo productivo es de 88.89%, 89.78% y 89.94%, valores mayores a el 50 % de lo que nos explica la filosofía lean construction

Se determinó que Lean Construction en la excavación de la cimentación de la edificación unifamiliar son 58.3% en trabajo productivo, 30.56% en trabajo Contributorio, 11.11%, en trabajo no Contributorio, se concluye que la filosofía lean construction se aplicó correctamente para un trabajo productivo del 89.94 %.

Los resultados de la filosofía Lean Construction en la edificación unifamiliar en el distrito de San Juan de Lurigancho los resultados en los encofrados de la cimentación son 56.94% en Trabajo Productivo, 32.84% en Trabajo Contributorio, 10.29% en Trabajo no Contributorio, y en vaciado del concreto son 55.56% en Trabajo Productivo, 34.38% Trabajo Contributorio en, 10.07% en Trabajo no Contributorio, por lo que se concluye que Lean Construction influyo significativamente.

En la optimización para el Trabajo útil mediante la ecuación:

Trabajo Útil (%) = $239.907 - 7.55626 * T. Productivo (%) + 2.28887 * T. Contributorio (%) + 4.48986 * T. no Contributorio (%) + 0.0749994 * T. Productivo (%)^2 + 0.0420549 * T. Productivo (%) * T. Contributorio (%) - 0.210011 * T. Productivo (%) * T. no Contributorio (%) - 0.0545715 * T. Contributorio (%)^2 - 0.112012 * T. Contributorio (%) * T. no Contributorio (%) + 0.532081 * T. no Contributorio (%)^2$; se optimizo con un valor de 90.89 %

VII. RECOMENDACIONES.

Supervisar las actividades posteriores al proceso de cimentación e identificar los tiempos productivos, contributorios y no contributorios tomando como referencia los datos obtenidos en el proceso de cimentación, para eliminar las actividades que no dan valor agregado a la construcción de la edificación.

Aplicar la filosofía lean construcción en otro proceso de excavación de una edificación unifamiliar de mayor dimensión y eliminar los trabajos no contributarios identificados en este estudio y lograr aumentar los trabajos productivos.

Inspeccionar el encofrado de la losa aligerada de la edificación ya que es similar al encofrado de la cimentación y evitar los trabajos no contributorios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Alarcón Luis, Diethelm Sven, Rojo Osear y Calderón Rodrigo** (2008), *"Evaluando los impactos de la implementación de lean construcción"*, Estudio de la Universidad Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Buleje Revilla Kenny Ernesto** (2012) Tesis: *"Productividad en la construcción de un condominio aplicando conceptos de la filosofía lean construcción"*. Universidad Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Bautista Patón María Teresa** (2015). Tesis: *"Aplicación de lean construcción a través de un sistema kanban en un estudio de arquitectura"*, Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Brioso Lescano Xavier Max** (2015). Tesis: *"El análisis de la construcción sin pérdida (lean construcción) y su relación con el project & construcción management: propuesta de regulación en España y su inclusión en la ley de la ordenación de la edificación"*, Universidad Politécnica de Madrid. España.
- Castro, Márquez Fernando.** (2003). El proyecto de investigación y su esquema de elaboración. 2da edición. Caracas: Uyapal.
- Calzada Benza José** (1970). "Métodos estadísticos" Editorial Jurídica. Lima Perú.
- Corporación Aceros Arequipa** (2016) "Manual del maestro constructor". Perú. Consultado el 20 de agosto de 2016, <http://www.acerosarequipa.com/manual-del-maestro-constructor.html>
- Corporación Aceros Arequipa** (2016) "Manual de construcción". Perú. Consultado el 21 de agosto de 2016, <http://www.acerosarequipa.com/manual-del-maestro-constructor.html>
- Fernández Beyruti, Ojeda Pons Yebel** (2003), en su tesis "Medición de la satisfacción de los clientes de Gigante las Animas-Puebla" Universidad de las Américas Puebla" (México).

- Figueroa Pacheco Renzo, Tolmos Nehme Marcos Eduardo** (2016), Tesis: *"Aplicación de herramientas lean construction para mejorar los costos y tiempos en la colocación de encofrados y concreto en la construcción de edificaciones en sector económico a/ben lima "*,.Universidad Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Granados Orellanos Brenda Minelly** (2011).Tesis: *"Implementación de la metodología lean construcción para actividades de estructura del proyecto natura del consorcio campo empresarial campestre"*, Universidad Politécnica de Catalunya, España.
- Guzmán Tejada Abner** (2014), Tesis: *"Aplicación de la filosofía lean construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos"*, Universidad Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Herrandiz Espuny Salvador** (2009), Tesis: *"Aplicación del lean thinking a la construcción"*, Universidad Politécnica de Catalunya, España.
- Huarcaya Huamany Jorge Saúl** (2014), Tesis: *"Ejecución lean y control de producción en proyectos de construcción"*. Universidad Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Hayes Bob** (1999), Como medir la satisfacción del cliente .Oxford University Press.
- Hernández Sampieri Roberto, Fernández Collado Carlos, Baptista Lucio Pilar** (2001), Metodología de la investigación. Mac Graw Hill.
- Ibarra Gómez Luis** (2011).” *Lean construction* ", Universidad Nacional Autónoma de México.
- Pacheco Zúñiga Santiago Alejandro** (2015), Tesis *"El target value design: un enfoque de la gestión lean para generar valor"*. Universidad Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Pacheco Zúñiga Julio** (2012) “Maestro de Obra-Tecnología de la construcción.” Editorial Sencico. Perú.

Pons Achell Juan (2014) Introducción a Lean Construcción. España. Fundación Laboral de la Construcción.

Ramos J. A., Dávalos Cesar, López Abraham y Rodríguez Alberto (2015) "*Análisis para la implementación del modelo lean en el sector de la construcción*", Estudio de la Universidad Autónoma de Ciudad de Juárez, México.

Sanchez Henao Julio Cesar (1997) "Manual de programación y control de programa de obras". Universidad Nacional de Colombia, Colombia.

Tamayo (2003) "El proceso de investigación científica" Cuarta Edición Limusa S.A. México.

Vásquez Ayala Juan Carlos (2006), Tesis, "*El lean design y su aplicación a los proyectos de edificaciones*". Universidad Pontificia Universidad Católica del Perú.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Consistencia

FORMULACION DEL PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOS
<p>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</p> <p>PROBLEMA GENERAL: ¿Qué resultados se obtiene de aplicar la filosofía lean construcción en el proceso de cimentación de la edificación unifamiliar en el distrito de San Juan de Lurigancho?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS:</p> <p>¿Qué resultados se obtienen de aplicar la filosofía lean construcción en la excavación de cimentación de la edificación unifamiliar en el distrito de San Juan de Lurigancho?</p> <p>¿Qué resultados se obtienen de aplicar la filosofía lean construcción en el encofrado y vaciado de concreto de la cimentación de la edificación unifamiliar en el distrito de San Juan de Lurigancho?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL Determinar los resultados de la filosofía lean construcción en el proceso de cimentación de la edificación unifamiliar en el distrito de San Juan de Lurigancho</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS Explicar los resultados de la filosofía lean construcción en la excavación de la edificación unifamiliar en el distrito de San Juan de Lurigancho</p> <p>Explicar los resultados de la filosofía lean construcción en el proceso de encofrado</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL Los resultados de la filosofía lean construcción optimizan la producción del proceso de cimentación de la edificación unifamiliar.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS Los resultados de la filosofía lean construcción optimiza el proceso de excavación de la edificación unifamiliar.</p> <p>Los resultados de la filosofía lean construcción optimiza el proceso de encofrado y vaciado</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE La filosofía lean construcción</p> <p>INDICADORES Tiempo productivo Tiempo Contributorio Tiempo no Contributorio.</p> <p>VARIABLE DEPENDIENTE Proceso de cimentación de una edificación multifamiliar</p> <p>INDICADORES Tiempo útil del proceso de cimentación</p>	<p>MÉTODO El método es inductivo-deductivo</p> <p>TIPO DE ESTUDIO Aplicada</p> <p>Nivel de Investigación Explicativa</p> <p>POBLACIÓN 20 trabajadores (actividades del proceso de cimentación)</p> <p>MUESTRA 20 trabajadores (actividades del proceso de cimentación)</p>

	y vaciado de concreto de cimentación de la edificación unifamiliar en el distrito de San Juan de Lurigancho	de concreto de cimentación de la edificación unifamiliar.		TÉCNICAS E INSTRUMENTOS La técnica es la Observación. Hojas de cálculo de tiempos contributorio y productivo
--	---	---	--	---

Anexo 2.Matriz de Operacionalización.

DEFINICIÓN DE VARIABLES		
Variables Independientes	Indicadores	Unidades
La filosofía lean construcción	Tiempo productivo	porcentaje %
	Tiempo Contributorio	porcentaje %
	Tiempo no Contributorio	porcentaje %
Variables dependientes	indicadores	unidades
Proceso de cimentación de una edificación multifamiliar	Tiempo útil del proceso de cimentación	porcentaje %

Anexo 3 .Instrumentos

Hojas de cálculo

LEAN CONSTRUCCION -EXCAVACION								
EXCAVACION DE ZANJAS PARA CIMENTACION								
MANO DE OBRAS	0.1 CAPATAZ+ 1 PEON		TIEMPO PRODUCTIVO		CONTEO	PORCENTAJE	SUMATORIA	OBSERVACION
RENDIMIENTO	3.5	M3/H	AFLOJAR SUELO CON PICO	P	19	26.39		
METRADO	88.54	M3/H	TRASLAPEA TIERRA OTRO LADO	T	23	31.94	58.33	58.33
RECURSOS USADOS	309.89	H/H						NIVEL A
			TIEMPO CONTRIBUTIVO					
			ACOMODAR LOS CORDELES	C	6	8.33		
			JUNTAR LA TIERRA QUE SALE DE LA EXCAVACION	J	16	22.22	30.56	
			TIEMPO NO CONTRIBUTIVO					
			COMPRA Y TOMAR BEBIDA	B	3	4.17		
			DESCANSO	D	5	6.94	11.11	
					72	100.00	100.00	

TIEMPO(SMIN)	PEON	RESULTADOS (EXCAVACION)	
1	P	TP	58.33
2	P	TC	30.56
3	P	TNC	11.11
4	P		
5	P		
6	P		
7	P		
8	C		
9	C		
10	T		
11	T		
12	T		
13	T		
14	T		
15	T		
16	T		
17	T		
18	J		
19	J		
20	J		
21	J		
22	J		
23	J		
24	J		
25	D		
26	D		
27	B		
28	B		

La excavación se hace sobre las líneas de las cepas marcando el terreno, cuyo ancho ya deberá haber tomado en cuenta la dureza del terreno donde se va a construir. Primero se afloja el suelo con la picota unos dos metros a lo largo de las líneas de la cepa. Luego, la tierra aflojada se traspalea hacia un lado, cuidando de no cubrir ni dañar los cordeles que marcan el nivel, ni las crucetas. Enseguida se vuelve a aflojar la tierra con la picota y nuevamente se traspalea la tierra. Así se sigue hasta alcanzar la profundidad necesaria. La profundidad se mide hacia debajo de los hilos que señalan el nivel superior del cimiento. La tierra que sale de la excavación se deja junto, para rellenarlas después, cuando ya

Categoría	Valor
TP	58.33
TC	30.56
TNC	11.11

Anexo 4 .Validación de Instrumentos

EXCAVACION

TRABAJO PRODUCTIVO	CON TEO	PORCEN TAJE	SUMAT ORIA	OBSERV ACION
AFLOJAR SUELO CON PICO	P 19	26.39		
TRASLAPEA TIERRA OTRO LADO	T 23	31.94	58.33	58.33 NIVEL A
TRABAJO CONTRIBUTORIO				
ACOMODAR LOS CORDELES	C 6	8.33		
JUNTAR LA TIERRA QUE SALE DE LA EXCAVACION	J 16	22.22	30.56	
TRABAJO NO CONTRIBUTORIO				
COMPRA Y TOMAR BEBIDA	B 3	4.17		
DESCANSO	D 5	6.94	11.11	
	72	100.00	100.00	NIVEL A

VACIADO DE CONCRETO

TIEMPO PRODUCTIVO	CONT EO	PORCEN TAJE	SUMAT ORIA	OBSERVA CION
COLOCACION CAPA DE CONCRETO	C 24	8.33		
COLOCACION CAPA DE PIEDRA	P 61	21.18		
VACIADO DE CONCRETO	V 75	26.04	55.56	NIVEL A
TIEMPO CONTRIBUTORIO				
BATIDO DE MEZCLADORA MANUAL	B 38	13.19		
VERIFICACION DE LAS UBICACIÓN DE PIEDRAS	V 40	13.89		
LIMPIEZA Y VERIFICACION DE ZANJA	L 21	7.29	34.38	
TIEMPO NO CONTRIBUTORIO				
TRABAJO REHECHO	R 3	1.04		
TIEMPO OCIOSO	T 18	6.25		
TIEMPO DE ESPERA	E 8	2.78	10.07	
	288	100.00	100.00	NIVEL A

ENCOFRADO

TIEMPO PRODUCTIVO		CONT EO	PORCEN TAJE	SUMAT ORIA	OBSERVA CION
COLOCACION DE MADERA					
TORNILLO	C	77	35.65		
COLOCACION DE ESTACAS Y					
REFUERZOS	C E	46	21.30	56.94	NIVEL A
TIEMPO CONTRIBUTORIO					
PREPARACION DE MADERA					
TORNILLO	P	11	5.09		
LIMPIEZA DE ENCOFRADOS	L	8	3.70		
BUSQUEDA DE ACCESORIOS	B	22	10.19		
TRANSPORTE DE					
MATERIALES	T	30	13.89	32.87	
TIEMPO NO CONTRIBUTORIO					
SERVICIO HIGIENICOS					
ESPERAS	S E T	2 4	0.93 1.85		
TRABAJO REHECHO	R	10	4.63		
TIEMPO OCIOSO	T O	6	2.78	10.19	
		216	100.00	100.00	NIVEL A

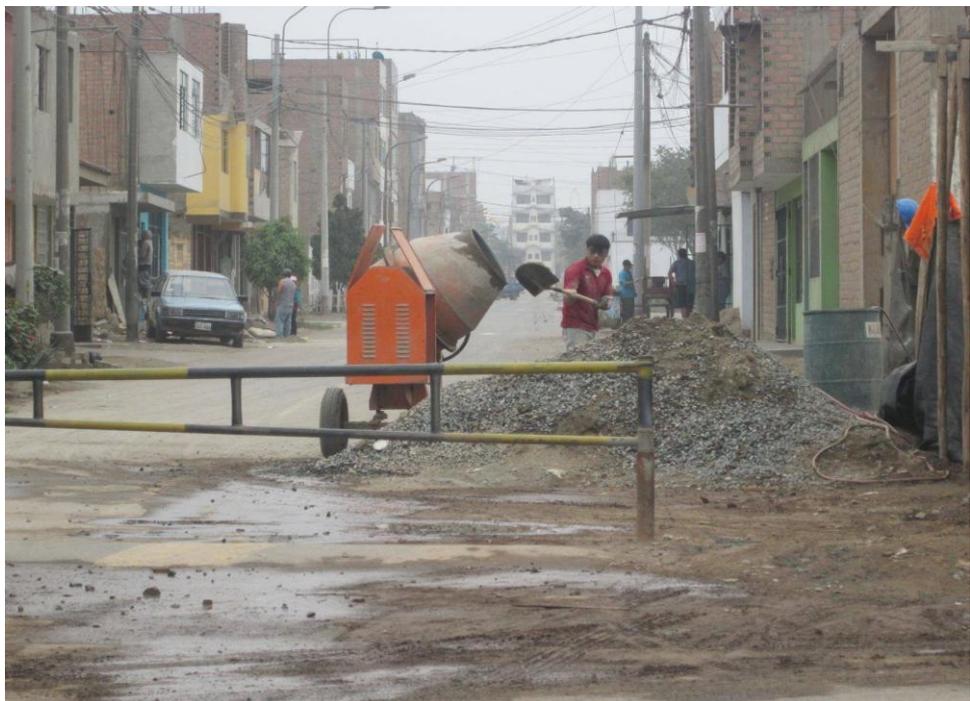
Anexo 5. Matriz de Datos

RESULTADO PARA COMPARACIÓN DE MUESTRAS			
VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE DEPENDIENTE
TRABAJO PRODUCTIVO (%)	TRABAJO CONTRIBUTORIO (%)	TRABAJO NO CONTRIBUTORIO (%)	TRABAJO ÚTIL DE ACTIVIDADES (%)
58.33	30.56	11.11	88.89
56.94	32.84	10.19	89.78
55.56	34.38	10.07	89.94
58.33	30.56	11.11	88.89
56.94	32.84	10.19	89.78
55.56	34.38	10.07	89.94
58.33	30.56	11.11	88.89
56.94	32.84	10.19	89.78
55.56	34.38	10.07	89.94
58.33	30.56	11.11	88.89
56.94	32.84	10.19	89.78
55.56	34.38	10.07	89.94
58.33	30.56	11.11	88.89
56.94	32.84	10.19	89.78
55.56	34.38	10.07	89.94
58.33	30.56	11.11	88.89
56.94	32.84	10.19	89.78
55.56	34.38	10.07	89.94
58.33	30.56	11.11	88.89
56.94	32.84	10.19	89.78

Anexo 6. Evidencias de la Investigación



Visitas a la vivienda unifamiliar donde se realizó la parte empírica de la investigación



Observando las actividades en la edificación unifamiliar



Actividad de los obreros, identificando las actividades productivas, contributorios y no contributarios.

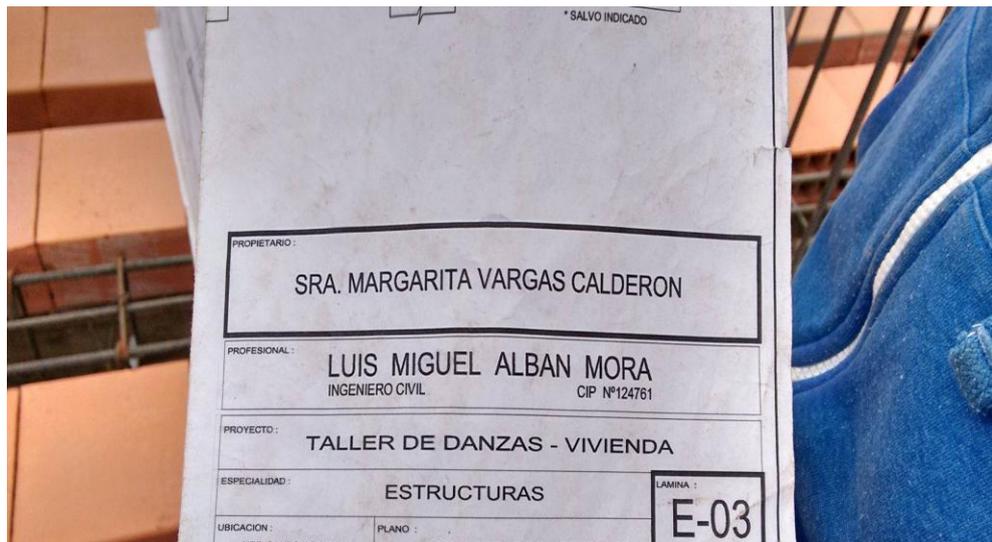


Supervisando las actividades de los obreros, identificando las actividades productivas, contributorios y no contributarios.



Supervisando las actividades de los obreros, identificando las actividades productivas, contributivos y no contributarios en la edificación.





Planos de estructuras de la edificación unifamiliar.



Vivienda unifamiliar donde se realizó la parte empírica de la investigación