

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**"Aplicación de la filosofía Lean Construction para mejorar la
productividad de las obras de edificaciones en la Ciudad de
Tacna"**

PARA OPTAR:

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. Antony Ever Gilacopa Banegas

Bach. Rider Colque Colque

TACNA – PERÚ

2020

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

**"Aplicación de la filosofía Lean Construction para mejorar la
productividad de las obras de edificaciones en la Ciudad de
Tacna"**

Tesis sustentada y aprobada el 07 de Noviembre del 2020; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE:




Ing. Maria E. Duarte Lizarzaburu

SECRETARIO:



Ing. Alfonso O. Flores Mello

VOCAL:



Ing. Giancarlo J. Machaca Frias

ASESOR:



Ing. Cesar A. Urteaga Ortiz

Declaración Jurada de Originalidad

Yo Antony Ever Gilacopa Banegas, en calidad de tesista de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI N° 70924887 declaro bajo juramento que:

1. Soy autor de la tesis titulada: "**Aplicación de la filosofía Lean Construction para mejorar la productividad de las obras de edificaciones en la Ciudad de Tacna**" que presento para optar al TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, por lo cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro y/o invento.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna. Tacna, 14 de agosto del 2020.

Antony Ever Gilacopa Banegas

Dni N° 70924887

Dedicatoria

A mis seres queridos.

Agradecimiento

Agradecer a Dios por permitir cumplir nuestra meta, y por brindarme la fortaleza y motivación para superar los obstáculos que se nos presentaron a lo largo de los años de estudio.

A mi familia por el amor y el apoyo, que incondicionalmente me brindaron y que me ayudaron a salir adelante, gracias a ustedes estamos superándonos cada día más.

A nuestro asesor de tesis, Ing. Cesar Armando Urteaga Ortiz, por la disposición otorgada para despejar nuestras dudas y el apoyo brindado para la correcta realización de la investigación.

A nuestros docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil que, a lo largo de los años de estudio lograron internalizar en nosotros los conocimientos que sirvieron para nuestra formación profesional.

Declaración Jurada de Originalidad

Yo Rider Colque Colque, en calidad de tesista de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI N° 43640460 declaro bajo juramento que:

1. Soy autor de la tesis titulada: "**Aplicación de la filosofía Lean Construction para mejorar la productividad de las obras de edificaciones en la Ciudad de Tacna**" que presento para optar al TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, por lo cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro y/o invento.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna. Tacna, 14 de agosto del 2020.

Rider Colque Colque

Dni N° 43640460

Dedicatoria

A mis seres queridos.

Agradecimiento

Agradecer a Dios por permitir cumplir nuestra meta, y por brindarme las fortaleza y motivación para superar los obstáculos que se nos presentaron a lo largo de los años de estudio.

A mi familia por el amor y el apoyo, que incondicionalmente nos brindaron y que nos ayudaron a salir adelante, gracias a ustedes estamos superándonos cada día más.

A nuestro asesor de tesis, Ing. Cesar Armando Urteaga Ortiz, por la disposición otorgada para despejar nuestras dudas y el apoyo brindado para la correcta realización de la investigación.

A nuestros docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil que, a lo largo de los años de estudio lograron internalizar en nosotros los conocimientos que sirvieron para nuestra formación profesional.

Índice General

Resumen.....	xv
Abstract.....	xvi
Introducción.....	1
Capítulo I: Planteamiento del Problema.....	4
1.1. Descripción del problema.....	4
1.2. Formulación del Problema.....	7
1.2.1. Problema general.....	7
1.2.2. Problemas específicos.....	7
1.3 Justificación e Importancia de la Investigación.....	7
1.3.1. Justificación teórica.....	7
1.3.2. Justificación metodológica.....	8
1.3.3. Justificación práctica.....	9
1.3.4. Justificación social.....	9
1.3.5. Justificación económica.....	10
1.4. Objetivos.....	10
1.4.1. Objetivo general.....	10
1.4.2. Objetivos específicos.....	10
1.5. Hipótesis.....	11
1.5.1. Hipótesis general.....	11
1.5.2. Hipótesis específicas.....	11
Capítulo II: Marco Teórico.....	12
2.1. Antecedentes del estudio.....	12
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	12

2.1.2. Antecedentes nacionales.....	17
2.2. Bases teóricas	22
2.2.1. Productividad en la construcción.	22
2.2.2. Evaluación de la productividad de la mano de obra.....	28
2.2.2. Filosofía Lean Construction.	30
2.3. Definición de términos.....	42
Capítulo III: Marco Metodológico	45
3.1. Tipo, nivel y diseño de la investigación	45
3.2. Población y muestra de estudio	46
3.3. Operacionalización de variables.....	48
3.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	49
3.6. Procesamiento y análisis de datos	50
Capítulo IV: Resultados	53
4.1. Selección de actividades constructivas	53
4.2. La productividad de la mano de obra según el nivel general de actividad 54	
4.3. La productividad de la mano de obra según la carta de balance	60
4.3.1. Actividad constructiva de encofrado.	61
4.3.2. Actividad constructiva de acero.	67
4.3.2. Actividad constructiva de vaciado de concreto.....	72
Capítulo V: Discusión	77
5.1. Evaluación de la productividad de la mano de obra	77
5.2. Propuesta de sugerencias para la mejoría de la productividad de la mano de obra.....	81
Conclusiones.....	85
Recomendaciones.....	87
Referencias bibliográficas.....	88
Anexos	94

Índice de Tablas

Tabla 1. Comparación histórica del nivel de productividad.....	06
Tabla 2. Operacionalización de la variable objeto de estudio.....	48
Tabla 3. Subcategorías de los TP, Tc y TNC empleadas para el registro de observaciones en los instrumentos NGA y Carta de Balance	49
Tabla 4. Actividades seleccionadas para la medición de la productividad de la mano de obra	54
Tabla 5. Valores porcentuales del TP, TC y TNC para los diez muestreos realizados.	55
Tabla 6. Promedios absolutos y porcentuales para las tareas TC y TNC registradas	58
Tabla 7. Valores porcentuales de TP, TC Y TNC para el encofrado	63
Tabla 8. Valores porcentuales de TP, TC y TNC de cada obrero de la cuadrilla evaluada para encofrado.	66
Tabla 9. Valores porcentuales de TP, TC y TNC para el acero de refuerzo	68
Tabla 10. Valores porcentuales de TP, TC y TNC de cada obrero de la cuadrilla evaluada para el acero reforzado.	70
Tabla 11. Valores porcentuales de TP, TC y TNC para el vaciado de concreto	73
Tabla 12. Valores porcentuales de TP, TC y TNC de cada obrero de la cuadrilla evaluada para el vaciado de concreto.....	75
Tabla 13. Resumen general según Nivel General de Actividad.....	75
Tabla 14. Resumen general según Carta de Balance.....	77
Tabla 15. Promedios porcentuales de los TP, TC y TNC.....	77
Tabla 16. Valores porcentuales de TP, TC y TNC para las actividades evaluadas por la Carta de Balance	80

Índice de Figuras

Figura 1. La productividad y sus relaciones con el proceso constructivo.	23
Figura 2: Categorías de la productividad de la mano de obra o del trabajo.....	27
Figura 3: Técnicas de medición para la productividad de la mano de obra	29
Figura 4: Esquema del proceso productivo de la filosofía Lean Construction	32
Figura 5: Visión sobre la optimización de la productividad de la construcción en la filosofía Lean Construction	32
Figura 6: Principios de la filosofía Lean Construction.....	33
Figura 7: Modelo del Sistema Último de Planificación de la filosofía Lean Construction.	36
Figura 8: Pasos generales para la aplicación de la Carta de Balance.....	39
Figura 9: Etapas metodológicas cumplidas en el desarrollo de la investigación.....	51
Figura 10: Valores porcentuales de TP, TC y TNC para los diez muestreos realizados.	56
Figura 11: Porcentajes de los tiempos de trabajo - TP, TC y TNC.....	57
Figura 12: Valores porcentuales de las subcategorías de TC	59
Figura 13: Valores porcentuales de las subcategorías de TNC.	60
Figura 14: Valores porcentuales de TP, TC y TNC para el encofrado.....	62
Figura 15: Valores porcentuales de las subcategorías de TC para el encofrado.....	64
Figura 16: Valores porcentuales de las subcategorías de TNC para el encofrado. .	65
Figura 17: Valores porcentuales de TP, TC y TNC de los obreros de la cuadrilla evaluada para encofrado.	66
Figura 18: Porcentajes de TP, TC y TNC para el acero de refuerzo	67
Figura 19: Valores porcentuales de las subcategorías de TC para el acero de refuerzo	69

Figura 20: Valores porcentuales de las subcategorías de TNC para el acero de refuerzo.....	69
Figura 21: Valores porcentuales de TP, TC y TNC de los obreros de la cuadrilla evaluada para el acero de refuerzo.	71
Figura 22: Porcentajes de TP, TC y TNC para el vaciado de concreto	72
Figura 23: Valores porcentuales de las subcategorías de TC para el vaciado de concreto.....	73
Figura 24: Valores porcentuales de las subcategorías de TNC para el vaciado de concreto.....	74
Figura 25: Valores porcentuales de TP, TC y TNC para los obreros de la cuadrilla evaluada del vaciado de concreto.....	75
Figura 26: Comparacion de valores porcentuales de TP, TC y TNC.....	75
Figura 27: Comparacion de valores porcentuales de TP, TC y TNC.....	75
Figura 28: Comparacion de valores porcentuales de TP, TC y TNC.....	75

Índice de Anexos

Anexo 1: Matriz de consistencia.	94
Anexo 2: Formato de registro - Nivel General de Actividad - NGA (Sólo la primera página del instrumento visto que las observaciones llegan hasta el número 400)...	96
Anexo 3: Carta de Balance (Actividad Encofrado en Columnas).	97
Anexo 4: Carta Balance (Actividad Acero).	98
Anexo 5: Carta Balance (Asentamiento de Ladrillos Muro de Soga).	99

Resumen

El presente estudio enmarcado en la disciplina científica de la Ingeniería Civil tuvo como objetivo central Determinar la influencia de la aplicación de la filosofía Lean Construction para mejorar la productividad de las obras de edificaciones de la Ciudad de Tacna y el planteamiento de sugerencias para el mejoramiento de la gestión constructiva y la optimización de la productividad laboral. Para esto se posicionó la investigación en el paradigma positivista y enfoque cuantitativo, con un nivel descriptivo y un diseño de campo no experimental y transversal que recurrió al muestreo no probabilístico intencionado o por conveniencia para la conformación de una muestra de seis actividades constructivas seleccionadas gracias a la aplicación de criterios objetivos y la consulta a los expertos responsables de la obra civil. La técnica de recolección de los datos fue el muestreo del trabajo, realizándose diez muestreos con un promedio de 397 observaciones y con la aplicación de los recursos Lean Construction conocidos como Nivel General de Actividad (NGA) y la Carta de Balance. De este modo, se obtuvieron resultados que apuntan a una productividad laboral promedio de 30,10% para los trabajos productivos (TP), 45,07% para los trabajos contributivos (TC) y 24,83% para las actividades no contributivas (TNC). Adicionalmente, se plantearon sugerencias para la mejora sustancial de la productividad laboral, haciendo especial énfasis en que la aplicación de las herramientas Lean Construction representa en sí mismo un camino andado hacia la optimización de la productividad de la mano de obra y la gestión del proyecto constructivo.

Palabras clave: Filosofía Lean Construction, productividad, mano de obra.

Abstract

The present study framed in the scientific discipline of Civil Engineering had as its main objective to determine the influence of the application of the Lean Construction philosophy to improve the productivity of building works in the City of Tacna and to propose suggestions for the improvement of constructive management and productivity optimization. The present study framed in the scientific discipline of Civil Engineering had as its main objective to determine the influence of the application of the Lean Construction philosophy to improve the productivity of building works in the City of Tacna and proposing suggestions for the improvement of construction management and optimization of labor productivity. For this, the research was positioned in the positivist paradigm and quantitative approach, with a descriptive level and a non-experimental and cross-sectional field design that resorted to intentional non-probabilistic sampling or convenience to form a sample of six constructive activities selected thanks to the application of objective criteria and consultation with the experts responsible for civil works. The data collection technique was work sampling, taking ten samples with an average of 397 observations and with the application of Lean Construction resources known as General Activity Level (NGA) and the Balance Sheet. Thus, results were obtained that point to an average labor productivity of 30.10% for productive jobs (TP), 45.07% for contributory jobs (TC) and 24.83% for non-contributory activities (TNC). Additionally, suggestions were made for the substantial improvement of labor productivity, with special emphasis on the fact that the application of Lean Construction tools represents in itself a path taken towards optimizing the productivity of the workforce and the management of the construction project.

Keywords: Lean Construction Philosophy, productivity, workforce.

Introducción

El sector de la construcción ocupa un lugar preponderante en la economía y desarrollo de cualquier lugar, llámese centro poblado, región o ciudad, y desde siempre ha estado íntimamente relacionado con la expansión urbana, sobre todo en los últimos tiempos, en que el crecimiento acelerado es el común denominador de las urbes que componen la aldea global.

La ciudad de Tacna emplazada en la costa suroccidental del Perú, es un ejemplo muy válido de la anterior afirmación, puesto que esta urbe peruana ha experimentado un fuerte crecimiento económico a lo largo de los últimos años, posicionándose junto a su región en el puesto número cuatro (4) del Índice de Competitividad Regional (INCORE) que “cuantifica la posición relativa de 24 regiones a través de seis pilares: entorno económico, infraestructura, salud, educación, laboral e instituciones” (Sistema Nacional de Evaluación, Acreditación y Certificación de la Calidad Educativa - SINEACE, 2017).

En este informe del SINEACE del año 2017 también se muestran algunos datos relativos a las principales actividades económicas de la región de Tacna, indicándose que el ramo de la construcción ocupa la cuarta posición como actividad económica importante en Tacna, con un aporte del 8% al producto interno bruto de la región (Instituto Peruano de Economía, 2017 citado por SINEACE, 2017), por lo cual se puede deducir que los proyectos constructivos se configuran como un sector económico de relevancia en la ciudad de Tacna, que contribuye significativamente a su crecimiento económico y a la consolidación de sus espacios urbanos.

Precisamente, la ciudad de Tacna se corresponde con el área geográfica que enmarca al caso de estudio seleccionado para el desarrollo de la presente investigación, denotándose que se escogió el proyecto civil denominado Aplicación de la filosofía Lean Construction para mejorar la productividad de las obras de edificaciones en la Ciudad de Tacna.

Conviene entonces destacar que Lean Construcción es una filosofía que se enfoca en la gerencia y en la maximización del valor de cada una de las actividades del proceso productivo, desechando o transformando, todas las tareas que representen retardos o pérdidas en los proyectos. Para lograr esta meta busca implementar un sistema dinámico de planificación de obras, real y factible, que

ofrezca la posibilidad certera de incrementar la efectividad en los métodos de edificación.

En este orden de ideas, el desarrollo de la filosofía Lean Construcción le presta especial atención a dos factores que cumplen un rol fundamental dentro de la evolución de cualquier proyecto civil, a saber: El *diseño de la planificación de la obra*, que debe propender hacia un planeamiento eficaz de todos los elementos del proyecto civil, y el *sistema de monitoreo de la obra*, que garantiza la supervisión adecuada de todas las tareas que se deben implementar para llevar a feliz término el proyecto en cuestión.

Estos dos elementos claves de la filosofía Lean Construcción son responsables de mejorar cuantiosamente la productividad de los procesos constructivos de un proyecto civil y reducir significativamente los desperdicios generados por la edificación de las obras, a través de la aplicación conjunta de un sistema de planificación y control de la obra, fundamentado en una innovadora metodología de acción y en herramientas diseñadas exclusivamente para tales fines.

En este sentido, es importante resaltar que la evaluación de la productividad de la mano de obra que se planteó efectuar mediante los recursos Lean Construction representa el primer paso para la optimización de la productividad, el cual permitió obtener información relevante sobre las conversiones y los flujos de las operaciones constructivas del proyecto "*Mejoramiento de los servicios educativos de la Institución Educativa Manuel A. Odria, Distrito Ciudad Nueva – Tacna*"; y de esta manera elaborar un diagnóstico e identificación de los problemas existentes, en aras de proponer alternativas de mejora que impacten positivamente en la productividad del trabajo, en los lapsos de culminación de la obra y en líneas generales en la optimización de la gestión bajo el enfoque de "construcción sin esperas, sin demoras".

De este modo, se planteó un objetivo general y una serie de objetivos específicos y se elaboró un diseño teórico metodológico para el desarrollo coherente, lógico y científico de la presente investigación cuantitativa – descriptiva que se circunscribe en el campo de la disciplina científica de la Ingeniería Civil. Esto implicó el desarrollo del presente documento a modo de informe empírico que se estructura en cinco capítulos detallados en las siguientes líneas.

El capítulo I se dedica a la presentación de las dimensiones ontológica y epistemológica, mediante la descripción y formulación del problema objeto de

estudio, los objetivos e hipótesis generales y específicos que se configuran en la columna vertebral de la investigación y la justificación construida desde diferentes puntos de vista.

En el capítulo II se desarrollan los referentes teóricos que sustentan el estudio junto con la definición de términos básicos y una breve reseña de las investigaciones previas, que a nivel internacional y nacional forman parte del estado del arte de la línea de investigación abordada. Seguidamente se cuenta el capítulo III del marco metodológico, en el que se detallan los aspectos metodológicos relacionados con el tipo y diseño de la investigación, la naturaleza de la población de estudio y la muestra seleccionada para la respectiva indagación sobre las variables. De igual forma, se exponen las técnicas e instrumentos que sirvieron para la recogida de los datos de interés, con la respectiva herramienta para la evaluación de su validez y confiabilidad; y se cierra con la referencia de las técnicas aplicadas para el procesamiento y análisis de los datos e informaciones recopiladas.

El Capítulo IV sirve para presentar los resultados de la investigación en función de los objetivos planteados, detallándose la propuesta elaborada a partir de la filosofía Lean Construcción para la optimización de la gestión de los procesos constructivos implícitos en las obras de edificaciones de la ciudad de Tacna, en el sur del Perú; y en último lugar se inserta el capítulo VI titulado conclusiones y en el que se indican los acuerdos a los que se llegó después de la evaluación de cada una de las variables.

Capítulo I: Planteamiento del Problema

1.1. Descripción del problema

Tal como se reseñó en epígrafes precedentes, la construcción es uno de los sectores que impulsa de manera acelerada el desarrollo económico de cualquier nación, ya que representa un motor de crecimiento a través de la generación de empleos, el fomento del desarrollo urbano y la optimización de la calidad de vida por la instauración de nuevas infraestructuras. El país suramericano del Perú no escapa de esta realidad, tal como se refleja en los indicadores positivos tabulados en el reporte del Análisis Macroeconómico generado por el Banco Central de Reserva del Perú, cuyas cifras dejan entrever el vertiginoso crecimiento económico del país, gracias en gran parte al efecto dinamizador inyectado por el sector de la construcción (BCRP, 2020).

Cabe destacar que según datos registrados y publicados por el Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú (INEI Perú), las actividades conexas del sector de la construcción alcanzaron el 7,5% en el trimestre de Abril – Mayo – Junio del año 2019, de las cuales, las edificaciones de obras residenciales, centros educativos, clínicas y centros comerciales fueron ejecutadas por el sector privado; mientras que el gobierno, se encargó de llevar a cabo las obras públicas del país (Construye, 2020).

Así mismo, el INEI Perú señaló que la producción a nivel nacional ha sostenido un incremento vertiginoso en los últimos veinte años, alcanzando para el año 2019 un delta de crecimiento de 2,16%. Dentro de este contexto productivo, el sector de la construcción evidenció un importante ascenso acumulado de 1,51%, lo cual es sumamente positivo para las empresas dedicadas a la rama de la construcción. No obstante, este incremento está relacionado sobre todo con el aumento de la producción interna de rubros relacionados con las actividades de construcción, por ejemplo, la producción del rubro del cemento aumentó a 4,65%; pero en lo concerniente a culminación de las obras físicas se reflejan datos de atraso y en las últimas estadísticas se muestra una contracción del avance físico de las obras civiles en un -7,02% (INEI, 2020).

Estos datos muestran que, a pesar del crecimiento económico del sector de la construcción, no todas las obras son culminadas en los lapsos establecidos, de

manera que el avance físico de las obras no siempre corresponde a la planificación gerencial estimada previo al inicio de las mismas. Es por ello, que la Cámara Peruana de la Construcción se trazó como norte, implementar nuevas tendencias que impulsen el desarrollo del sector, para contrarrestar la baja tasa en la ejecución de obras de infraestructura terminadas (CAPECO, 2020).

Persiguiendo este mismo propósito, el gobierno instauró el Plan Nacional de Infraestructura para la Competitividad (PNIC), constituido por cincuenta y dos (52) proyectos a ejecutarse en todo el país durante el año 2020, con una inversión cercana a los 100.000 millones de soles. Estas medidas gubernamentales buscan impulsar la dinámica productiva de las regiones e impactar de forma favorable en los niveles de empleo del sector de la construcción (CAPECO, 2020).

Por consiguiente, resulta imperioso evaluar las condiciones que originan la contracción en el avance físico de las obras de edificaciones, apuntando a la planificación deficiente como una de las posibles causas, ya que según Serpell y Alarcón (2000) las planificaciones que no son exhaustivas y dinámicas comúnmente conducen a inconvenientes en la construcción y generan retrasos en los lapsos de culminación de cada fase del proyecto.

En este punto de la argumentación discursiva, es pertinente acotar que la planificación representa un elemento clave para la culminación exitosa y a tiempo de los proyectos de construcción y por tanto se configura como un valor intangible trascendental dentro de gestión de los proyectos constructivos, ya que permite regular la ejecución global y garantizar que todos los aspectos importantes sean tomados en cuenta para la fijación de los lapsos de las distintas etapas de la construcción.

De modo que el reto que afronta cada gerente de la construcción es el logro de una adecuada planificación para que cada sub proceso del proyecto se realice dentro de los parámetros de calidad, costos y tiempo preestablecidos, a sabiendas de que históricamente el sector construcción representa a grandes rasgos un proceso de producción, en el que existe una entrada de materia prima que es convertida en producto, mediante un patrón de modelo de conversión, que se puede fraccionar en sub procesos (Serpell y Alarcón, 2000).

Sin embargo, muchas veces ocurre que la planificación en el sector de la construcción se elabora de forma intuitiva o sin tomar en cuenta aspectos primordiales de la materia prima, la mano de obra, el modelo de edificación como tal

y las normas de construcción, lo cual ineludiblemente conlleva a dificultades en el cumplimiento de los lapsos y los requerimientos constructivos, así como también, en la generación de costos que no estaban estipulados al inicio de la obra.

Concretamente, en el sector de la construcción de la ciudad de Tacna se incurre en situaciones de fallas en la planificación de proyectos constructivos muy similares a la reseñada en el párrafo anterior, evidencia de esto son las aseveraciones emitidas por Mercedes Ruiz Llanco, Gerente de Desarrollo Urbano de la Municipalidad Provincial de Tacna, en el Correo de Perú, donde manifiesta que uno de los problemas comunes en las construcciones de la ciudad de Tacna, es la informalidad y la edificación sin la debida evaluación técnica, la planificación del proyecto e incluso sin la autorización de la municipalidad (Correo del Perú, 2019).

Tabla 1

Comparación histórica del nivel de productividad.

TIPO DE TRABAJO	LIMA, 2000	LIMA, 2005	TACNA, 2017
TP	28%	30%	41%
TC	36%	44%	34%
TNC	36%	25%	25%

Fuente: Cosi, (2017) Diagnostico y evaluación de los niveles de productividad en la construcción mediante la filosofía lean construction en la ciudad de Tacna, Universidad Privada de Tacna.

Dicho esto, resulta inminente entonces la implementación de cambios significativos en el modo de gestión y planificación de los proyectos de construcción de las empresas que hacen vida en la ciudad de Tacna, en aras de incorporar los valores de productividad, innovación, eficacia, calidad y seguridad a la planificación y ejecución de las obras civiles.

Justamente, para generar estos cambios es indispensable el desarrollo de investigaciones como la presente, que se centró en la medición y evaluación de la productividad de la mano de obra mediante las herramientas Lean Construction, como primer paso para la identificación de los problemas que aquejan los flujos y conversiones de los procesos constructivos del proyecto *Mejoramiento de los servicios educativos de la Institución Educativa Manuel A. Odria, Distrito Ciudad*

Nueva – Tacna, a fin de plantear alternativas para mejorar el desempeño de la mano de obra y así encaminar a la empresa responsable del proyecto hacia nuevas formas organizacionales y nuevos índices de desempeño de las obras civiles, bajo la concepción del modelo de procesos y de la ingeniería concurrente (Glenn, 2007).

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema general.

¿De qué manera influye la aplicación de la filosofía Lean Construction para mejorar la productividad de las obras de edificaciones en la Ciudad de Tacna?

1.2.2. Problemas específicos.

¿Cómo incide la implementación del Nivel General de Actividad de obra en la productividad de las obras de edificaciones de la ciudad de Tacna?

¿De qué forma impacta el Nivel de Carta de Balance de cuadrilla en la productividad de las obras de edificaciones de la ciudad de Tacna?

¿Cuáles son las razones por las cuales se tienen Trabajos Contributorios y No Contributorio mayores al Trabajo Productivo en las obras de edificaciones de la ciudad de Tacna?

1.3 Justificación e Importancia de la Investigación

La valoración de la productividad de la mano de obra mediante la aplicación de la filosofía Lean Construction conlleva a un proceso de revisión, modificación y optimización de la gestión de las obras civiles en la ciudad de Tacna, lo cual representa una exploración del sistema gerencial tradicional en contraste con las herramientas novedosas de la construcción sin demora, sustentada principalmente por la implicación que presenta a nivel social, los beneficios prácticos, su aplicabilidad metodológica y el valor teórico para la sociedad (Hernández , 2010).

1.3.1. Justificación teórica.

Se puede argumentar que los referentes teóricos de la filosofía Lean Construction plantean un sistema de gestión de proyectos de construcción basado en un enfoque moderno y tecnológico, que requiere de la aplicación oportuna de un análisis de los puntos críticos de cada actividad implícita en el proceso productivo; y

por ende, la evaluación coherente y acertada de las fases y etapas que generan retraso, pérdidas, dificultades o imposibilidad de culminación del proyecto de construcción. Este conocimiento resulta muy enriquecedor para el control de las variables intrínsecas al proceso de producción y le otorga un valor agregado al sistema de planificación adoptado.

Por consiguiente, los conocimientos nuevos que se generen en la presente investigación sobre la variable objeto de estudio representan aportes empíricos sumamente valiosos para la línea de investigación, pues validan el desarrollo del estudio y además contribuyen al estado del arte, en relación a la puesta en práctica de las herramientas de la filosofía Lean Construction como Nivel General de Actividad y Carta de Balance para la evaluación de la productividad de la mano de obra y la consecuente optimización de la planificación de los proyectos de construcción que adopten las recomendaciones al respecto.

1.3.2. Justificación metodológica.

Como la filosofía Lean Construction está argumentada bajo la implementación del modelo de la gestión de los proyectos, las herramientas que se consideran para usarse durante el desarrollo de la gestión de construcción, son instrumentos cuantitativos, medibles y dimensionales. De modo que los datos registrados representan un muestreo del trabajo en campo y los resultados aportan una visión real y confiable, sobre las posibles pérdidas, rango de variabilidad y cualquier otro aspecto que defina el comportamiento de las variables que afectan el desarrollo de la construcción.

De esta manera, la filosofía Lean Construction representa en sí una metodología a seguir para la evaluación e implementación de un sistema de gestión que se adecue al esquema de planificación dinámica de los proyectos de construcción y se oriente al cumplimiento de los plazos establecidos en la protocolización. Por consiguiente, el abordaje científico de la filosofía Lean Construction ya cuenta de forma tácita con un aporte desde el punto de vista metodológico.

Por otra parte, el enfoque cuantitativo de la investigación aunado a la aplicación de técnicas e instrumentos de recolección de datos idóneos y el seguimiento de una ruta metodológica ofrece un esquema de trabajo científico que puede servir de referencia para estudiantes y profesionales de Ingeniería Civil, que en el campo

académico tengan bajo su responsabilidad la conducción de alguna investigación en un caso de estudio con características similares, o en el campo laboral, la gerencia de una obra de construcción en la que se pueda desarrollar esta filosofía de trabajo óptimo.

1.3.3. Justificación práctica.

La implementación de la filosofía Lean Construction en el proyecto civil tomado como caso de estudio y en líneas generales, en las obras de las edificaciones de la ciudad de Tacna permitirá en primera instancia conocer los datos relativos a la productividad y procesos constructivos, y en segunda instancia, conducirá a la aplicación de los correctivos pertinentes para el aumento de forma significativa del rendimiento real de la edificación, visto que la adopción de una adecuada gestión de proyectos de construcción influye positivamente en la producción y en el cumplimiento de los lapsos establecidos, favoreciendo así las actividades del sector de la construcción en la ciudad de Tacna.

Todo esto bajo el supuesto de que la planificación de la obra representa el eje neural de todo proceso constructivo, y la implementación de la filosofía Lean Construction debe propender a optimizar los procesos inherentes a las obras, mejorar la fluidez de las tareas, la productividad del sistema gerencial y la rentabilidad total del proyecto de construcción.

1.3.4. Justificación social.

Desde el punto de vista social, con la aplicación de las herramientas de la filosofía Lean Construction en un proyecto civil representativo del sector construcción de la ciudad de Tacna se contribuye a que el recurso humano sea más eficiente y eficaz, generando un mayor control en los procesos constructivos, ya que estos serán más ordenados, dentro de una planificación fácil de adoptar.

En otro orden de ideas, evaluar y mejorar la productividad de la mano de obra puede generar nuevas estructuras para el confort de la población, que sin duda serán los principales beneficiarios. De igual forma, los contratistas y empresas constructoras, aumentarán la capacidad de trabajo, reflejada en obras asumidas al año, porque podrán estructurar sus sistemas de producción de manera óptima.

1.3.5. Justificación económica.

Desde la perspectiva económica se puede argumentar que el desarrollo de un procedimiento que garantice el control de obra, el manejo adecuado de recursos y la reducción de pérdidas y desperdicios representa un importantísimo ahorro económico, ya que se simplifican los procesos mediante la aplicación de las herramientas de la filosofía Lean Construction.

Sin duda, las mejoras que se plantean para reducir los desperdicios, disminuir la pérdida de recursos, evitar malos usos de los insumos y no generar costos innecesarios originan importantes beneficios económicos y una mayor rentabilidad de las empresas constructoras, y en especial de la organización empresarial responsable del proyecto civil que representa el caso de estudio.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general.

Determinar la influencia de la aplicación de la filosofía Lean Construction para mejorar la productividad de las obras de edificaciones de la Ciudad de Tacna.

1.4.2. Objetivos específicos.

Establecer la incidencia de la implementación del Nivel General de Actividad de obra en la productividad de las obras de edificaciones de la ciudad de Tacna.

Definir el impacto del Nivel de Carta de Balance de cuadrilla en la productividad de las obras de edificaciones de la ciudad de Tacna.

Determinar las razones por las cuales se tienen Trabajos Contributorios y No Contributorios mayores al Trabajo Productivo en las obras de edificaciones de la ciudad de Tacna.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general.

H₁: La aplicación de la filosofía Lean Construction influye de manera positiva en la mejora de la productividad de las obras de edificaciones en la Ciudad de Tacna.

H₀: La aplicación de la filosofía Lean Construction no influye de manera positiva en la mejora de la productividad de las obras de edificaciones en la Ciudad de Tacna.

1.5.2. Hipótesis específicas.

Hipótesis específica 1

H₁: La implementación del Nivel General de Actividad de obra incide significativamente en la productividad de las obras de edificaciones de la ciudad de Tacna.

H₀: La implementación del Nivel General de Actividad de obra no incide significativamente en la productividad de las obras de edificaciones de la ciudad de Tacna.

Hipótesis específica 2

H₁: El Nivel de Carta de Balance de cuadrilla impacta positivamente en la productividad de las obras de edificaciones de la ciudad de Tacna.

H₀: El Nivel de Carta de Balance de cuadrilla no impacta positivamente en la productividad de las obras de edificaciones de la ciudad de Tacna.

Hipótesis específica 3

H₁: Los porcentajes de Trabajos Contributorio y No Contributorio son mayores al de Trabajo Productivo en las obras de edificaciones de la ciudad de Tacna.

H₀: Los porcentajes de Trabajos Contributorio y No Contributorio no son mayores al de Trabajo Productivo en las obras de edificaciones de la ciudad de Tacna.

Capítulo II: Marco Teórico

En la búsqueda de la información efectiva y eficaz que sustente el presente trabajo de investigación se recopilaron algunos estudios previos del contexto internacional y nacional, cuya reseña sirve además como marco de referencia para el estudio. A esto se le suma la presentación de las bases teóricas relativas a las variables objeto de estudio y la definición de términos básicos que coadyuvan en una mejor comprensión del tema central de la investigación.

2.1. Antecedentes del estudio

A continuación, se presenta una breve reseña sobre algunas experiencias empíricas desarrolladas a nivel internacional y nacional respecto a la filosofía Lean Construction y su implementación en los proyectos de construcción, sobre todo lo referente al conocimiento, dominio y aplicación de sus herramientas y la valoración de su influencia para el mejoramiento de los procesos constructivos y de la productividad en general.

2.1.1. Antecedentes internacionales.

Se puede iniciar con la cita del investigador Tipan (2018), quien realizó una investigación titulada: Incidencia de variables de caracterización de cultura organizacional en la Filosofía Lean Construction para pequeñas y microempresas constructoras en el Ecuador, y presentada en la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental de la Escuela Politécnica Nacional para optar al título de Ingeniero Civil-Mención Estructuras.

Esta investigación giró en torno al estudio de la relación existente entre la diversidad de variables que caracterizan a la cultura organizacional de empresas pequeñas y microempresas ecuatorianas dedicadas al ramo de la construcción, en aras de adaptar la aplicación de la filosofía Lean Construction al contexto ecuatoriano. Por consiguiente, el investigador Tipan (2018) recurrió a un estudio de corte cuantitativo, descriptivo, con un diseño de campo transeccional, el cual inició con la

conformación de una muestra de 20 gerentes generales de empresas pequeñas y microempresas constructoras ecuatorianas, mediante un muestreo no probabilístico intencionado o por conveniencia.

La técnica de recolección de datos utilizada por Tipan (2018) fue la encuesta con un instrumento de campo diseñado a partir del trabajo previo de González, Solís y Alcudia (2010 citados por Tipan) y luego de la aplicación del protocolo metodológico respectivo se obtuvo que el liderazgo es la principal variable que influencia el clima organizacional de las empresas bajo estudio, visto que el gerente general es el responsable del 70% de los procesos de planificación y control de los proyectos de edificaciones. Por ende, se seleccionó la herramienta Last Planner para modificar la gestión y disciplina laboral, diseñándose un manual de adaptación de la susodicha herramienta de la filosofía Lean Construction que instruya a los gerentes generales y sus equipos de apoyo. En último lugar, se elaboraron organigramas acordes a la gestión organizacional de la pequeña y microempresa ecuatoriana dedicadas a las actividades conexas de la construcción.

Como otro estudio empírico se encuentra la tesis de pregrado elaborada por Garnica (2017) y titulada: Diseño de metodología integral orientada a la gestión de proyectos de construcción civil empleando la herramienta Building Information Modeling (BIM). Caso: vivienda unifamiliar, la cual fue presentada ante la Facultad de Ingeniería de la Universidad Metropolitana para optar al título de Ingeniería Civil y respondió al objetivo general de diseñar e integrar el modelo Building Information Modeling (BIM) a la metodología de Gestión de Construcción Eficiente (GCE) aplicada en un proyecto de construcción de una vivienda unifamiliar.

Para la consecución de los objetivos planteados, Garnica (2017) desarrolló una investigación sustentada en el enfoque cualitativo y en los niveles descriptivo y explicativo, a través de un diseño de campo y de una muestra no probabilística que se conformó con 53 sujetos afiliados a la Cámara Venezolana de Construcción y por ende considerados expertos por estar involucrados en empresas relacionadas con el ramo de la construcción.

El procesamiento de datos obtenidos en las entrevistas a expertos reflejó una fuerte inclinación en el uso del Project Management Body of Knowledge (PMBOK) y de la filosofía de Lean Construction, lo cual condujo a un diseño tridimensional de la metodología Gestión de Construcción Eficiente (GCE) sustentada en las variables de alcance, calidad y recursos humanos del PMBOK para la fase de ingeniería

conceptual, básica y de detalle y en los métodos Lean Construction y Last Planner para la fase de ejecución del proyecto de construcción. Por otra parte, la investigación de Garnica (2017) aportó como conclusión general, sobre la imperiosa necesidad de prestarle atención a la capacitación del recurso humano que está involucrado en el proyecto de construcción de la vivienda, incluyendo al personal responsable de la dirección de la obra.

Siguiendo el orden cronológico se puede referir el trabajo de Villamizar y Ortiz (2016), que lleva por título: Implementación de los principios de Lean Construction en la constructora Colproyectos S.A.S. de un proyecto de vivienda en el Municipio de Villa del Rosario y que fue presentado en la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales de la Facultad de Ingeniería Físico Mecánica de la Universidad Industrial de Santander, para optar al título de Especialista en Evaluación y Gerencia de Proyectos.

Se trata de una investigación descriptiva, cuyo objetivo se centró en la adopción de la metodología Lean Construcción para la obra ARBORETTO de la constructora Colproyectos S.A.S. con la finalidad de optimizar el desarrollo constructivo de las diversas etapas que conforman la planificación. En este sentido, Villamizar y Ortiz (2016) se plantearon la realización de un análisis sobre las herramientas gerenciales que aporta esta metodología, valorando el desempeño de los lapsos de culminación de las actividades. De igual forma, efectuaron el estudio de la herramienta Layout (Logística Interna de Obra), teniendo en cuenta la ubicación de cada detalle en la obra, todo esto con la finalidad de determinar los tiempos de cada actividad a partir del mejoramiento de los rendimientos y el consumo de mano de obra.

En cuanto a la población de estudio, ésta se correspondió con 150 personas vinculadas laboralmente a la constructora Colproyectos S.A.S, las cuales ocupaban cargos administrativos y operativos. De esta población se seleccionó una muestra intencionada de 92 individuos que se encontraban ejerciendo funciones en el proyecto Oporto y se distribuyeron de la siguiente manera: Dos (2) Ingenieros un Civiles, un (1) Ingeniero de Calidad, un (1) profesional en Salud Ocupacional, nueve (9) contratistas y ochenta (80) oficiales y ayudantes de construcción.

Los investigadores en cuestión recopilaron la información de interés a través de una búsqueda documental en los archivos proporcionados por la empresa Colproyectos S.A.S. y un instrumento de recolección de datos diseñado especialmente para identificar las fallas en logística, programación de obra,

cumplimiento de actividades, con la intención de lograr conocer las falencias que se pueden presentar en la obra sujetas a posible intervención en la planeación.

Como resultados, este estudio estableció de manera concluyente que, en la región analizada, las diversas empresas constructoras que están desarrollando proyectos habitacionales y que, a su vez, contemplan dentro de su filosofía de trabajo la implementación de las herramientas Lean Construction, muestran una importante reducción en el tiempo de ejecución de obra, reflejado en la disminución de las actividades que no representan valor para la edificación. De esta manera, mejora la inversión, la calidad del producto final, se reducen los costos por pérdida, se disminuye la afectación por accidentes de trabajo y la empresa alcanza utilidades mucho mayores, que cuando se implementa el sistema gerencial tradicional en la construcción (Ortiz L., 2016).

Otra investigación que se puede reseñar es la tesis de maestría de Adrianzén (2015), titulada: Propuesta de un método de planificación basada en los principios construcción sin desperdicio, en la obra civil de Tipo Comercial Centro Integral Torre Avelino, ubicada en la Ciudad de Valencia, Estado Carabobo, la cual fue presentada en el Área de Estudios de Postgrado adscrita a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo, para optar al título de Magister en Gerencia de Construcción.

Esta investigación tuvo como propósito la elaboración de un diagnóstico sobre la planificación empleada para la ejecución de los procesos constructivos requeridos en la obra civil denominada Centro Integral Torre Avelino, a objeto de proponer un método de planificación basado en los principios de la filosofía de construir sin desperdicio que condujera a la mejoría de la productividad y a la optimización de los tiempos de entrega de la construcción; así como también, el aumento de la confiabilidad de la planificación del proyecto de construcción en cuestión.

De modo que el estudio de Adrianzén (2015) se enmarcó en un diseño de campo, no experimental y de tipo descriptivo, que contempló la conformación de una población finita de siete sujetos que fungían como responsables de la planificación y ejecución de la obra civil en cuestión. Así mismo, la investigadora empleó como técnicas de recolección de datos a la observación participante y la encuesta mediante una guía de observación y un cuestionario respectivamente.

En lo referente al procesamiento de los datos se aplicó un análisis estadístico descriptivo y se organizó la información cuantitativa y cualitativa recopilada en tablas, gráficos y figuras, llegando a resultados que se resumen en: - Fallas de coordinación en el seguimiento y control de los procesos constructivos; - Bajos niveles de calidad, y - Altos grados de incertidumbre en la construcción del Centro Integral Torre Avelino. Estos resultados condujeron a que Adrianzén (2015) elaborara una propuesta que incluyó lo siguiente: - Promoción de compromiso organizacional para el apoyo y motivación del personal hacia la mejora continua de su trabajo, tanto de forma individual como colectiva; - Capacitación del personal para la comprensión de la cultura Lean Construction; - Programación de actividades mediante el filtrado de aquellas tareas que fueron identificadas con restricciones; - Determinación de dos variables importantes, a saber: El porcentaje de actividades completadas (PAC) que indica si la planificación desarrollada fue o no acertada y las razones de no cumplimiento (RNC) que detecta las causas que impidieron tener una planificación efectiva.

Por último, el investigador Brioso (2015) realizó un estudio titulado: El análisis de la construcción sin pérdidas (Lean Construction) y su relación con el Project Construction Management, propuesta de regulación en España y su inclusión en la Ley de la Ordenación de la Edificación, para el Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónica de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid de la Universidad Politécnica de Madrid, para optar al título de Doctor.

El trabajo se basó en la filosofía de la construcción sin pérdida para el desarrollo de un sistema gerencial de construcción, en base a la realidad encontrada en el sector tomado como caso de estudio. Todos los esfuerzos estuvieron orientados a la maximización del valor de cada una de las actividades desempeñadas y la disminución de las pérdidas tangibles e intangibles, en el proyecto, para lograr así el punto de equilibrio entre todos los involucrados en la construcción.

La investigación inició con el diagnóstico de los indicadores establecidos en la Ley de Ordenación de la Edificación (LOE) y el análisis de los controles de seguridad y de salud, que deben ponerse en práctica desde la fase de diseño del proyecto y mientras dure su ejecución en obra, encontrándose que dentro de la Ley de Ordenación de la Edificación no existe regulación específica en torno a las herramientas básicas que se involucran en la filosofía Lean Construction. Adicional a esto, se comprobó que en la Ley no existe la figura de especialista en Lean Construction, pero si se verificó que existen formatos en la empresa privada que se

protocolizan para el control de la obra y que pueden ser utilizados como una estrategia de implementación de la filosofía Lean Construction.

De manera concluyente y categórica, el estudio evidenció que existe una alta demanda en la aplicación de la filosofía Lean Construction motivado a todos los beneficios que trae consigo su implementación. Por tanto, el investigador insiste en que resulta muy pertinente la regulación legal de las herramientas Lean Construction que sustentan el sistema gerencial en la ejecución de proyectos de construcción, proponiendo además que la conceptualización Lean Construction sea establecida de manera formal dentro de la Ley de Ordenación de la Edificación y así pase a formar parte de la legislación española para el sector de la construcción. Incluso el investigador llega a proponer que los tribunales puedan diligenciar responsabilidades entre los especialistas de Lean Construction y el recurso humano que se contrate para un determinado proyecto.

Finalmente, este estudio arrojó que por medio del uso de la Norma ISO 21:500, la filosofía Lean Construction y el sistema Project&Construction Management, son totalmente compatibles e incluso se pueden complementar. Por todo lo antes expuesto se considera que resulta técnicamente procedente la regulación de la implementación de la filosofía Lean Construction dentro de la Ley de Ordenación de la Edificación de España (Brioso, 2015).

2.1.2. Antecedentes nacionales.

Para el contexto peruano se puede citar el estudio reciente desarrollado por Paredes (2019) y titulado: Aplicación de la filosofía Lean Construction para mejorar la productividad en obras de edificación de la Ciudad de Trujillo; que fue presentado ante la Escuela de Postgrado de la Universidad Cesar Vallejo para optar al grado académico de Maestro en Ingeniería Civil con mención en Dirección de Empresa de la Construcción.

Esta investigación se posicionó en el enfoque cuantitativo y se ciñó al nivel descriptivo y a un diseño cuasi experimental transversal que definió la aplicación de un muestreo no probabilístico por conveniencia para la conformación de una muestra de nueve sujetos trabajadores del proyecto multifamiliar La Torre de San Francisco, los cuales se distribuyeron en dos grupos: - Un grupo experimental constituido por un

Ingeniero Residente de Obra, un Asistente de Obra y un Ingeniero de Producción; y - Un grupo control integrado por dos Maestros de Obra, un Capataz y tres Jefes de Cuadrilla.

Los datos e informaciones de interés para el estudio se recolectaron a través de dos técnicas: la observación de campo y una encuesta estructurada en un cuestionario de diecisiete preguntas que se le aplicó a la muestra ya descrita. Entre los resultados encontrados por Paredes (2019) destaca la verificación de que la aplicación del sistema gerencial basado en la filosofía Lean Construction es efectiva. En este sentido, el investigador concluyó que la utilización de las herramientas del Nivel General de Actividad de obra, la Carta de Balance y la Prueba de los Cinco Minutos de Lean Construction influye de manera positiva en la productividad de las obras en la ciudad de Trujillo.

En cuanto a los resultados arrojados por los grupos muestrales, se considera pertinente reseñara los obtenidos para el grupo experimental, puesto que más del 50% del personal técnico implementó las herramientas de la filosofía Lean Construction, corroborando que el uso de este sistema de gestión regula la planificación y el control de la obra. Por otra parte, el análisis de los datos cuantitativos aportó valores muy favorables, concretamente las variables de Trabajo Productivo y Trabajo Contributivo aumentaron en un 60% y 63% respectivamente sumado al comportamiento de la variable Trabajo No Contributivo que disminuyó en un 63% (Paredes, 2019).

Otra investigación que se puede especificar es la tesis de pregrado de Flores y Ramos (2018) titulada: Análisis y evaluación de la productividad en obras de construcción vial en la ciudad de Arequipa, y presentada en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Agustín para optar al título de Ingeniería Civil. Este trabajo de investigación se orientó bajo el objetivo de estudiar y valorar la productividad de las obras de construcción en la ciudad de Arequipa y plantear propuestas de mejoras sustentadas en la filosofía Lean Construction.

Así que la investigación desarrollada por Flores y Ramos (2018) para abordar el problema objeto de estudio fue de tipo explicativo y con un diseño cuasi experimental de corte transversal, empleándose un muestreo no probabilístico y por conveniencia que conllevó a la conformación de una muestra de diez (10) proyectos de construcción que se encontraban en ejecución durante el lapso de la investigación.

Esta muestra representativa fue objeto de tres técnicas de recolección de datos, por un lado la observación no participante de los procesos constructivos y componentes contemplados en la filosofía Lean Construction; y por otro lado, la recopilación documental de información sobre los proyectos de construcción bajo estudio y la aplicación de dos tipos encuestas: la encuesta de confirmación y la encuesta de investigación, mediante tres cuestionarios, el primero de estos diseñado con preguntas abiertas y aplicado a los ingenieros residentes de obra de los proyectos de construcción en cuestión y los otros dos cuestionarios, contentivo de preguntas cerradas para la respectiva recogida de información a partir de ingenieros miembros del Staff y maestros de obras.

Una vez cumplida la recolección, tratamiento y análisis de la información, Flores y Ramos (2018) determinaron un nivel medio de productividad de 27,7% para las obras de infraestructura vial de la zona urbana de la ciudad de Arequipa, aunado a una relación inversa entre el trabajo contributorio y el nivel de industrialización, demostrado en las siguientes cifras: 30% de trabajo contributorio para el premezclado de concreto, 39% de trabajo contributorio para el preparado de concreto con mezcladora; 38% de trabajo contributorio para el encofrado metálico y 47% de trabajo contributorio para el encofrado de madera.

En cuanto al conocimiento y aplicación de las herramientas de la filosofía Lean Construction sólo dos de los 10 proyectos de construcción valorados evidenciaron el manejo de conocimientos claros por parte el equipo ingenieril responsables de las obras, cuestión que motivo a los investigadores a realizar una campaña de difusión y capacitación de la filosofía Lean Construction dirigida a los ingenieros residentes de obra y miembros del Staff de los proyectos de construcción en cuestión.

También se considera relevante el estudio desarrollado por Arévalo (2018) y titulado: Implementación de la metodología Lean Construction en la productividad de la construcción del proyecto casa club recrea las Magnolias-Breña, el cual fue presentado por el investigador en la Escuela Universitaria de Posgrado de la Universidad Nacional Federico Villarreal para optar al grado académico de Maestro en Gerencia de Proyectos de Ingeniería.

En esta investigación se buscó analizar la influencia de la filosofía Lean Construction en la mejoría de la productividad del proyecto de construcción Casa Club Recrea Las Magnolias, mediante un estudio cuantitativo, descriptivo y con diseño experimental y transversal, que se fundamentó en un muestreo probabilístico aleatorio

para la configuración de una muestra de porcentaje de cumplimiento de tareas, cuyo seguimiento fue de 17 semanas.

La técnica de recolección de datos aplicada fue la observación que empleó como instrumentos de campo a diferentes herramientas de la filosofía Lean Construction, entre estas la Carta de Balance. En lo referente al procesamiento de datos, éste se realizó a través de cálculos de estadística descriptiva e inferencial con el uso del programa Microsoft Excel.

De este modo, Arévalo (2018) obtuvo un valor de $t=2.00$ (distribución “t” de Student) y rechazó la hipótesis nula, concluyendo que en efecto la filosofía Lean Construction influye significativamente en la mejoría de la productividad del proyecto de construcción Casa Club Recrea Las Magnolias. Además, el estudio determinó que las tres actividades que representan etapas críticas en la productividad son el concreto, el acero y el encofrado y los resultados alcanzados con la aplicación de la Carta de Balance condujeron a la conclusión de reducir la mano de obra de 6 obreros a 5 obreros para mejorar el rendimiento de 1,42 a 1,41 HH/m³.

En la misma línea de investigación se reseña el estudio de Quispe (2017) que lleva por título: Aplicación de Lean Construction para mejorar la productividad en la ejecución de obras de edificación, Huancavelica, 2017, y que fue presentado en la Escuela de Postgrado de la Universidad Cesar Vallejo para optar al grado académico de Maestro en Ingeniería Civil con mención en Dirección de Empresa de la Construcción.

El objetivo general de este estudio se centró en el análisis de la influencia de la aplicación de las herramientas de la filosofía Lean Construction para el mejoramiento de la productividad de las obras civiles en la zona de Huancavelica. A tales efectos, Quispe (2017) empleó un estudio de tipo explicativo y diseño cuasi experimental - transversal, que inició con la conformación de una muestra no probabilística por conveniencia de 12 sujetos que se distribuyeron de la siguiente manera: - Grupo experimental: dos residentes de la obra, dos asistentes de los residentes de obra y dos ingenieros que trabajan en el área de producción; - Grupo control: dos maestros que tienen la responsabilidad de la obra y cuatro capataces.

Para la recolección de los datos se aplicó una encuesta estructurada con un cuestionario de veinte preguntas al grupo experimental y al grupo de control respectivamente. De igual forma, se realizó la observación de campo y el análisis de

la documentación protocolar de la obra. Entre los resultados arrojados por la investigación, se determinó que la aplicación de la herramienta de Nivel General de Actividad de obra presentó una influencia significativa dentro de la productividad, durante todo el año 2017 en la ejecución de las obras de edificación en Huancavelica (Quispe, 2017).

Adicionalmente, Quispe (2017) logró analizar las otras herramientas de la filosofía Lean Construction en el proceso de construcción y comprobó que la aplicación del Nivel de Carta de Balance de Cuadrilla y la Prueba de Cinco Minutos también influyeron de manera positiva en la productividad de la ejecución de las obras civiles en Huancavelica en el año 2017.

En último lugar se tiene la investigación de Ortega (2017) titulada: Aplicación de los conceptos de la Filosofía Lean Construction para mejorar la productividad de pavimentos rígidos, y presentada en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán para optar al título de Ingeniería Civil. Esta investigación se orientó a la demostración de que la aplicación de la filosofía gerencial de Lean Construction puede aumentar la productividad en las construcciones, recurriendo a la comparación entre los resultados obtenidos con el enfoque de Lean Construction y los resultados alcanzados en construcciones realizadas con la metodología tradicional.

A tales efectos, el estudio de Ortega (2017) fue de tipo explicativo con diseño cuasi-experimental y transversal; que además aplicó un muestreo no probabilístico que permitió la conformación de una muestra de siete obreros. El análisis de los resultados presentado permitió afirmar que el personal humano que integra la cuadrilla de trabajo presenta un alto porcentaje de trabajo no contributivo, que desfavorece los niveles de productividad de la construcción.

Así mismo, una de las actividades que evidenció retrasos en la ejecución de los procesos fueron los vaciados de concreto, ya que el estudio arrojó que mientras la mezcladora se carga de concreto se generan tiempos de ocio en la cuadrilla de los trabajadores, lo cual repercute desfavorablemente en la productividad de la mano de obra, cuestión que se confirmó con el análisis cuantitativo, que determinó que dos de los siete obreros son completamente improductivos. Los otros cinco obreros presentan un buen índice de trabajo productivo, pero tienen a su vez un alto porcentaje de trabajo no contributivo, que oscila entre el 23% al 47%.

De manera concluyente, estos resultados indican que se debe optimizar la partida económica de la mano de obra, reduciendo el número de trabajadores que no aportan valor. Hay evidencias concretas, de que con sólo cinco personas ajustados a un procedimiento adecuado, se puede realizar la ejecución de las edificaciones pautadas. De esta manera se logró aumentar de forma significativa la productividad de la obra de estudio, disminuyendo las horas hombres invertidas (Ortega, 2017).

2.2. Bases teóricas

En esta sección se desarrollan las nociones teóricas – conceptuales relacionadas con la variable objeto de estudio, a fin de proporcionar una sustentación teórica sobre sus dimensiones e indicadores. En este sentido, el esquema desarrollado incluye a grandes rasgos los constructos y teorías sobre la productividad de la mano de obra en la construcción y hace especial énfasis en la filosofía Lean Construction, cuyas herramientas sirven para la evaluación de la productividad de la mano de obra y la respectiva incorporación de mejoras al proceso constructivo.

2.2.1. Productividad en la construcción.

Antes de abordar el tema de la productividad en el sector de la construcción se considera acertado hacer mención de algunas de las definiciones de este término a modo de fundamentación teórica, a sabiendas que en el corpus teórico existen variadas conceptualizaciones sobre la productividad, cuestión que fue confirmada por los investigadores Shehata y El-Gohary (2011), quienes efectuaron una revisión documental sobre el constructo de la productividad y llegaron a la conclusión de que “no hay una definición estándar de productividad” (Shehata y El-Gohary, 2011, p. 329).

Por consiguiente, entre las definiciones consultadas se puede citar la aportada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México (INEGI-México) que concibe a la productividad como “una medida de la eficiencia con que se utilizan y combinan los factores productivos y los insumos para producir una determinada cantidad de bienes y servicios” (INEGI -México, 2015, p. 9).

También existe otra conceptualización utilizada por Tsutsumi (2017), en la que se define a la productividad como “la relación entre la producción o avance obtenido de la operación (salidas u outputs), y la materia prima usada para obtener dicha

producción (entradas o inputs)” (Tsutsumi, 2017, p. 33), todo lo cual apunta a que la productividad representa un constructo muy pertinente para valorar la eficiencia de los procesos productivos en términos que relacionan la producción con los insumos requeridos para dicha producción.

En el campo de la construcción resulta muy útil la aportación que hacen Mejía y Hernández (2007) a pesar de que la fecha de publicación de su artículo científico es de larga data, ya que estos autores destacan que en el ámbito de los proyectos constructivos la productividad siempre se encuentra en función “de sus procesos; de sus recursos materiales y de sus equipos” (Mejía y Hernández, 2007, p. 47), configurándose como “un indicador importante del desarrollo constructivo, ya que relaciona intrínsecamente diversos factores claves que inciden directamente sobre el desempeño de los procesos, como la calidad, la seguridad, el costo, el tiempo, la planeación y el control” (Mejía y Hernández, 2007, p. 47), considerándose oportuno la inclusión de la figura 1 que ilustra esta afirmación.

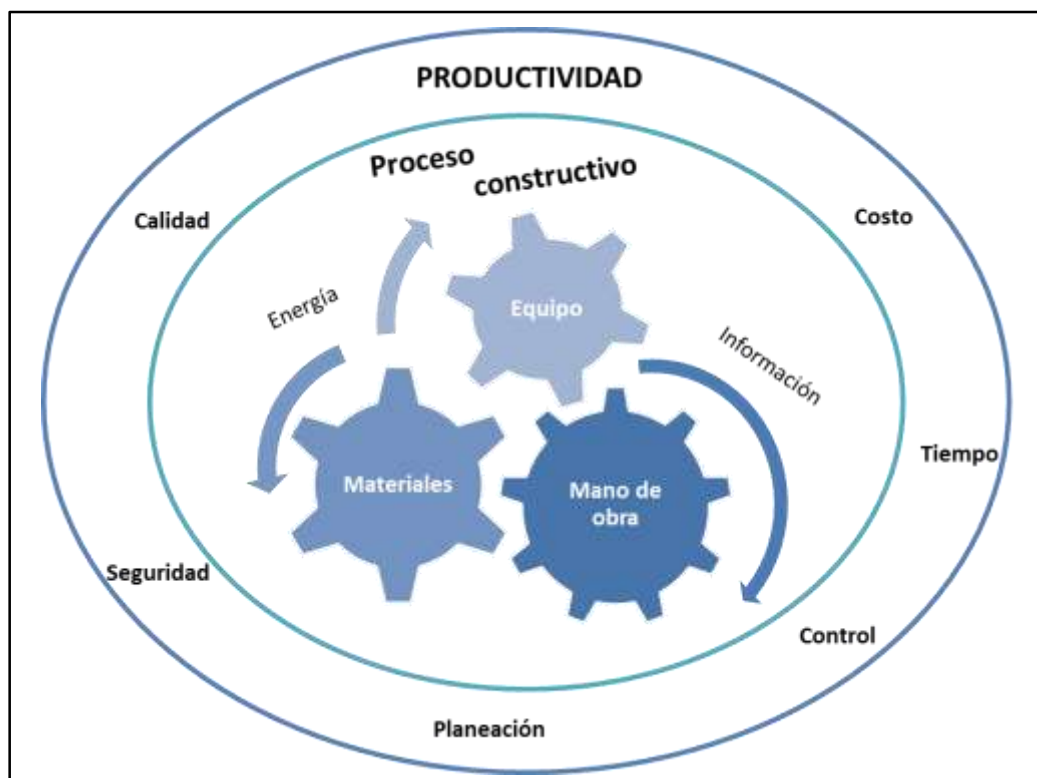


Figura 1. La productividad y sus relaciones con el proceso constructivo (Elaborado a partir de Mejía y Hernández, 2007).

Es de notar que en la figura 1 se mencionan los componentes del proceso constructivo que determinan la productividad de un proyecto de construcción, desde los materiales, equipos y mano de obra que actúan como factores productivos e insumos hasta las políticas de seguridad y calidad que deben ser implementadas dentro del sistema de gestión y sumarse a la planeación y control de los procedimientos para minimizar los tiempos y costos del proyecto de construcción y por ende favorecer la productividad del mismo (Mejía y Hernández, 2007).

2.2.1.1. Tipos de productividad en la construcción.

En el corpus teórico del tema central de la investigación existe una categorización general de la productividad en función precisamente de los factores de producción, de esta manera la productividad puede ser clasificada grosso modo en: - Productividad de los equipos, - Productividad de los materiales y - Productividad en la mano de obra (Kuong, 2014 citado por Mercado y Ruiz, 2018).

Según Arcaya y Mamani (2019), de las tres anteriores categorías de productividad, la que deviene de la mano de obra representa “un factor crítico, ya que es el recurso que generalmente fija el ritmo de trabajo en la construcción y del cual depende, en gran medida, la productividad de los otros recursos” (Arcaya y Mamani, 2019, p. 23).

Por otra parte, Caldera (2015) expone otras categorías de productividad que pueden ser calificadas en función de su nivel de generalización, así que desde el marco más amplio existe la categoría de la *productividad de la industria*, luego le sigue la *productividad de la obra* y por último se denota la *productividad laboral o de la mano de obra*, las cuales se describen brevemente en los siguientes párrafos:

La categoría de la *productividad de la industria* comúnmente se mide en términos monetarios y sirve para evaluar la producción del sector de la construcción en general, siendo muy útil además para “analizar el progreso, o retroceso, de la industria de la construcción a lo largo del tiempo [...] y así poder proyectar el costo y beneficio que tendrán futuras obras” (Caldera, 2015, p. 17). También se emplea la *productividad de la obra*, que es una categoría mucho más específica que la anterior porque se enfoca a valorar la productividad de las obras o proyectos de construcción “en términos de costos totales, plazos, cambios en costos, horas hombre invertidas y otros factores” (Caldera, 2015, p. 17).

En último lugar, se presenta la *productividad laboral* que es la de mayor especificidad puesto que trata la productividad de la mano de obra productividad del trabajo en un grupo de tareas específicas o en una actividad concreta del proceso constructivo, ésta se reporta como “el indicador usualmente utilizado por contratistas o subcontratistas para evaluar la eficiencia de su fuerza laboral de manera diaria o semanal, para así detectar problemas en el proyecto o planificación a tiempo y así poder mejorarlos” (Caldera, 2015, p. 17), por lo tanto representa la categoría de interés para los fines de la investigación.

2.2.1.2. Productividad de la mano de obra en construcción.

La productividad de la mano de obra también se puede encontrar en la literatura académica bajo la denominación de productividad del trabajo o productividad laboral y según el INEGI –México (2015) es “la relación entre la producción obtenida o vendida y la cantidad de trabajo incorporado en el proceso productivo en un periodo determinado” (INEGI-México, 2015, p. 1).

Otra definición mucho más específica de la productividad de la mano de obra es la propuesta en la publicación científica de Mejía y Hernández (2007) en la que se define como “la cantidad de obra ejecutada por un hombre o una cuadrilla claramente definida, en un período de tiempo” (Mejía y Hernández, 2007, p. 47).

Estas dos definiciones muestran claramente el peso que tiene el trabajo o la mano de obra dentro del sector de la construcción, llegando a ser considerada como el factor productivo de mayor importancia, visto su influencia en el rendimiento del resto de los recursos e insumos (Arcaya y Mamani, 2019), lo cual amerita por parte de los gerentes de los proyectos civiles el mantenimiento de una continua evaluación, supervisión y mejora de todos aquellos aspectos que sean considerados necesarios para la gestión eficiente de la mano de obra.

Ahora bien, desde un punto de vista más pragmático y partiendo de datos empíricos, Gómez y Morales (2016) aseveran que en líneas generales “el sector de la construcción [...] presenta porcentajes de trabajo productivo de cerca del 40%, el tiempo restante se ve invertido en la realización de actividades de desarrollo y apoyo de la actividad principal” (Gómez y Morales, 2016, p. 23); es decir, que alrededor del 60% del trabajo en los proyectos constructivos se destina hacia los flujos y actividades

de apoyo y no hacia las operaciones de conversión que representan la verdadera producción de los procesos constructivos.

Este porcentaje elevado de actividades no productivas de los proyectos constructivos “es considerado como una pérdida” (Gómez y Morales, 2016, p. 23) pues conllevan a gastos de recursos e insumos que no se traducen en productos y por tanto afectan la productividad en general de la obra, reiterando entonces la obligatoriedad de desarrollar estrategias dirigidas a la maximización del trabajo productivo de la mano de obra para favorecer el esquema de producción de las empresas constructoras.

2.2.1.2.1. Componentes de la productividad de la mano de obra.

Atendiendo al hecho de que la productividad de la mano de obra es también entendida como la productividad del trabajo, los autores Santana (1989 citado por Mercado y Ruíz, 2018), Botero y Álvarez (2003 citados por Padilla, 2016) y Arcaya y Mamani (2019) discriminan teórica y pragmáticamente tres categorías a saber: - Trabajo Productivo; - Trabajo Contributivo; y – Trabajo No Contributivo, las cuales son sintetizadas en la figura 2 y desarrollados teóricamente en las siguientes líneas:

- El **trabajo productivo (TP)** “es el proceso en el cual se añade una unidad o componente a lo que está siendo construido” (Brenes, 2014, p. 12) y se puede registrar o medir cuando “se observa que el trabajador realiza un volumen de trabajo por unidad de tiempo” (Brenes, 2014, p. 12).

TP: transforma o forma los materiales o información esta viene hecho a la primera vez, los clientes lo quieren. (producto final).

- El **trabajo contributivo (TC)** reúne todas aquellas actividades “que no necesariamente aportan o agregan un avance de unidad de trabajo a lo que está siendo construido, pero son esenciales para completar el trabajo” (Brenes, 2014, p. 12).

TC: actividades que son creadas, pero no pueden ser eliminadas por que son necesarias.

- El **trabajo no contributivo (TNC)** se refiere a todas aquellas actividades realizadas por los trabajadores que “no son necesarias para completar el producto final” (Brenes, 2014, p. 12).

TNC: consume recursos, pero no agregan valor.

A decir de Elard (2017), estas tres categorías del trabajo desempeñado por la mano de obra (TP, TC, TNC) son ampliamente reconocidas en los modelos actuales de planificación y gestión de los proyectos de construcción y específicamente en la filosofía de Lean Construction se agrupan a los TC y TNC como los flujos y el TP como las conversiones, que se interrelacionan entre sí para “producir una unidad de construcción a la que llamamos producto” (Elard, 2017, p. 14).

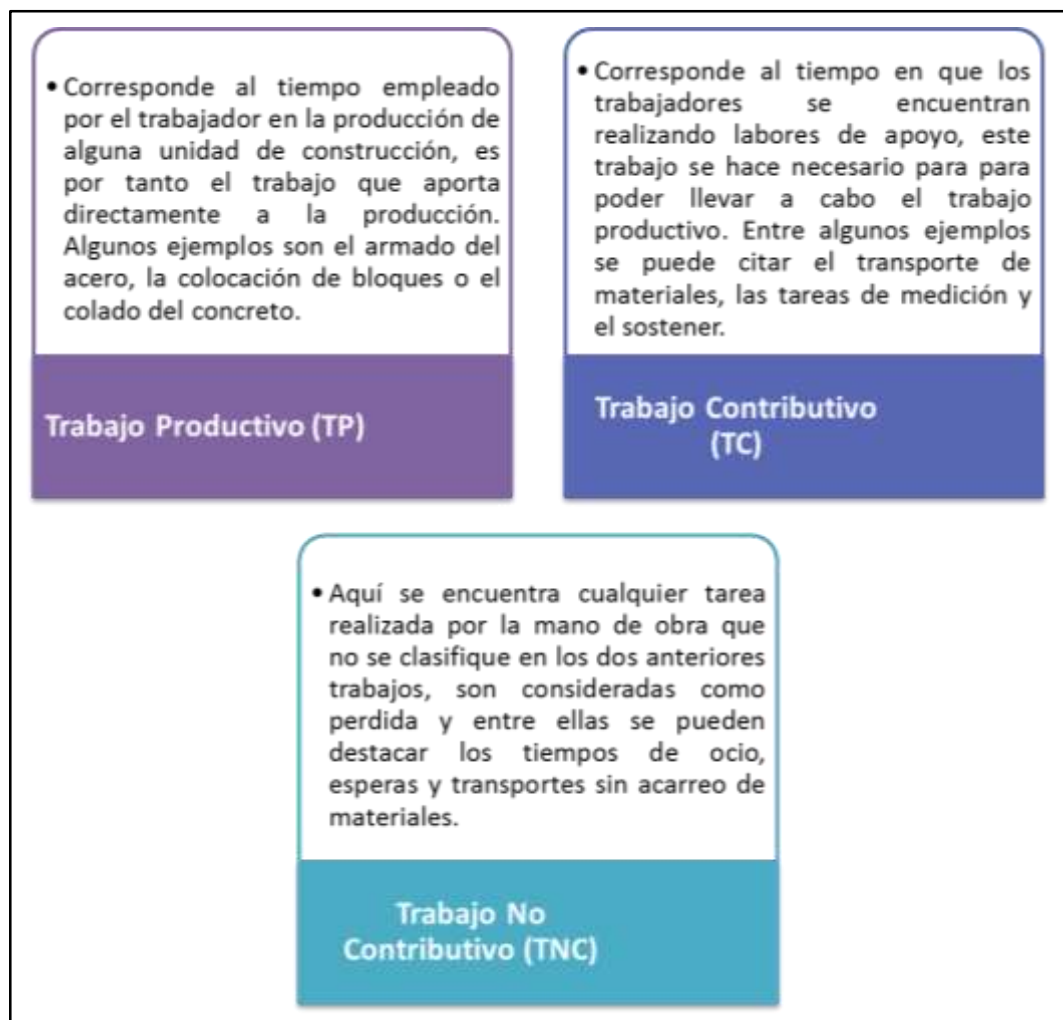


Figura 2: Categorías de la productividad de la mano de obra o del trabajo (Botero y Álvarez, 2003 citados por Padilla, 2016, p. 8).

2.2.2. Evaluación de la productividad de la mano de obra.

De acuerdo a Brenes (2014), la evaluación de la productividad de la mano de obra debería estar implícita en todo modelo de gestión de una obra civil pues ésta garantiza no solo la valoración de los diferentes trabajos y el desempeño de la mano de obra sino además la identificación oportuna de los problemas, dificultades o debilidades que atañen a las actividades incluidas dentro de los procesos constructivos de las obras civiles. Por consiguiente, se han desarrollado varias técnicas para la evaluación de la mano de obra en el sector de la construcción, sobre todo desde el aporte científico – académico, cuya aplicación es sumamente importante para que los gerentes de las empresas constructoras puedan “para darse cuenta el nivel de productividad y analizar en qué se puede mejorar” (Brenes, 2014, p. 12).

2.2.2.1. Técnicas para la evaluación de la productividad de la mano de obra.

Tsutsumi (2017) expone que la medición, valoración y evaluación de la productividad de la mano de obra no es una tarea sencilla, puesto que la aplicación de su fórmula matemática requiere del cálculo del factor productivo laboral en horas-hombre a modo de entrada o input del sistema de producción. Específicamente Tsutsumi (2017) insiste en que la medición de las horas-hombre “puede ser una tarea dificultosa, ya que medir de forma certera en qué emplean el tiempo los trabajadores, y al mismo tiempo no interferir con sus labores, resulta ser muy complicado, costoso y una tarea consumidora de tiempo” (Tsutsumi, 2017, pp. 33-34).

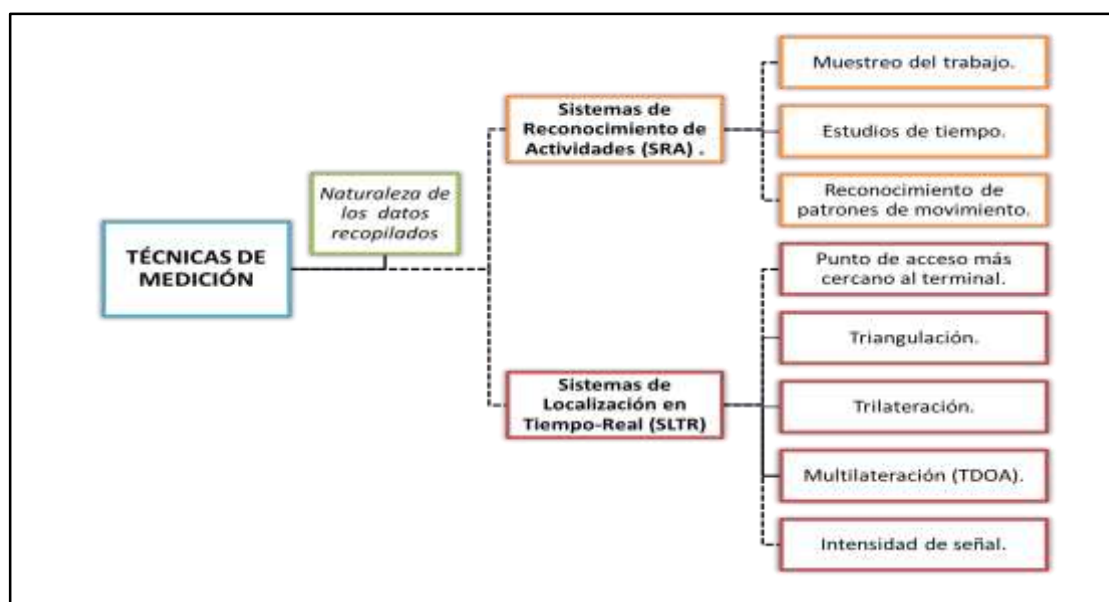


Figura 3: Técnicas de medición para la productividad de la mano de obra (Tsutsumi, 2017).

Visto estas dificultades se han desarrollado varias técnicas para la obtención de los datos necesarios en la medición y evaluación de la productividad de la mano de obra, las cuales son categorizadas por Tsutsumi (2017) de acuerdo a la naturaleza de los datos recogidos en: “Sistemas de Reconocimiento de Actividades (SRA) y Sistemas de Localización en Tiempo-Real (SLTR)” (Tsutsumi, 2017, p. 34) y se esquematizan en la figura 3.

De las técnicas insertadas en la figura 3 solo se abordará en la presente fundamentación teórica, la estrategia de *muestreo del trabajo* por tratarse de la aplicada en la investigación para la valoración de la productividad de la mano de obra del proyecto de construcción tomado como caso de estudio, siendo importante acotar que esta técnica se aplicó para la recopilación de la información de interés a través de los instrumentos o herramientas de la filosofía Lean Construction conocidos como Nivel General de Avance (NGA) y Carta de Balance, los cuales serán detallados también en la sección correspondiente.

2.2.2.1.1. Técnica de muestreo del trabajo.

Como preámbulo conviene destacar que la técnica de muestreo del trabajo (Work Sampling) es un procedimiento que ofrece la posibilidad de obtener resultados sobre las categorías de TP, TC y TNC relativas a los obreros que se desempeñan en un proyecto constructivo, cuestión que le permite a los gerentes de la empresa constructora responsables de la gestión del proyecto civil “tomar conciencia de cómo se distribuye el trabajo dentro del proyecto” (Oglesby, Parker y Howell, 1989 citados por Brener, 2014) e identificar aquellas dificultades o problemas que puedan estar perjudicando la productividad de la mano de obra.

En cuanto al procedimiento de la técnica de muestreo de trabajo se puede referir que requiere de la recopilación de numerosas “observaciones de forma periódica, a trabajadores, máquinas o procesos que estén involucrados en cualquier operación de construcción, durante un período de tiempo determinado, para poder recolectar datos que permitan establecer qué tan productiva es la operación” (Tsutsumi, 2017, p. 35).

Así mismo, el muestreo del trabajo por estar basado en los principios del muestreo estadístico presenta dos condiciones obligatorias, la primera de éstas se relaciona con el tiempo de observación que debe ser corto o limitado y la segunda

concierno al tamaño de la muestra que debe ser pequeño, es decir, debe seleccionarse a un grupo pequeño de trabajadores del proyecto de construcción (Tsutsumi, 2017).

Según los autores que introdujeron esta técnica, Dozzi. y AbouRizk (1993 citados por Tsutsumi, 2017), es indispensable que se realicen un número mínimo de 384 observaciones que de acuerdo a “la teoría del muestreo estadístico corresponde a un error de muestreo del 5% y un nivel de confianza del 95%” (Dozzi. y AbouRizk, 1993 citados por Tsutsumi, 2017, p. 35).

Entre las ventajas comparativas que se cuentan de esta técnica útil para la evaluación de la productividad de la mano de obra en la construcción, Tsutsumi (2017) refiere su simplicidad y bajo costo como las principales, aunadas a que la aplicación de la técnica no causa perturbaciones en las labores que se encuentren desarrollando los trabajadores en el momento de las observaciones y los datos recogidos son de fácil procesamiento en programas digitales.

2.2.2. Filosofía Lean Construction.

Según el Lean Construction Institute (ILC), la filosofía Lean Construction se enfoca hacia la administración gerencial de una construcción, específicamente en el área de la productividad, que se plantea como meta principal la optimización de las tareas mediante la reducción de todas aquellas actividades que le restan valor a la obra civil. Para esto cuenta con herramientas de alto valor que se aplican antes y durante la ejecución de los procesos constructivos y que garantiza un sistema de gestión de calidad que favorece la productividad y minimiza los residuos (ILC, 2020a).

En este sentido la filosofía Lean Construction busca la transformación hacia un modelo o sistema de gerencia orientada en el buen uso de los materiales, mediante un adecuado flujo de recursos que minimice los insumos y aumente la productividad; y que se sustente además en un proceso de mejora continua de la eficiencia y eficacia de los procesos constructivos, en aras de la consecución de resultados finales con una alta calidad (ILC, 2020a).

Según el autor Castillo (2001), la filosofía Lean Construction nació en la industria automotriz y luego fue extrapolada hacia el sector manufacturero en respuesta a las dificultades que aquejaban los sistemas de producción de estas actividades económicas, y luego se consiguió desarrollar su adaptación al sector de

la construcción. Concretamente, los investigadores Porras, Sánchez y Galvis (2014) indican que la filosofía Lean Construction como “enfoque en la gestión de proyectos de construcción fue introducido por el profesor Lauri Koskela en el año 1992 basándose en el modelo empleado por la industria automovilística en los 80” (Porras et al. 2014, p. 32).

Fue así que desde la década de los noventa el modelo de gestión Lean Construction ha ido modificando paulatinamente las prácticas gerenciales de los proyectos constructivos, pasando del esquema tradicional fundamentado en una cadena de producción en la que sólo se considera la conversión de la materia prima en productos finales hasta la perspectiva gerencial moderna en la que se evalúan todos los elementos intrínsecos al proceso constructivo.

En este punto es oportuno acotar que la evolución hacia el modelo gerencial Lean Construction no ha sido un asunto fácil en el sector de la construcción, visto que la complejidad que atañe a esta industria juega en contra para la aplicación efectiva de los principios Lean Production. Para ilustrar mejor, en el sector de la construcción ocurre que cada proyecto es diferente y muchas veces se desarrolla en un ambiente incierto, incluso proyectos similares pueden ser implementados y ejecutados de manera totalmente distinta. Esta gran variabilidad devenida de los múltiples agentes y factores que intervienen en las diversas etapas de los procesos constructivos actúa como limitante a la hora de depurar las formas de trabajo en pro de una mejora general de la gestión productiva.

A pesar de este panorama, la filosofía Lean Construction se está empleando cada vez más en la gestión de los proyectos constructivos, ya que su enfoque de maximización de la productividad mediante la reducción de las pérdidas es muy ventajoso para la consecución de mayores beneficios económicos y el cumplimiento apropiado de la planificación y de los plazos de entrega establecidos.

Sobre todo porque a diferencia del punto de vista tradicional de la construcción, que sólo contempla la conversión como proceso productivo, el enfoque Lean Construction trabaja bajo la concepción de que los procesos constructivos representan “un conjunto de conversiones y flujos interrelacionados, con el fin de producir una unidad de construcción a la que llamamos producto” (Elard, 2017, p. 14), logrando de esta manera detectar las abundantes pérdidas que usualmente se encuentran en la construcción (Ghio, 2001 citado por Elard, 2017). Al respecto se presenta en la figura 4 un modelo gráfico del esquema productivo de la filosofía Lean Construction.

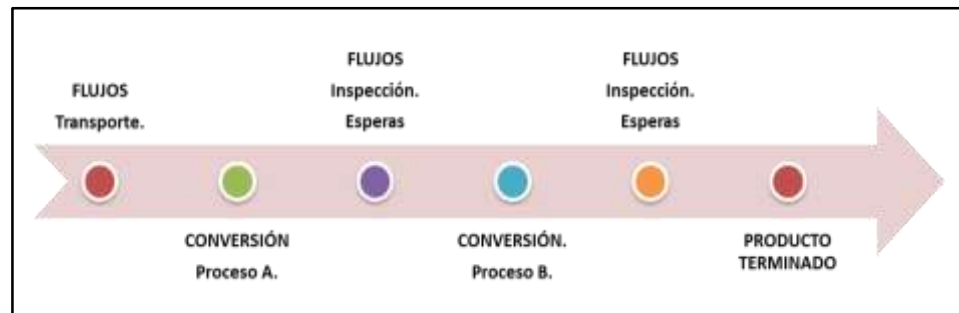


Figura 4: Esquema del proceso productivo de la filosofía Lean Construction (Ghio, 2001 citado por Elard, 2017).

De modo que en los sistemas de gestión diseñados bajo el enfoque Lean Construction, se entiende que todo proyecto constructivo se compone de “conversiones realizadas por trabajos productivos y flujos ocasionados por los trabajos contributivos y trabajos no contributivos” (Botero y Álvarez, 2003 citados por Elard, 2017, p. 15). Por tanto, la optimización de la producción dependerá en gran medida de la reducción de los flujos de trabajo o trabajos contributivos y no contributivos y la maximización de las conversiones o trabajos productivos, o en su defecto, lograr al menos el equilibrio entre los flujos y las conversiones del sistema de producción (Elard, 2017).



Figura 5: Visión sobre la optimización de la productividad de la construcción en la filosofía Lean Construction (Elard, 2017).

En la figura 5 se muestra que tal como se refirió en el párrafo anterior, la mejoría de la productividad depende en gran medida del control que la gestión posea sobre

los trabajos productivos, contributivos y no contributivos, haciendo un paréntesis para resaltar que en la filosofía Lean Construction se hace especial énfasis en el concepto de la productividad de la mano de obra que toma en cuenta la contribución

2.2.2.1. Principios de la filosofía Lean Construction.

La mayoría de los autores consultados refieren que para la aplicación óptima de un sistema gerencial basado en la filosofía Lean Construction es indispensable que la empresa constructora que emprenda este camino de actualización y mejora de su gestión, modifique su cultura organizacional bajo el lema “de mejora continua de la producción” (Porras et al., 2014) y desarrolle además de forma sistemática una serie de principios propuestos por Koskela y Huovila (2002 citados por Porras et al., 2014) y presentados en la figura 6.

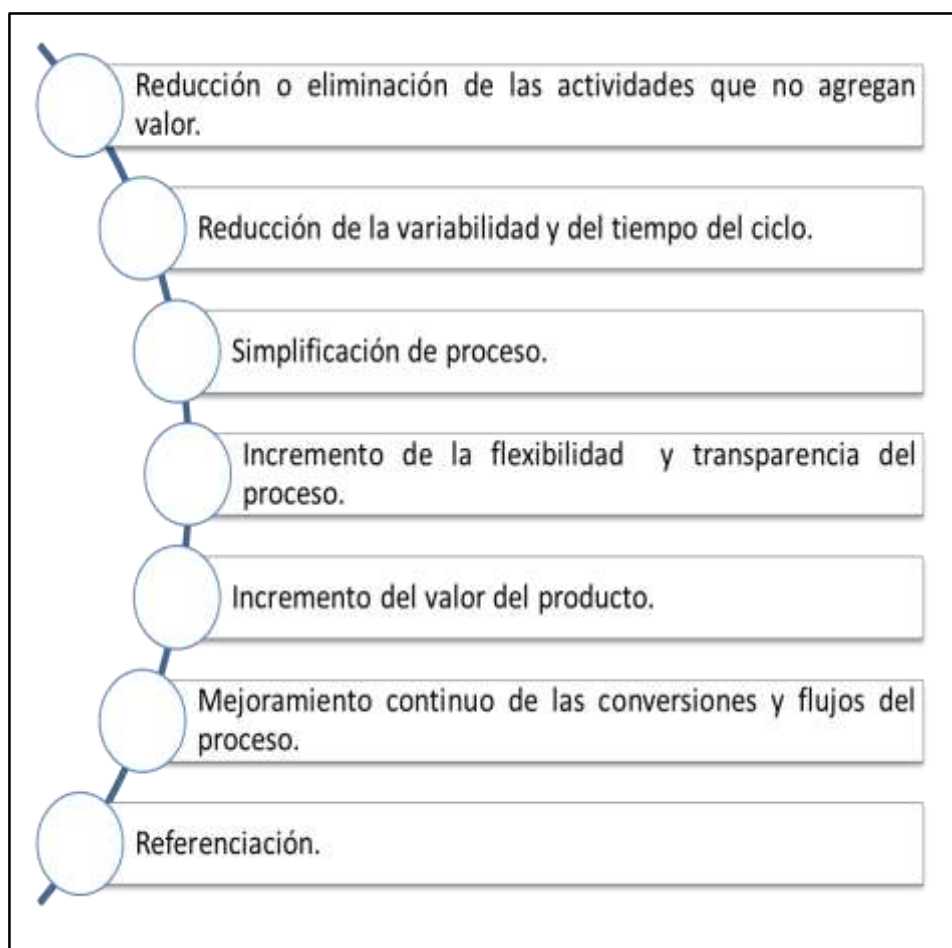


Figura 6: Principios de la filosofía Lean Construction (Koskela y Huovila, 2002 citados por Porras et al., 2014).

La conjugación de estos principios entre la cultura organizacional y el sistema de gestión de cualquier proyecto constructivo debe propender entonces a la minimización de las pérdidas en los procesos constructivos diseñados y a la maximización de la producción.

2.2.2.2. Sistema de producción efectivo Lean Construction.

Para la consecución de la optimización de la productividad, la filosofía Lean Construction propone generar un sistema de producción efectivo que debe propender al cumplimiento de tres objetivos básicos, que según su orden de prioridad son: (1) Asegurar que los flujos no paren; (2) Lograr flujos eficientes; y (3) Lograr procesos eficientes, los cuales son descritos grosso modo a continuación:

- **Asegurar que los flujos no paren:** Se constituye en el objetivo más importante la filosofía Lean Construction y plantea que el sistema de gestión debe centrarse en que los flujos del proceso constructivo se mantengan de forma continua, lo cual garantiza que el trabajo no se detenga y ofrece la posibilidad de observar y detectar las fallas en las conversiones y los flujos en sí mismos, para suprimir las tareas no productivas y los desperdicios en la medida de las posibilidades dentro de la planificación y ejecución de la construcción. Para lograr este objetivo, la filosofía Lean Construction propone manejar la variabilidad intrínseca del proceso constructivo con dos herramientas: Buffers (ILC, 2020a) y el sistema Last Planner (Ghio, 2001 citado por Elard 2017), las cuales serán detalladas en el apartado correspondiente.
- **Lograr flujos eficientes:** Es el segundo objetivo que se debe cumplir en la filosofía Lean Construction para obtener un sistema de producción efectivo y se logra dividiendo el trabajo total equitativamente entre los procesos para obtener los procesos y flujos balanceados, mediante los principios de la física de producción y el tren de actividades. Es así que, a grandes rasgos, en la física de producción se utilizan los conceptos de la teoría de restricciones, que apuntan a que la capacidad de producción de cualquier sistema está determinada por el proceso que genera menos flujo, el cual debe ser atendido y corregido a fin de balancear los flujos entre procesos y mejorar la productividad.

Con respecto al tren de actividades, ésta herramienta propone una división de la cantidad de trabajo en partes iguales, para que puedan ser ejecutadas por cada proceso en un mismo tiempo balanceando adecuadamente los recursos y estableciendo una secuencia lineal de actividades.

- **Lograr procesos eficientes:** El tercer objetivo de la filosofía Lean Construction es lograr que los procesos sean eficientes, para lo cual dispone de dos herramientas: El nivel general de actividad y las cartas de balance, cuya aplicación busca dimensionar adecuadamente los procesos y recursos productivos, eliminando el desperdicio dentro de cada proceso y logrando que todo el sistema de producción sea efectivo.

2.2.2.3. Conceptos de la filosofía Lean Construction.

Tal como se señaló en párrafos precedentes, la filosofía Lean Construction como metodología moderna para la planificación y gestión de los procesos constructivos concibe el modelo de producción mediante el uso de varios términos o conceptos, entre los que vale la pena referir en primera instancia, el constructo de *conversiones*, que alude a todas aquellas operaciones o actividades que implican la conversión de la materia prima, los recursos e insumos en un producto final; y en segunda instancia, el término de *flujos* que se utiliza para indicar todas aquellas actividades del proyecto constructivo conexas a las conversiones que contribuyen a la producción pero no generan en sí alguna conversión (Elard, 2017). Así mismo, la filosofía Lean Construction emplea las categorías de trabajo productivo (TP), trabajo contributivo (TC) y trabajo no contributivo (TNC), relacionando el TP con las conversiones y el TC con los flujos implícitos en el proceso constructivo; y por último, el TNC es considerado también bajo la etiqueta de trabajo no productivo (TNP) porque no aporta trabajo ni a los flujos ni a las conversiones del modelo productivo.

2.2.2.4. Herramientas de la filosofía Lean Construction.

Las herramientas que componen la filosofía Lean Construction son muy variadas, pero todas están orientadas hacia la identificación de los posibles problemas presentes en los procesos constructivos, la determinación de las pérdidas y la optimización de la productividad de la mano de obra. A continuación, se describen

brevemente las herramientas Lean Construction de mayor interés para la investigación.

2.2.2.2.1. Sistema último de planificación (SUP) o Last Planner System (LPS).

Mossman (2005 citado por Porras et al., 2014) expone que el Sistema Último de Planificación (SUP) puede ser definido “como un sistema para la gestión colaborativa de la red de relaciones y conversaciones requeridas para la coordinación de la programación, producción, planificación y ejecución de los proyectos” (Porras et al. 2014, pp. 37-38).

Por su parte, el investigador Kalsaas (2012) afirma que el SUP no es más que “un enfoque práctico en el que los jefes de obra y los jefes de equipo colaboran para elaborar planes de trabajo que se pueden implementar con un alto grado de fiabilidad, mejorando así la estabilidad y previsibilidad del trabajo” (Kalsaas, 2012, p.89). Este enfoque plantea un modelo de planificación en cascada que desarrolla tres niveles en función de “tres categorías: deben, pueden y se harán” (Ballard, 1999 Porras et al., 2014, p. 40) insertadas en la figura 7.

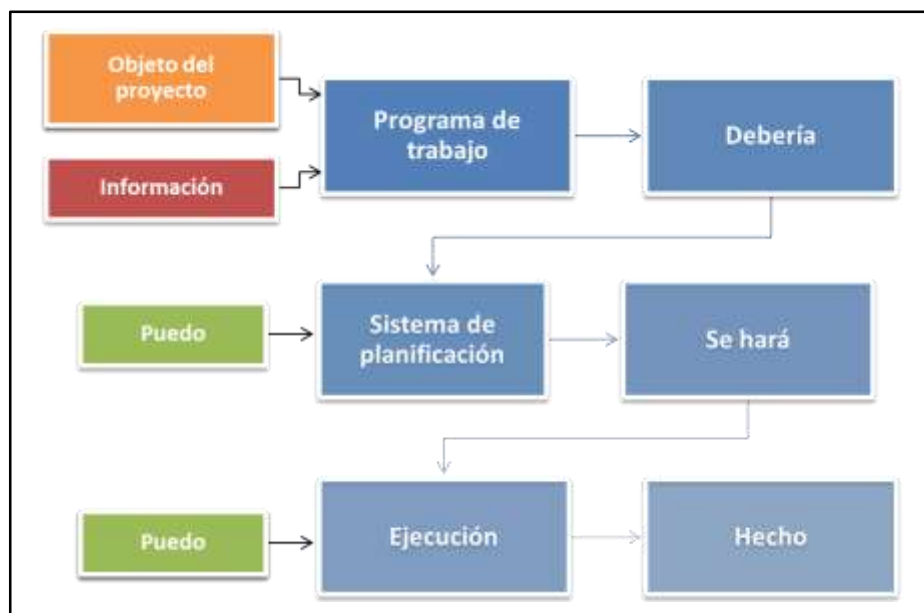


Figura 7: Modelo del Sistema Último de Planificación de la filosofía Lean Construction (Elaborado a partir de Kalsaas, 2012 y Porras et al., 2014).

De este modelo de planificación se desprende a su vez tres tipos de programas, a saber: el programa maestro, intermedio y semanal (Kalsaas, 2012) que según

Ballard (1999 citado por Porras et al., 2014) tratan de minimizar la compleja variabilidad de los proyectos de construcción mediante una planificación en la que:

El programa maestro indica qué se debe realizar, el programa intermedio prepara el trabajo y realiza la revisión de las restricciones y el plan semanal programa una serie de actividades que pueden ejecutarse comprometiendo a los agentes al cumplimiento del programa. (Porras et al., 2014, p. 41)

2.2.2.2. Nivel General de Actividad (NGA).

Para iniciar esta breve descripción sobre el NGA, se reseña que esta herramienta cuantitativa de corte estadístico fue propuesta por el investigador Serpell en la década de los noventa para el estudio de los tiempos y movimientos de una actividad para un sector productivo o proyecto específico, llegando a configurarse actualmente como uno de los recursos de la filosofía Lean Construction, que se utilizan para efectuar la respectiva medición de la productividad de la mano de obra en un proyecto constructivo (Serpell y Alarcón, 2000).

Es así que la herramienta NGA se aplica mediante “una serie de mediciones en las que se especifica el tipo de trabajo que está realizando cada obrero al momento de la medición (TP, TC, TNC)” (Guzmán, 2014 citado por Arcaya y Mamani, 2019, p. 57), respetando los principios estadísticos de la técnica de muestreo del trabajo relacionados con el número mínimo de 384 observaciones para alcanzar “un nivel de confianza del 95%” (Dozzi. y AbouRizk, 1993 citados por Tsutsumi, 2017, p. 35).

Además de las categorías de TP, TC y TNC, el formato del NGA ofrece también subcategorías para especificar un poco más aquellas actividades que están siendo consideradas productivas, contributivas o no contributivas. Para ilustrar mejor, en el caso de los TC se presentan las siguientes subcategorías: Mediciones (M), Transporte (T), Limpieza (L), Instrucciones (I) Hab. De Materiales (HM), Habilitación de Equipo. y Herramientas (HE) y Otros (x); mientras que para los TNC se pueden verificar las subcategorías de: Esperas (E), Tiempo Ocioso (O), Descanso (D), Necesidades (N), Viaje (V), Trabajo rehecho (R) y Otros (Y) (Arcaya y Mamani, 2019).

Entre las ventajas que se plantean en la literatura académica consultada para la aplicación del recurso NGA se considera relevante destacar que no requiere que

el auditor pase largas horas realizando las observaciones y además no requiere de una observación continua por parte del analista, esto significa que, en cualquier momento de la auditoría, se puede interrumpir la observación sin que ello acarree efectos negativos. También se puede indicar que se requiere de poco personal para la aplicación del recurso NGA, puesto que un mismo analista puede verificar el trabajo de un grupo de obreros de manera simultánea, si realizan una misma actividad (Arcaya y Mamani, 2019).

Como desventaja de este recurso para la recolección de información cuantitativa sobre los trabajos que desempeñan los obreros en un proyecto de construcción se resalta que a juicio de Tsutsumi (2017), la aplicación de este instrumento Lean Construction para pocos obreros no valdría la pena por las implicaciones prácticas y económicas que eso genera.

Por último, el instrumento NGA se comporta como un recurso verdaderamente eficiente para la recogida de información sobre los TP, TC y TNC de los obreros de una construcción, lo cual debe propender a la identificación de situaciones desfavorables o actividades problemáticas dentro de los procesos constructivos para una toma de decisiones oportuna que corrija o minimice los aspectos adversos a la productividad de la mano de obra.

2.2.2.2.2. Carta de Balance.

La Carta de Balance es otro recurso estadístico de la filosofía Lean Construction que deviene del trabajo científico desarrollado por los investigadores Serpell y Alarcón (2000), la cual se centra en la medición de la productividad de la mano de obra para una o varias operaciones o procesos constructivos específicos, comúnmente aquellos que representan un alto nivel de importancia o criticidad para la productividad de la mano de obra del proyecto civil que se esté valorando.

En este sentido, la Carta de Balance permite observar, registrar y medir los TP, TC y TNC dentro de la actividad constructiva seleccionada para la respectiva valoración estadística de la productividad de la mano de obra; además proporciona información pertinente sobre la productividad de cada obrero y de esta manera permite analizar el equilibrio de los TP, TC y TNC dentro de la cuadrilla evaluada para así determinar la cantidad óptima de obreros que deben conformar la cuadrilla en cuestión. Por consiguiente, es de suponer que este recurso contribuye

significativamente a una toma de decisiones que favorezca la optimización de la productividad de la mano de obra, por ejemplo, la reasignación de tareas entre los obreros miembros de la cuadrilla o la modificación del tamaño de la cuadrilla (Botero, 2004).

En lo que concierne a las condiciones que deben cumplirse para asegurar una correcta aplicación de la Carta de Balance, ésta debe efectuarse en lapsos de tiempo muy reducidos, en los que se audita la actividad que el obrero está ejecutando y se registra si corresponde a la categoría TP, TC o en su defecto TNC. Estos lapsos cortos de observación deben repetirse en diferentes intervalos, pero en la medida de las posibilidades bajo las mismas condiciones operacionales, a fin de que las mediciones obtenidas puedan ser consideradas confiables. Adicionalmente, el tiempo utilizado por cada trabajador o cada maquinaria debe ser cuantificado para lograr describir los ciclos de trabajo. En la figura 8 se describe de forma muy general los pasos que deben cumplirse para aplicar el recurso de la Carta de Balance.

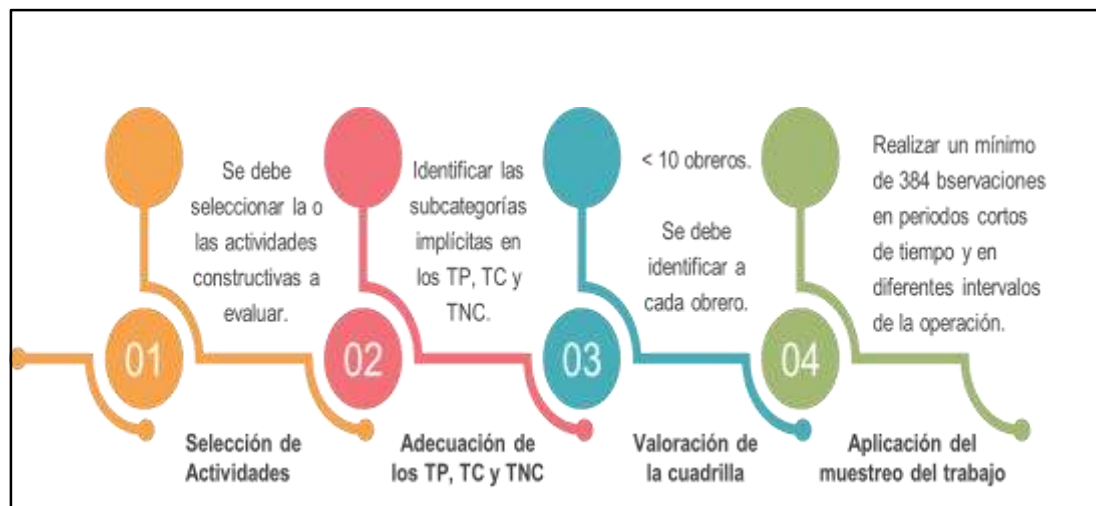


Figura 8: Pasos generales para la aplicación de la Carta de Balance (Elaboración a partir de Arcaya y Mamani, 2019).

Luego del cuarto paso incluido en la figura 8 se deben tabular todas las observaciones realizadas de TP, TC y TNC sobre la o las actividades constructivas sujetas a evaluación y procesar, integrar y analizar la información valiosa obtenida sobre la productividad de la mano de obra.

2.2.2.2.3. *Poka yoke.*

El término de *poca yokes* es una palabra japonesa que traducida al español significa a prueba de errores y se emplea para referirse a los dispositivos a prueba de errores que implementa la filosofía Lean Construction y que pueden ser definidos como “mecanismos introductorios en una maquina o proceso capaces de distinguir entre condiciones normales y anormales” (Flores, Ramírez y Rivera, 2018, p. 34) y que resultan de vital importancia para la fabricación y entrega de productos finales sin errores o piezas defectuosas.

Flores et al. (2018) refieren que los *poca yokes* están diseñados para detener la maquina o el proceso productivo una vez que ha detectado alguna anomalía, “evitando que se sigan realizando piezas o elementos defectuosos de manera masiva” (Flores et al., 2018, p. 34), cuestión que no ocurre con los trabajadores de un proyecto constructivo que pueden generar defectos en la fabricación por la ocurrencia eventual de errores inadvertidos, los cuales son casi imposibles de controlar y por ende ameritan de una constante supervisión e inspección de las obras.

2.2.2.2.4. *Manuales de procesos constructivos.*

Según Serpell y Alarcón (2000) los manuales de procesos constructivos representan documentos formales que contienen la descripción exhaustiva de los procedimientos, actividades y tareas específicas que se deben seguir durante un determinado proceso constructivo para alcanzar los resultados planteados de forma eficaz. Además, ofrece información relativa al funcionamiento interno de las tareas, ubicación, requerimientos y responsables de su ejecución.

Entre las funciones de mayor importancia de los manuales de procesos constructivos se puede referir que son muy útiles para la inducción y capacitación del personal de la obra o proyecto constructivo. También sirve para realizar inspecciones y verificar el cumplimiento de las responsabilidades asignadas a los obreros y trabajadores que lideran las cuadrillas. Sobre esto, Serpell y Alarcón (2000) agrega que pueden ser aprovechados por el personal supervisor para controlar la calidad del proceso constructivo y que el producto final se encuentre dentro de los rangos establecidos.

2.2.2.2.5. *Andon.*

El término Andon fue usado por primera vez en la industria automotriz, específicamente por la empresa Toyota para hacer alusión a un sistema que le permite al trabajador que detecta problemas o defectos en un proceso productivo ponerlo en evidencia a partir de la activación de luces y sonidos, lo cual conduce al detenimiento de las operaciones para corregir el error detectado en un tiempo que no exceda lo estipulado (Flores et al., 2018).

Otro ejemplo se encuentra en la industria manufacturera, donde el centro del sistema Andon es un letrero incorporado de luces que puede indicar cuando la estación de trabajo posee un problema, permitiéndole al trabajador detener la cadena de producción cuando detecta un error y pedir ayuda inmediata para resolverlo. Es importante acotar que las operaciones de producción no se pueden reiniciar hasta que no se solucione el problema. Adicionalmente, los errores detectados en el proceso productivo pueden ser archivados dentro de una base de datos del proyecto para su estudio como parte de un programa de mejora continua.

2.2.2.2.6. *One touch handing.*

Flores et al. (2018) asevera que la herramienta denominada one touch handing sirve para suprimir “los desperdicios a causa de inventarios y movimientos innecesarios, transportando el producto directamente hasta su ubicación final” (Flores et al., 2018, pp. 32-33). Este recurso en la filosofía Lean Construction actúa como una buena práctica para la descarga directa de materiales de construcción desde el vehículo de entrega hasta la posición final cuando sea posible (por ejemplo: los carretes de tubería, equipos).

También se aplica en otras oportunidades, consideradas como reglas de oro, por ejemplo, en el caso de que la descarga directa no sea posible, se debe descargar dentro del alcance de la grúa y que ésta llegue a la posición final (por ejemplo: varillas de acero que requiere habilitación en el sitio). En el caso de consumibles como materiales básicos (por ejemplo: accesorios, tornillos), éstos deben ser entregados directamente a los usuarios finales, en lugar de mantenerlos almacenados y distribuirlos según lo requerido.

2.3. Definición de términos

1. **Actividad:** En el contexto productivo el vocablo actividad “corresponde al conjunto de procesos realizados en forma conjunta o sucesiva para la obtención del producto” (Hernández, 2015 citado por Padilla, 2016, p. 16). Ahora bien, en el ámbito de la construcción el término de actividad se emplea comúnmente para referirse a alguna operación o acción inserta en el proceso constructivo.
2. **Calidad:** Cuando se refiere al término de calidad en un producto final se hace referencia a un conjunto de características o especificaciones que determinan que el susodicho producto final cumpla con los estándares de la industria y las exigencias del cliente. De acuerdo a la Fundación Laboral de Construcción de España (2020), la calidad es el “grado en que un conjunto de características de una entidad, que le confieren la aptitud para satisfacer las necesidades establecidas, cumple con los requisitos” (Fundación Laboral de Construcción de España, 2020, párr. 1).
3. **Ciclo:** Este término también se le conoce como ciclo de vida y representa el conjunto de actividades interrelacionadas que de manera continua y repetitiva transforman elementos o materiales de entrada en resultados concretos o productos finales (Serpell y Alarcón, 2000).
4. **Conversiones:** A decir de Botero (2003 citado por Mamani, 2016) “las conversiones son todas las actividades de transformación que convierten los materiales y la información en productos, por tanto, en el proceso de producción son las actividades que agregan valor” (Botero, 2003 citado por Mamani, 2016, p. 50). En el modelo Lean Construction, las conversiones están relacionadas con los trabajos productivos.
5. **Cuadrilla:** En la práctica común de la construcción, se reconoce la cuadrilla como un grupo pequeño de trabajadores destinados a cumplir una tarea constructiva específica. Sobre esto, la Fundación Laboral de Construcción de España (2020) coincide y afirma que una cuadrilla “es cada uno de los grupos de personas reunidas para el desempeño de algunos oficios, generalmente relacionados con la albañilería, en la ejecución de los trabajos de una obra” (Fundación Laboral de Construcción de España, 2020, párr. 1).

6. **Defecto:** Según del diccionario de términos de la construcción de la Fundación Laboral de Construcción de España (2020), la palabra defecto se utiliza para indicar las anomalías que se presentan en el proceso constructivo y que afectan la productividad en general y a la calidad del trabajo.
7. **Flujo:** Se denomina flujos a todas las entradas o movimientos que ocurren en el sistema constructivo durante un proceso de producción y que relacionan a los factores productivos: mano de obra, materiales, herramientas y equipos (Botero, 2004).
8. **Lean Construction:** Es un modelo de gestión para proyectos de construcción que se enfoca en la disminución de los residuos en materiales, tiempo y esfuerzo y la maximización del valor, garantizando una mejora continua a lo largo de las fases de diseño y construcción de un proyecto constructivo (Serpell y Alarcón, 2000).
9. **Operación:** El autor Hernández (2015 citado por Padilla, 2016) indica que el constructo de operaciones en el sector de la construcción aplica para el conjunto de “acciones en el nivel de un proceso que se utilizan para definir y realizar tareas” (Hernández, 2015 citado por Padilla, 2016, p. 16). Comúnmente se refieren también con los términos de actividades o procesos constructivos.
10. **Partida de obra:** En el portal virtual de Construmática (2020) se define la partida de obra como “parte de una obra que se mide y valora en forma independiente o agrupación de partes de la obra, que se valoran en función de una misma unidad de medida” (Construmática, 2020, párr. 1).
11. **Pérdidas:** Según Botero y Álvarez (2005 citados por Mamani, 2016) las pérdidas “son todas las actividades que no agregan valor, pero que consumen tiempo, recursos y espacio, generando costos en el proceso de producción” (Botero y Alvarez, 2005 citados por Mamani, 2016, p. 48).
12. **Proceso:** De manera genérica Hernández (2015 citado por Padilla, 2016) define un proceso como una “sucesión de actos o acciones realizadas con cierto orden, que se dirigen a un punto o finalidad” (Hernández, 2015 citado por Padilla, 2016, p. 16).

- 13. Productividad:** Es una cuantificación de la eficacia y eficiencia, con que los insumos son administrados, para completar un producto específico, dentro del lapso de tiempo establecido (Serpell y Alarcón, 2000).
- 14. Recursos:** “Los recursos es todo aquello que sea necesario para llevar a cabo una tarea, corresponden a mano de obra, materiales, maquinaria, equipo y herramientas” (Hernández, 2015 citado por Padilla, 2016, p. 16).
- 15. Residuos:** En el contexto productivo se consideran residuos a todo aquello que no le genera valor al sistema de producción, por ejemplo las demoras, los inventarios excesivos, el transporte innecesario y el movimiento no útil de personas, entre muchos otros (Botero, 2004).
- 16. Sistemas de Gestión:** Según la organización CalticConsultores (2020) los sistemas de gestión se constituyen en metodologías que propenden a “visualizar y administrar mejor la empresa, área o procesos [...] y, por lo tanto, a lograr mejores resultados a través de acciones y toma de decisiones basadas en datos y hechos” (CalticConsultores, 2020, párr.1).
- 17. Tarea:** De modo muy básico “Las tareas corresponden al conjunto de pasos necesarios para llevar a cabo un proceso, por tanto, un conjunto de tareas conforman un proceso” (Hernández, 2015 citado por Padilla, 2016, p. 16).
- 18. Trabajo productivo (TP):** Es una de las categorías utilizadas para el enfoque moderno de la productividad de la mano de obra y se refiere a todo “aquel trabajo que aporta en forma directa a la producción y agrega valor al producto analizado” (Mora, 2012, p.13), por tanto, se puede afirmar que los trabajos productivos se corresponden con las conversiones de los procesos constructivos.
- 19. Trabajo contributivo (TC):** Este término se utiliza para aludir a todas aquellas actividades realizadas por los trabajadores de un proyecto de construcción que se consideran de apoyo a la producción, es decir, es el “trabajo de apoyo que debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo” (Mora, 2012, p.13).

20. Trabajo no contributivo (TNC): Bajo esta etiqueta se reúnen todas “aquellas actividades que no generan avance o valor agregado a la obra” (Mora, 2012, p. 13), pero que son ejecutadas e identificadas dentro de la jornada laboral y de los procesos constructivos, por ejemplo: los tiempos de descanso y espera por materiales o maquinarias.

Capítulo III: Marco Metodológico

Con la intención de precisar los aspectos metodológicos centrales de la investigación se diagramó este apartado, cuyo fin primordial gira en torno a informar sobre el posicionamiento científico que se empleó para el desarrollo del estudio y los detalles metodológicos que se derivan de éste, tales como: el tipo, nivel y diseño de investigación, la población y muestra, la operacionalización de variables, las técnicas y procedimientos para la recogida de la información de interés y en último lugar, los procedimientos aplicados para el análisis de datos.

De este modo, las dimensiones ontológica, epistemológica y metodológica del estudio responden al enfoque cuantitativo, que trata el problema objeto de la investigación desde una mirada científica basada en la suposición de que es posible “conocer la realidad mediante un método específico” (Meza, 2015, p. 1); en otras palabras, el investigador puede relevar los datos pertinentes y estudiar un fenómeno real concreto mediante la aplicación del método científico que conlleva a la generación de “una serie de conclusiones respecto de [...] las hipótesis” (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

3.1. Tipo, nivel y diseño de la investigación

Tomando en consideración el trabajo sobre metodología de la investigación de Hernández, Fernández y Baptista (2014), es posible aludir que la presente investigación es de tipo *aplicada*, en vista de que el objeto de estudio se corresponde con un fenómeno de la vida real, como lo es la productividad de la mano de obra en el sector de la construcción.

Además, los datos e informaciones que se relevaron junto a los resultados y conclusiones arribadas fueron de gran utilidad para la elaboración y planteamiento de una serie de recomendaciones o correctivos pertinentes a la disminución de los

flujos no productivos del proyecto constructivo tomado como caso de estudio, lo cual contribuirá significativamente a la mejora sustancial de la productividad del trabajo de la obra en cuestión.

En lo referente al nivel de investigación se puede argumentar en base a las disertaciones metodológicas de Arias (2012), que la presente experiencia empírica es *descriptiva*, puesto que se aboca a la caracterización de la productividad de la mano de obra del proyecto de construcción tomado como caso de estudio, bajo las dimensiones de trabajo productivo (TP), trabajo contributivo (TC) y trabajo no contributivo (TNC). En este sentido, el nivel descriptivo empleado como alcance del estudio empírico consistió “en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento” (Arias, 2012).

Por último, el diseño de la investigación fue de campo no experimental, ya que se contempló la realización de una fase de recolección de datos en las zonas de construcción del proyecto constructivo tomado como caso de estudio, mediante la aplicación de las herramientas de la filosofía Lean Construction sin manipulación alguna de la variable objeto de estudio, siguiendo así las pautas metodológicas de Hernández et al. (2014), quienes afirman que “en un estudio no experimental no se genera ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente en la investigación por quien la realiza” (Hernández et al., 2014, p. 152).

También se puede referir que el diseño de campo no experimental aplicado en la investigación es de tipo transeccional, en respuesta al hecho de que la jornada de recolección de los datos e informaciones de interés para el investigador se realizó durante un lapso temporal determinado de 10 días (del 10 al 26 de Agosto de 2020) y con una duración de 40 horas aproximadamente, repartidas en cuatro (4) horas diarias, en aras de adecuar la recogida de la información a las condiciones propias de la actividad constructiva abordada.

3.2. Población y muestra de estudio

En primera instancia se hace referencia a la población como el “conjunto de casos, definido, limitado y accesible, que forma el referente para la elección de la muestra y que cumple con una serie de criterios predeterminados” (Arias, Villasís y Miranda, 2016, p. 201). En este sentido, la población estudio atañe al universo de actividades constructivas que se desarrollan en el proyecto denominado

“Mejoramiento de los servicios educativos de la Institución Educativa Manuel A. Odria, Distrito Ciudad Nueva – Tacna” y que tienen incidencia en la productividad de la mano de obra.

En segunda instancia, se distingue la muestra de estudio conceptualizada por Hernández et al. (2014) como “un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos, y [...] que debe ser representativo de la población” (Hernández et al., 2014, p. 173). De manera que la muestra del presente estudio empírico se conformó con cinco actividades que ostentan una alta incidencia en la productividad de la mano de obra del proyecto “Mejoramiento de los servicios educativos de la Institución Educativa Manuel A. Odria, Distrito Ciudad Nueva – Tacna”, las cuales se mencionan a continuación de acuerdo a su prioridad o criticidad: (1) Encofrado; (2) Concreto (vaceado); (3) Movimiento de tierras; (4) Acero; (5) Nivelación; y (6) Trazo y replanteo.

Para la conformación de la susodicha muestra se aplicó un muestreo no probabilístico intencionado o por conveniencia, diagramándose una ruta de muestreo de actividades constructivas contentiva de una serie de pasos que se cumplieron a fin de garantizar la representatividad de las actividades seleccionadas. Estos pasos se describen a continuación:

- (i) Se diseñó una lista esquemática de todas las operaciones o actividades constructivas que inciden en la productividad de la mano de obra del proyecto constructivo tomado como caso de estudio, ordenándolas en forma descendente en función del costo de cada una de éstas, lo cual requirió de la disposición de los representantes de la empresa constructora en cuestión para la obtención de la información pertinente.
- (ii) Se elaboró un análisis de avance del proyecto constructivo en cuestión para identificar las actividades u operaciones ya cumplidas, las que se encontraban desarrollando y las que se iban a desarrollar para el lapso determinado para la fase de campo de la investigación. Este procedimiento implicó la primera depuración de la lista inicial de actividades constructivas.
- (iii) Se elaboró un listado jerarquizado de las actividades constructivas en función de cuatro criterios, a saber: - Nivel de importancia de la actividad para la productividad de la mano de obra; - La complejidad de los procedimientos constructivos intrínsecos, -El tiempo requerido para efectuar la actividad constructiva de manera completa; y - La cantidad de trabajo exigida por la actividad. Para la consecución de este paso fue necesario la

consulta a profesionales encargados del proyecto constructivo en cuestión, entre estos el ingeniero residente y el maestro de obra general, quienes aportaron su opinión experta para la elaboración del susodicho listado ordinal de actividades constructivas.

- (iv) Una vez que se logró valorar cada una de las actividades constructivas y se obtuvo el susodicho listado jerarquizado, se procedió a seleccionar las primeras seis actividades, las cuales fueron mencionadas en un epígrafe precedente y representan las operaciones de mayor criticidad para la valoración de la productividad de la mano de obra del proyecto constructivo objeto de estudio.

3.3. Operacionalización de variables

La presente experiencia empírica en la que se seleccionó el proyecto “Mejoramiento de los servicios educativos de la Institución Educativa Manuel A. Odria, Distrito Ciudad Nueva – Tacna” como caso de estudio se centró en una sola variable, que es precisamente la productividad de la mano o productividad del trabajo, la cual se operacionalizó en la tabla 1.

Tabla 2.

Operacionalización de la variable objeto de estudio.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Productividad de la mano de obra	Se puede definir como “la producción por cada hora trabajada o cualquier otro tipo de indicador de la producción en función del factor trabajo” (Arcaya y Mamani, 2019).	Trabajo productivo (TP).	Porcentaje de trabajo productivo (% TP).	Herramientas de la filosofía Lean Construction: - Formato de Nivel General de Actividad. - Formato de Carta de Balance.
		Trabajo contributorio (TC).	Porcentaje de trabajo contributorio (% TC).	
		Trabajo no contributorio (TNC).	Porcentaje de trabajo no contributorio (% TNC).	

Fuente: Elaboración propia.

3.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Para la recogida de los datos e informaciones de interés se emplearon dos técnicas de campo, la primera de estas se enfocó en la revisión, selección y compilación de los datos relativos a los estudios previos, los referentes teóricos, el proyecto seleccionado como caso de estudio y las actividades constructivas que conformaron la muestra.

La segunda técnica de campo aplicada fue el *muestreo de trabajo*, el cual se fundamenta en la realización de múltiples observaciones de las actividades constructivas bajo estudio. De modo que en cada una de las observaciones realizadas se recoge la información correspondiente al trabajo productivo (TP), trabajo contributivo (TC) y trabajo no contributivo (TNC) desempeñado por los obreros que conforman la cuadrilla que está siendo observada.

De acuerdo a García (2005 citado por Padilla, 2016) la técnica de *muestreo de trabajo* es “muy utilizada en el estudio de actividades relacionadas con grupos de personas y equipos en donde se realiza un análisis cuantitativo de los tiempos de trabajo de hombres, máquinas o alguna otra condición observable de trabajo” (García, 2005 citado por Padilla, 2016, p. 14). Para ceñirse al carácter estadístico del *muestreo de trabajo*, las observaciones fueron realizadas de manera aleatoria por un tiempo estimado de quince segundos, registrando lo observado de acuerdo a las categorías TP, TC y TNC en forma instantánea y efectuándose un mínimo de 384 observaciones por actividad constructiva para alcanzar “un error de muestreo del 5% y un nivel de confianza del 95%” (Dozzi. y AbouRizk, 1993 citados por Tsutsumi, 2017, p. 35).

Tabla 3.

Subcategorías de los TP, TC y TNC empleadas para el registro de observaciones en los instrumentos NGA y Carta de Balance

Categorías	Trabajo productivo (TP)	Trabajo Contributivo (TC)	Trabajo No Contributivo (TNC)
Subcategorías	<ul style="list-style-type: none"> - Vaciado de concreto (vaciado, regleado y vibrado). - Armado de acero. - Colocación de acero vertical y horizontal. - Amarre con alambre. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mediciones (M). - Transporte (T). - , Limpieza (L). - Instrucciones (I). 	<ul style="list-style-type: none"> - Esperas (E). - Tiempo Ocioso (O). - Descanso (D). - Necesidades (N). - Viaje (V).

- Encofrado y desencofrado:	- Habilitación de	- Trabajo rehecho
- Colocación de los paneles, puntales, amarre con alambre.	Materiales (HM).	(R).
- Asentado de muros (Colocación de los ladrillos y mortero).	- Habilitación de Equipo y Herramientas (HE).	- Otros (Y).
	- Otros (X).	

Fuente: Elaboración propia (2020).

Para el registro respectivo de las observaciones se utilizaron las herramientas Lean Construction como instrumentos de recolección de datos, en específico el Nivel General de Avance – NGA (Anexo 2) y la Carta de Balance (Anexos 3, 4 y 5), siendo necesario acotar que el NGA se aplicó para las observaciones de los TP, TC y TNC de las seis actividades seleccionadas; mientras que la Carta de Balance solo se empleó para registrar las observaciones de los TP, TC y TNC de tres (3) actividades seleccionadas de acuerdo al juicio de los expertos responsables de la obra de construcción. Adicionalmente se establecieron las subcategorías de los TP, TC y TNC previo a la realización de la fase de campo, las cuales se anexan en la tabla 2, siendo oportuno aclarar que estas subcategorías devienen del formato estándar Lean Construction del NGA y la Carta de Balance.

3.6. Procesamiento y análisis de datos

Antes de precisar los aspectos relacionados con el procesamiento y análisis de los datos cuantitativos recopilados mediante la técnica de muestreo de trabajo y los recursos Lean Construction de Nivel General de Avance y la Carta de Balance, conviene hacer referencia a las etapas que se cumplieron y que formaron parte de la ruta metodológica diseñada para la consecución de los objetivos planteados en la investigación, las cuales se sintetizan de manera esquemática en la figura 9.



Figura 9: Etapas metodológicas cumplidas en el desarrollo de la investigación (Elaboración propia).

De manera que se cumplieron seis etapas metodológicas, las cuales contemplaron desde la revisión bibliohemerográfica y la construcción de los referentes teóricos de la investigación hasta el diseño teórico – metodológico, la realización de las mediciones de productividad de la mano de obra en las áreas de construcción del proyecto *“Mejoramiento de los servicios educativos de la Institución Educativa Manuel A. Odria, Distrito Ciudad Nueva – Tacna”* y el procesamiento digital de la información recopilada a través del uso del programa Microsoft Excel.

El susodicho programa informático también fue utilizado para la creación de los formatos NGA y Carta de Balance que fueron utilizados para el registro de las observaciones durante el muestreo del trabajo. En lo referente al procesamiento de los datos cuantitativos, éste arrojó resultados que fueron organizados en tablas y gráficos y que sirvieron de base para la correspondiente evaluación de la productividad de la mano de obra o productividad del trabajo, a modo de diagnóstico que sentó los precedentes para la elaboración de sugerencias y planteamientos de mejoras para la corrección de los problemas identificados, siguiendo así las consideraciones de la organización Lean Construction Enterprise -ILC (2020b).

Capítulo IV: Resultados

Cumpliendo con todas las medidas de seguridad y las autorizaciones correspondientes se realizó la etapa cuatro del protocolo metodológico planteado para la consecución de los objetivos del estudio. En esta etapa se realizó las respectivas observaciones y la recolección de datos en las áreas adscritas al proyecto “Mejoramiento de los servicios educativos de la Institución Educativa Manuel A. Odria, Distrito Ciudad Nueva – Tacna”, durante diferentes fechas (10, 11, 12, 13, 14, 20, 21, 24, 25 y 26 de Agosto del 2020) para un lapso de 10 días y con una duración de 4 horas por jornada laboral. De manera que se realizaron diez muestreos del trabajo con la aplicación de la herramienta Nivel General de Avance (NGA) y tres muestreos del trabajo con el uso del instrumento de campo Carta de Balance.

En este mismo orden de ideas, se insiste entonces en que la técnica central empleada reiterativamente para la recogida de los datos e información cuantitativa fue el muestreo del trabajo (Work Sample) y los instrumentos de campo empleados fueron los recursos estandarizados de la filosofía Lean Construction, cuyo formato permitió registrar las observaciones respecto a las categorías de Trabajo Productivo (TP), Trabajo Contributivo (TC) y Trabajo No Contributivo (TNC) y las subcategorías mencionadas en la tabla 2, para las seis actividades seleccionadas por su nivel de criticidad en la productividad de la mano de obra.

Todo lo anteriormente expuesto conlleva a que la presentación de los resultados obtenidos se efectúe mediante una diferenciación discriminada en la siguiente estructura: (a) Selección de actividades; (b) Productividad de la mano de obra según el Nivel General de Actividad (NGA); y (c) Productividad de la mano de obra según la Carta de Balance, la cual garantiza una buena coherencia metodológica e ilación del discurso escrito. Por tanto, los ítems referidos serán desarrollados en las próximas líneas.

4.1. Selección de actividades constructivas

Tal como se indicó en el apartado metodológico, previo a la realización de las observaciones de interés fueron seleccionadas las actividades constructivas mediante

un muestreo no probabilístico intencionado que se guió por criterios objetivos y la consulta a expertos profesionales responsables de la obra civil en cuestión. En la tabla 3 se precisan las actividades que fueron seleccionadas de acuerdo a la prioridad que representan para la productividad de la mano de obra y de la aplicación de los instrumentos Lean Construction.

Tabla 4.

Actividades seleccionadas para la medición de la productividad de la mano de obra

Nivel General de Actividad (NGA)	Carta de Balance
Encofrado.	Encofrado.
Concreto (vaciado).	Concreto (vaciado).
Acero.	Acero.
Movimiento de tierras.	
Nivelación.	
Trazo y replanteo.	

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 4 se deriva entonces que la actividad constructiva de mayor importancia para la productividad de la mano de obra es el encofrado, seguido por el vaciado de concreto y el acero, mientras que los movimientos de tierra, la nivelación y el trazado y replanteo se configuran como las actividades o procesos constructivos de menor jerarquía en cuanto a su criticidad en la productividad del trabajo. Otro aspecto que se denota en la tabla 4 es lo relativo a la aplicación de los recursos Lean Construction, puesto que la herramienta NGA fue implementada para el registro de las observaciones de las seis actividades seleccionadas, cuestión que se restringió para la Carta de Balance, que por su concepción metodológica sólo se aplicó a tres actividades.

4.2. La productividad de la mano de obra según el nivel general de actividad

Luego de recopilar los datos sobre las dimensiones consideradas de la variable bajo estudio mediante la técnica del muestreo del trabajo, se procedió a organizar la información cuantitativa en tablas y gráficos, seleccionándose para el respectivo análisis

aquellas informaciones que permiten hacer una integración analítica del comportamiento del TP, TC y TNC durante el lapso establecido para la medición.

En este sentido, se inicia la disertación con la tabla 5 y la figura 10, las cuales muestra los valores porcentuales del trabajo productivo (TP), trabajo contributivo (TC) y trabajo no contributivo (TNC) registrados en los diez muestreos de trabajo realizados, denotándose que la categoría de TC es la que muestra los mayores valores porcentuales para todas las jornadas laborales auditadas, presentando dos picos o valores máximos para los muestreos 3 (12/08/20) y 7 (21/08/20) con 55,43% y 55,03% respectivamente.

Desde el otro extremo, el menor valor porcentual de TC se presenta en el muestreo 10 (26/08/20) con 33,17%, lo cual implica una variación máxima de 22,26% entre los valores porcentuales de TC durante todo el lapso temporal establecido para la auditoria de la productividad de la mano de obra, todo lo cual implica que existe una tendencia marcada en la jornada laboral a realizar actividades de apoyo a las conversiones productivas de los procesos constructivos.

Tabla 5.

Valores porcentuales del TP, TC y TNC para los diez muestreos realizados

	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Muestreo 4	Muestreo 5
Fecha	10/08/20	11/08/20	12/08/20	13/08/20	14/08/20
TP	31.91	27.89	21.11	29.90	29.15
TC	48.99	54.52	55.43	40.70	49.25
TNC	19.10	17.59	23.46	29.40	21.61
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

	Muestreo 6	Muestreo 7	Muestreo 8	Muestreo 9	Muestreo 10
Fecha	21/08/20	24/08/20	25/08/20	26/08/20	20/08/20
TP	33.43	21.36	36.68	35.18	34.42
TC	39.44	55.03	39.71	34.42	33.17
TNC	27.13	23.62	23.61	30.40	32.41
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Fuente: Elaboración propia.

En lo referente a la categoría TNC, los valores porcentuales registrados no superaron a los valores de TC en los diez muestreos efectuados, por tanto la participación de los obreros en actividades no contributivas siempre estuvo por debajo de las labores contributivas; cuestión que no se replica cuando se comparan los valores de TNC y TP, puesto que para los muestreos 3 (12/08/20) y 7 (21/08/20) los porcentajes de TNC (23,46% y 23,62%) se posicionaron por encima de los valores relativos de TP (21,11% y 21,36%), evidenciando que los obreros presentaron un mayor desempeño en tareas no productivas para las fechas indicadas.

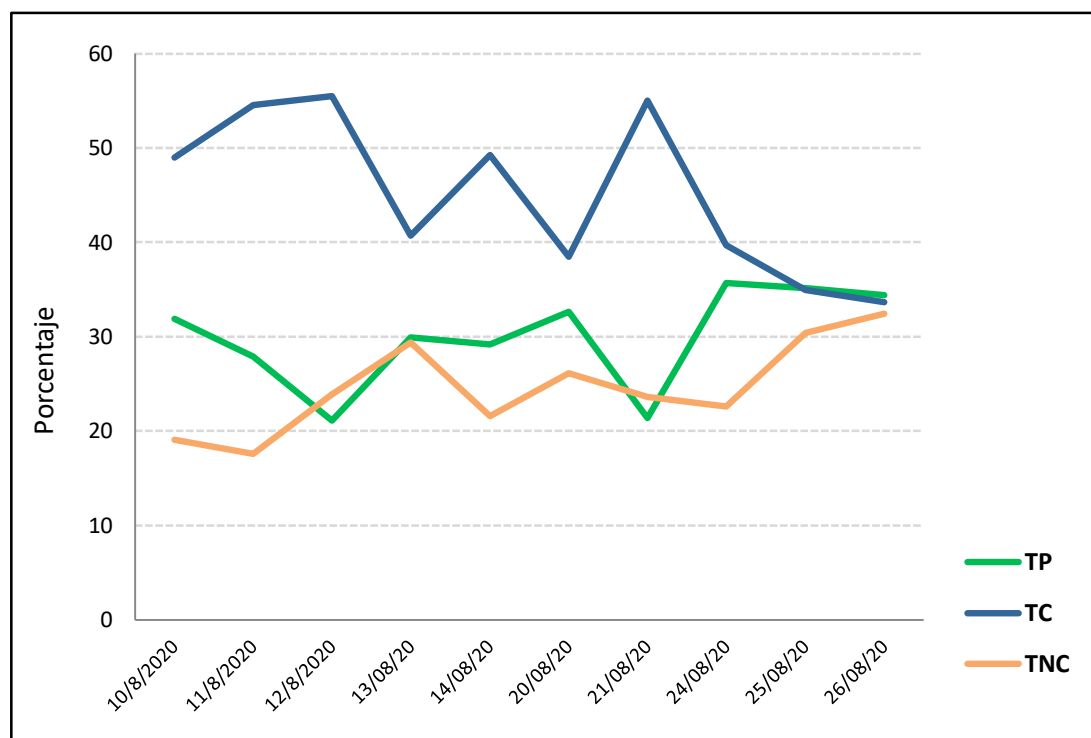


Figura 10: Valores porcentuales de TP, TC y TNC para los diez muestreos realizados (Elaboración propia).

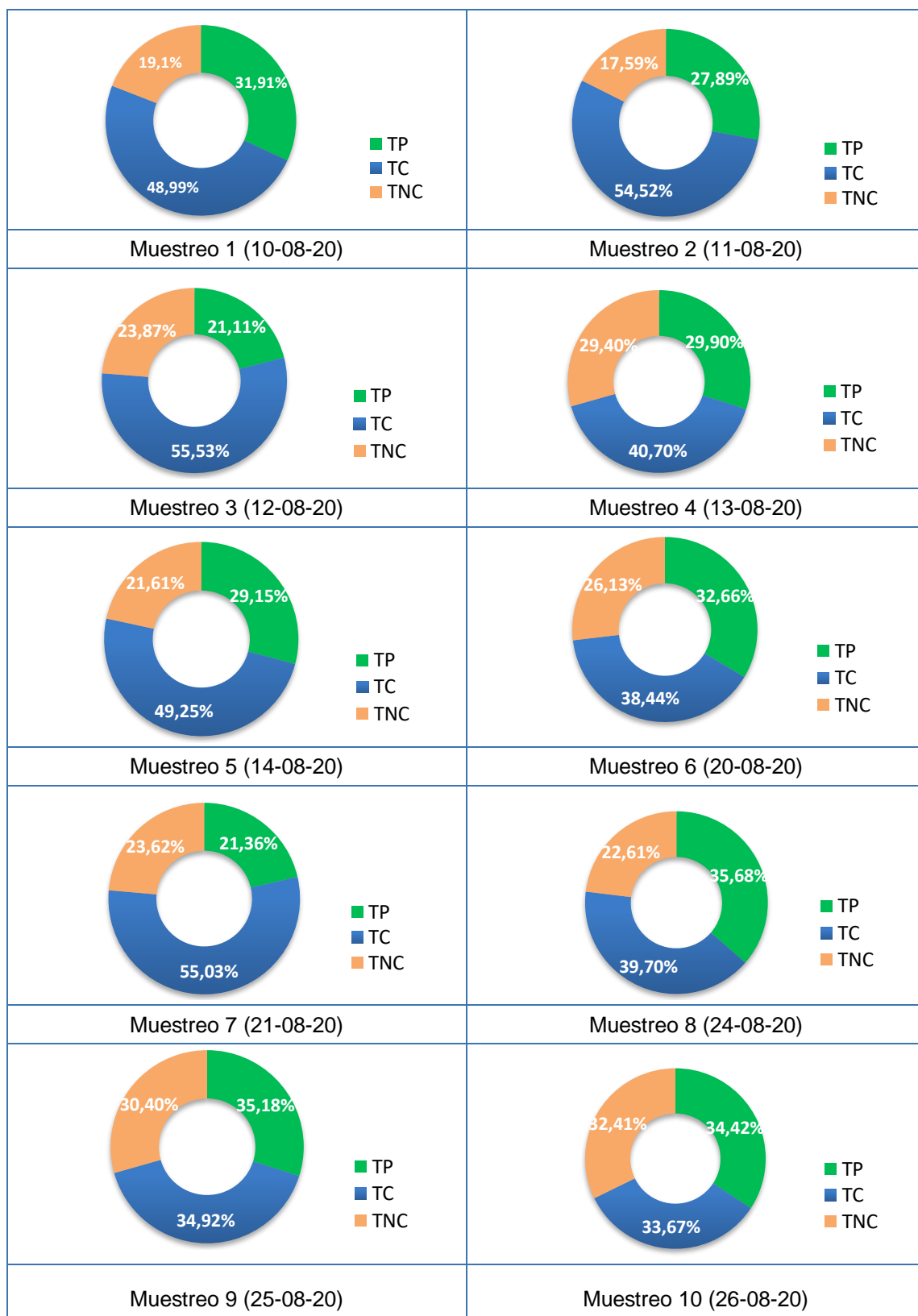


Figura 11: Porcentajes de los tiempos de trabajo - TP, TC y TNC (Elaboración propia).

En la figura 11 se insertaron diez diagramas polares correspondientes a las observaciones realizadas en cada muestreo del trabajo, con la intención de mostrar gráficamente la proporción de los valores porcentuales de TP, TC y TNC para cada muestreo, observándose que las categorías de TC y TNC representan en forma conjunta las dos terceras partes para cada diagrama polar aproximadamente, lo cual indica una dominancia de las tareas contributivas y no contributivas para todas las jornadas laborales auditadas.

Visto que las observaciones realizadas apuntan a un mayor desempeño de la mano de obra en las actividades contributivas y no contributivas, conviene precisar el comportamiento de las subcategorías correspondientes para TC y TNC, lo cual requirió del cálculo de promedios para los valores porcentuales obtenidos de las mediciones registradas en los diez muestreos, cuyos resultados se muestran en la tabla 6.

Tabla 6.

Promedios absolutos y porcentuales para las tareas TC y TNC registradas

	Actividad	Promedio (frecuencia absoluta/10)	Frecuencia relativa (%)	Frecuencia acumulada (%)
TP	TP	119	30,01	30,01
TC	T	59,4	14,98	44,98
	HM	29,6	7,46	52,45
	I	28,5	7,19	59,63
	M	26,2	6,61	66,24
	L	26,1	6,58	72,82
	HE	7,5	1,89	74,71
	X	2,1	0,53	75,24
	TNC	E	34,8	8,77
D		22,6	5,70	89,71
O		20,1	5,07	94,78
N		12,1	3,05	97,83
V		7,2	1,82	99,65
R		1,4	0,35	100,00
Y		0	0,00	100,00
	TOTAL	396,6	100,00	

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 6 se desprende que luego de hacer las mediciones durante el lapso de diez días se obtuvo que el TP representa el 30,1% de la totalidad de actividades realizadas por la mano de obra, mientras que el TC y TNC suman de forma conjunta el 69,9% de las tareas ejecutadas, distribuyéndose en siete sub-categorías para TC y TNC, las cuales se muestran en los diagramas en barra insertados en la figura 12 y 13.

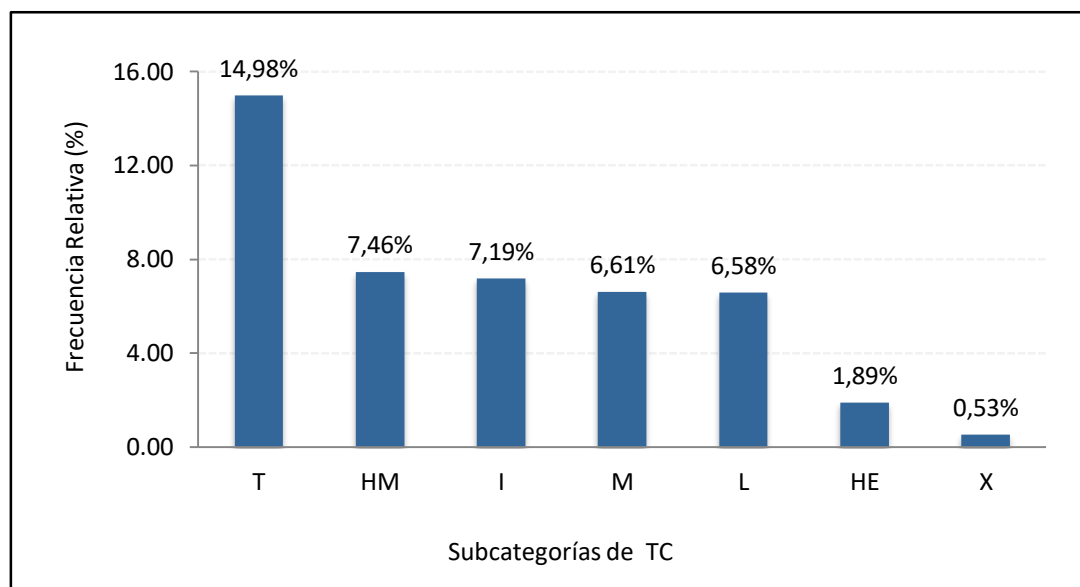


Figura 12: Valores porcentuales de las subcategorías de TC (Elaboración propia).

En el caso concreto de las tareas contributivas se tiene que el transporte (T) es la actividad que cuenta con mayor porcentaje (14,98%), la cual reúne todos los traslados de materiales y herramientas que deben realizar los obreros para apoyar los procesos constructivos de conversión. Luego, las actividades de habilitación de materiales (HM), recibir y dar instrucciones (I), mediciones (M) y limpieza (L) presentan porcentajes muy similares, con una amplitud porcentual de variación de 0,88%, y en último lugar se encuentra la categoría de otros (X), con apenas un 0,53% que se corresponde a dos desempeños en promedio

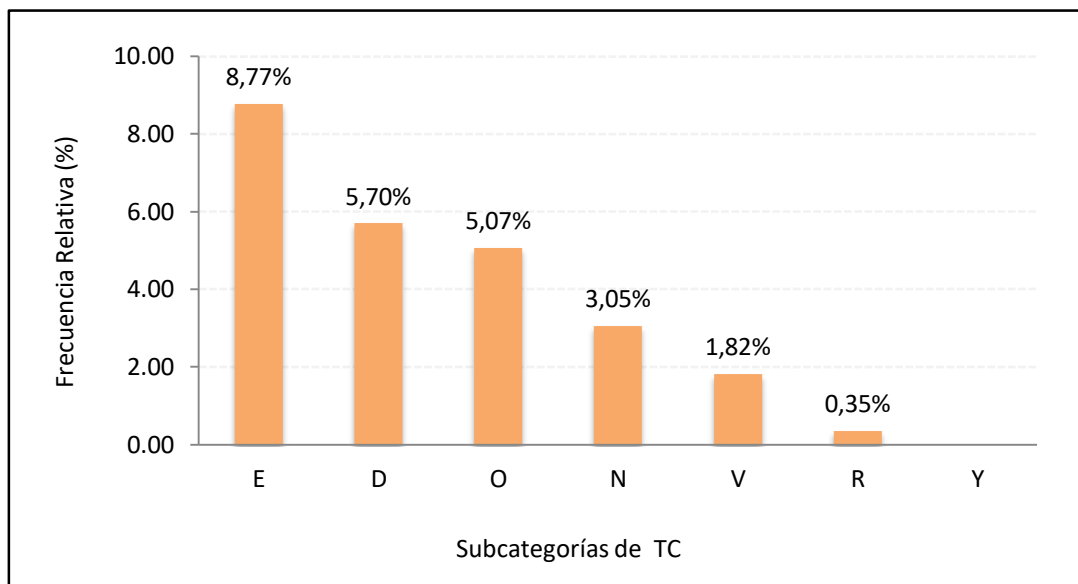


Figura 13: Valores porcentuales de las subcategorías de TNC (Elaboración propia).

En cuanto a los valores porcentuales de las subcategorías de TNC, éstos se muestran en la figura 13, detallando que las actividades relacionadas con Esperas (E) son las que presentan el mayor porcentaje (8,77%), seguidas por los descansos (D) y los lapsos de tiempo dedicados al ocio (5,70% y 5,07%). En cuarto lugar, se encuentran las necesidades fisiológicas del recurso humano (3,05%) y en las dos penúltimas posiciones se ubican los viajes con un promedio de siete viajes que se corresponde a 1,82% y el trabajo rehecho con 0,35%. Es de notar que las actividades reunidas dentro de la categoría de Otros (Y) presentan cero por ciento (0%), es decir, nunca ocurrieron a lo largo del periodo de observación.

4.3. La productividad de la mano de obra según la carta de balance

Tal como se indicó en el apartado que abordó la selección de actividades, el análisis de la productividad de la mano de obra con la Carta de Balance distinguió tres actividades u operaciones constructivas en función de su nivel de criticidad para la productividad de la mano de obra, estas fueron: el encofrado, el acero y el vaciado de concreto.

En este sentido, el encofrado representa un proceso constructivo en el que se emplean “estructuras de apoyo con sus elementos auxiliares (cimbras, puntales tensores y celosías)” (UMACON, 2019, párr. 3) con el objetivo de moldear temporal o permanentemente “el hormigón fresco hasta que el fraguado tenga las condiciones óptimas” (UMACON, 2019, párr. 3); distinguiéndose dos subcategorías para el encofrado, a saber: - Plancha de encofrado (PE); y - Colocar puntales (CP).

Por su parte, la actividad constructiva denominada acero se refiere al proceso constructivo conocido también como acero de refuerzo, que se corresponde con los procedimientos de “enderezar, cortar, doblar y manipular el acero” (Asociación Latinoamericana del Acero, 2016, p. 2); así como también, el amarre con alambre de “los diferentes elementos que componen el conjunto armado” (Asociación Latinoamericana del Acero, 2016, p. 2). Por ende, las subcategorías delineadas para el acero de refuerzo fueron: -Acero horizontal (AH); - Acero vertical (AV); y - Amarre de alambre (ADA).

En cuanto a el vaciado de concreto, este proceso constructivo debe realizarse bajo parámetros estándares que buscan garantizar que la mezcla de concreto y formas de colocación sean efectivas y conduzcan a la obtención de productos finales de alta calidad. Es así que esta actividad reúne todas las tareas requeridas para vaciar o descargar el concreto en estructuras diseñadas a modo de encofrado, las cuales fueron generalizadas e identificadas de la siguiente manera: - Asentado de ladrillo (AL); y – Colocar mortero (CM).

Luego de esta breve descripción sobre las actividades constructivas auditadas mediante la Carta de Balance, se presentan los resultados obtenidos a partir de las observaciones realizadas para cada muestreo del trabajo, los cuales serán esquematizados en función de la actividad constructiva.

4.3.1. Actividad constructiva de encofrado.

En la figura 14 se muestran los valores obtenidos mediante el muestreo del trabajo para los trabajos productivos, contributivos y no contributivos del encofrado, destacando que las tareas contributivas ocupan el primer lugar con un valor porcentual de 49%, seguidas de las actividades relacionadas directamente con las conversiones del proceso constructivo evaluado, las cuales se corresponden con el 38% (TP), y por último, se

reseña que las actividades no contributivas representan el 13% de la totalidad de las observaciones efectuadas.

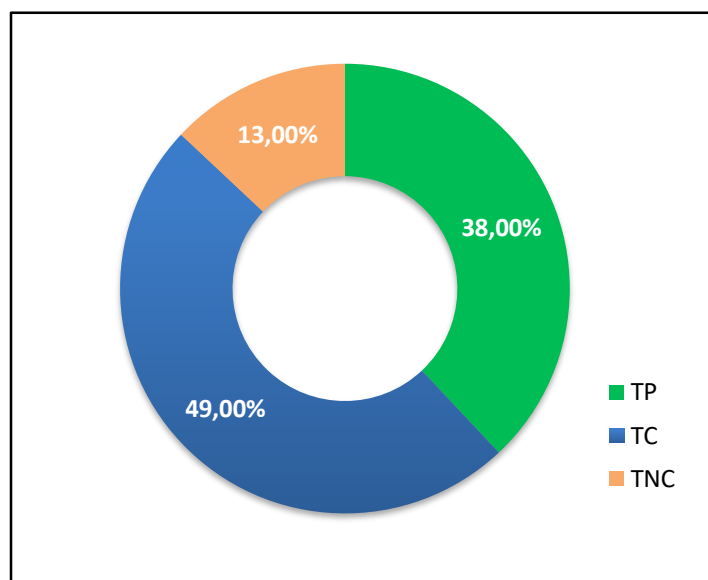


Figura 14: Valores porcentuales de TP, TC y TNC para el encofrado (Elaboración propia).

Es así que nuevamente se repite el patrón de desempeño de la mano de obra auditada, en el que las tareas contributivas son las que agrupan el mayor porcentaje de las observaciones registradas, que sumadas al 13% de las acciones no contributivas resultan en un 62% de actividades asociadas a los flujos del proceso constructivo, en contraste con el 38% de mediciones relativas a las conversiones o trabajos productivos.

Por consiguiente, se considera indispensable analizar las subcategorías incluidas dentro de los TC y TNC mediante la respectiva presentación tabular y gráfica que se inserta en la tabla 7 y figuras 15 y 16.

Tabla 7.

Valores porcentuales de TP, TC Y TNC para el encofrado

	Actividad	Frecuencia relativa (%)	Frecuencia acumulada (%)
TP	TP	38	38
TC	M	12,74	50,74
	T	12,25	62,99
	HE	9,31	72,30
	I	5,88	78,18
	L	5,39	83,57
	HM	1,96	85,53
	X	1,47	87,00
	E	7,15	94,15
TNC	O	1,56	95,71
	D	1,30	97,01
	V	1,30	98,31
	N	0,78	99,09
	Y	0,65	99,74
	R	0,26	100,00
		TOTAL	100,00

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 6 se observan los valores de 49% de TC y 13% de TNC distribuidos en las diferentes subcategorías consideradas en el formato de la Carta de Balance, siendo necesario especificar que entre las actividades contributivas realizadas por los obreros para operacionalizar el encofrado, las mediciones se sitúan en el primer lugar con un 12,74% seguidas del transporte de materiales y equipos que presentan un valor de 12,25%.

Si se revisa la graficación de los valores porcentuales de las actividades contributivas del encofrado en la figura 15 y se suman los valores porcentuales de las dos primeras categorías se arriba a la conclusión de que mitad (24,99% de 49%) de las actividades que se ejecutan para apoyar la operación de encofrado se centran en las mediciones (M) y el transporte de materiales, herramientas y equipos (T).

La otra mitad del trabajo contributivo se reparte en el resto de las otras actividades, preponderantemente hacia la habilitación de equipos y herramientas (HE – 9,3%), el giro y recepción de instrucciones (I – 5,88%) y las labores de limpieza y organización (L – 5,39%).

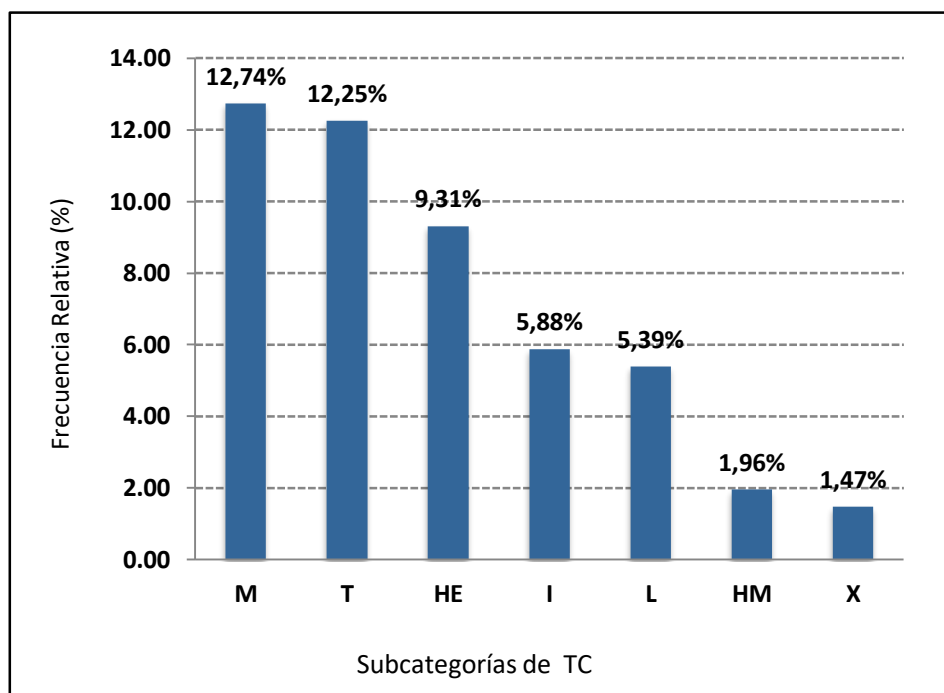


Figura 15: Valores porcentuales de las subcategorías de TC para el encofrado (Elaboración propia).

En cuanto al trabajo no contributivo o denominado por algunos autores como trabajo improductivo (Padilla, 2016), el mayor porcentaje para el encofrado se corresponde con los lapsos de espera (7,15%), cuyo valor representa más de la mitad del porcentaje de observaciones en las que se registró la realización de alguna actividad no contributiva.

En la figura 16 resalta que otro 4,6% se distribuye entre los tiempos de ocio (T), tiempos de descanso (D) y viajes (V), los cuales se conjugan con una menor proporción del tiempo que utilizan los obreros para sus necesidades fisiológicas (N – 0,78%), otras actividades no productivas (Y – 0,65%) y trabajos rehechos (R – 0,26%).

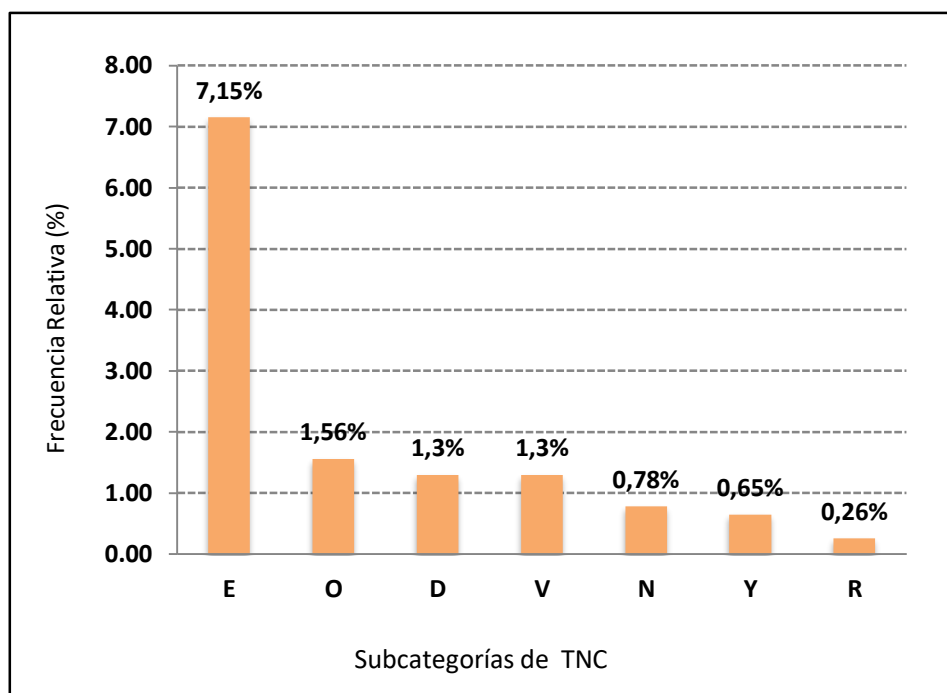


Figura 16: Valores porcentuales de las subcategorías de TNC para el encofrado (Elaboración propia).

Ahora bien, la carta de balance como instrumento Lean Construction también sirve para medir individualmente las actividades que realizan los obreros durante el lapso de observación y analizar el balanceo de responsabilidades y trabajos que se distribuyen entre los diferentes obreros de conforman una cuadrilla. Por tanto, se presentan en la tabla 8 y figura 17 los valores correspondientes al desempeño de la cuadrilla en los TP, TC y TNC.

Adicionalmente, se considera indispensable reseñar que la cuadrilla auditada con la Carta de Balance para la actividad de encofrado se conformó de cinco trabajadores, específicamente dos oficiales, dos operarios y un peón, los cuales se desempeñaron de acuerdo a su perfil laboral y a la asignación de responsabilidades dentro de la planificación del proceso constructivo de encofrado. Estos trabajadores se identifican en la tabla 8 y figura 17 con la denominación alfabética de A, B, C, D y E.

Ciñendo entonces el análisis a las observaciones y registros realizados para cada obrero, resalta que los obreros A y B presentan porcentajes elevados de TP, 58% y 69%

respectivamente, mientras que el desempeño de los trabajadores D y E es mucho menor, con 39 y 28%, y en último lugar se cuenta el caso del obrero C que particularmente no realizó ningún trabajo productivo durante el lapso de observación.

Tabla 8.

Valores porcentuales de TP, TC y TNC de cada obrero de la cuadrilla evaluada para encofrado.

	A	B	C	D	E
TP	58	69	0	39	28
TC	25	21	90	54	61
TNC	17	10	10	7	11
Total	100	100	100	100	100

Fuente: Elaboración propia.

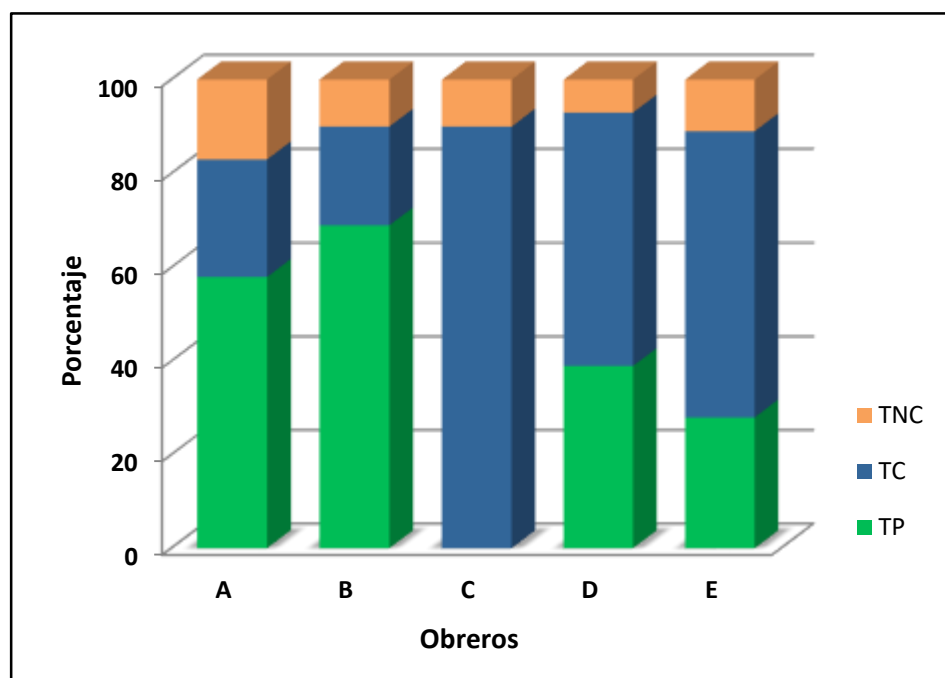


Figura 17: Valores porcentuales de TP, TC y TNC de los obreros de la cuadrilla evaluada para encofrado (Elaboración propia).

Conviene apuntar que esta distribución porcentual de TP y TC que se refleja claramente en la figura 8 podría obedecer a las responsabilidades asignadas a cada trabajador; por ejemplo, el peón de la construcción comúnmente realiza tareas menos especializadas debido a su perfil laboral y por ende, se encarga de hacer las labores de limpieza, traslado de materiales, preparación de las herramientas y equipos, entre otras, que son consideradas como trabajos contributivos.

Lo anteriormente expuesto podría considerarse como la explicación al registro de que el trabajador C no presente ninguna actividad considerada como TP, ya que se corresponde con el trabajador que funge el rol de peón dentro de la cuadrilla, mientras que A y B se son los operarios, y por ende, presentan mayor porcentaje de actividades productivas dentro del proceso constructivo de encofrado.

4.3.2. Actividad constructiva de acero.

Para las operaciones o actividades que atañen al proceso constructivo de acero de refuerzo se registró a nivel general un valor porcentual de 76% para el TP, acompañándose de 16% para TC y apenas un 8% para los trabajos no contributivos o improductivos, los cuales son presentados en la figura 18. Por tanto, se puede concluir que la actividad de acero de refuerzo se configura como la operación con mayores niveles de productividad de la mano de obra en comparación con el encofrado y el vaciado de concreto.

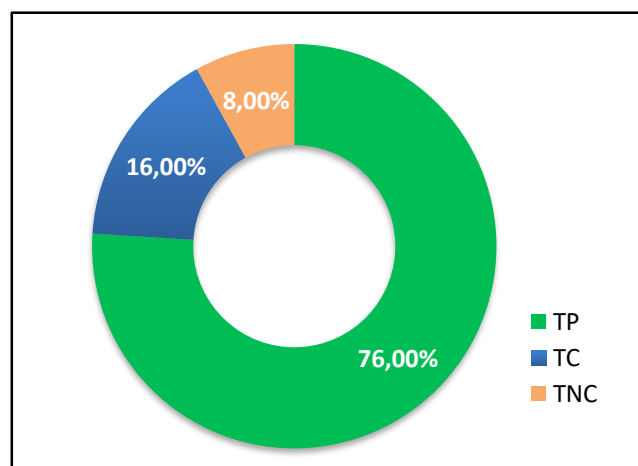


Figura 18: Porcentajes de TP, TC y TNC para el acero de refuerzo (Elaboración propia).

Respecto a la discriminación del 16% de los TC en sus diferentes subcategorías, se presenta la tabla 9 y el diagrama en barras de la figura 19 que de forma conjunta muestran que las actividades de transporte fueron las que mayor aporte hicieron al trabajo contributivo para la operación de acero de refuerzo (9,12%) aunado a un 6,88% de trabajos contributivos discriminados en habilitación de materiales (HM – 2,04%), otros contributivos (X – 2,08%), indicaciones (I – 1,76%) y mediciones (M – 0,64%).

Tabla 9.

Valores porcentuales de TP, TC y TNC para el acero de refuerzo

	Actividad	Frecuencia relativa (%)	Frecuencia acumulada (%)
TP	TP	76	76
TC	T	9.12	9.12
	HM	2.4	11.52
	X	2.08	13.60
	I	1.76	15.36
	M	0.64	16.00
	HE	0	16.00
	L	0	16.00
TNC	E	7.12	23.12
	N	0.88	24.00
	O	0	24.00
	D	0	24.00
	V	0	24.00
	R	0	24.00
	Y	0	24.00
	TOTAL	100,00	

Fuente: Elaboración propia.

Por su parte, en la figura 20 se muestra gráficamente los valores porcentuales de los TNC, denotándose que el 8% de las actividades no contributivas se reparte en un 7,12% para los lapsos de espera y sólo un 0,88% para las necesidades fisiológicas del recurso humano que conforma la cuadrilla.

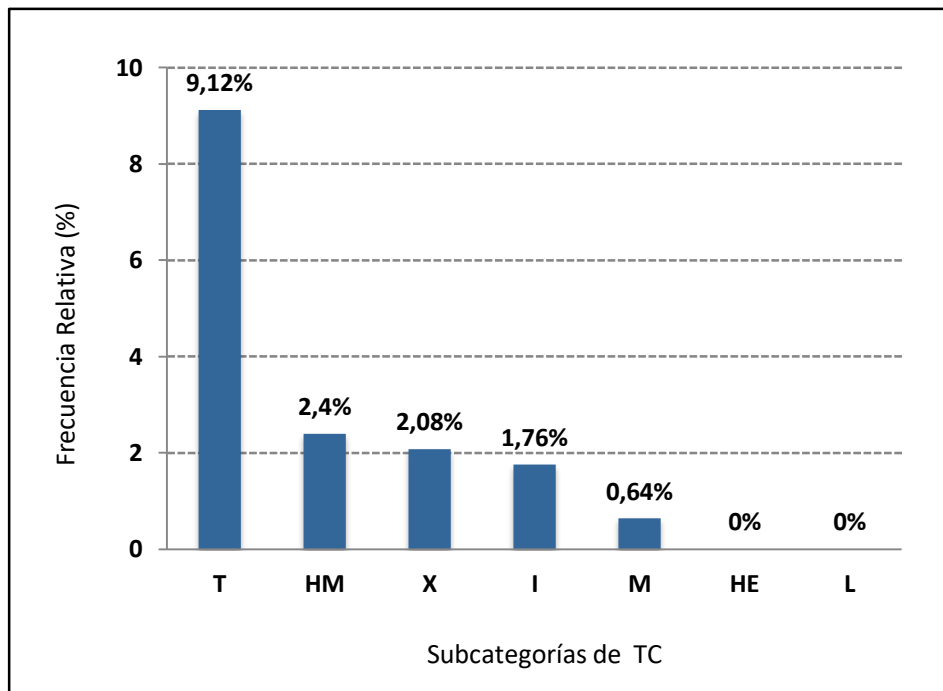


Figura 19: Valores porcentuales de las subcategorías de TC para el acero de refuerzo (Elaboración propia).

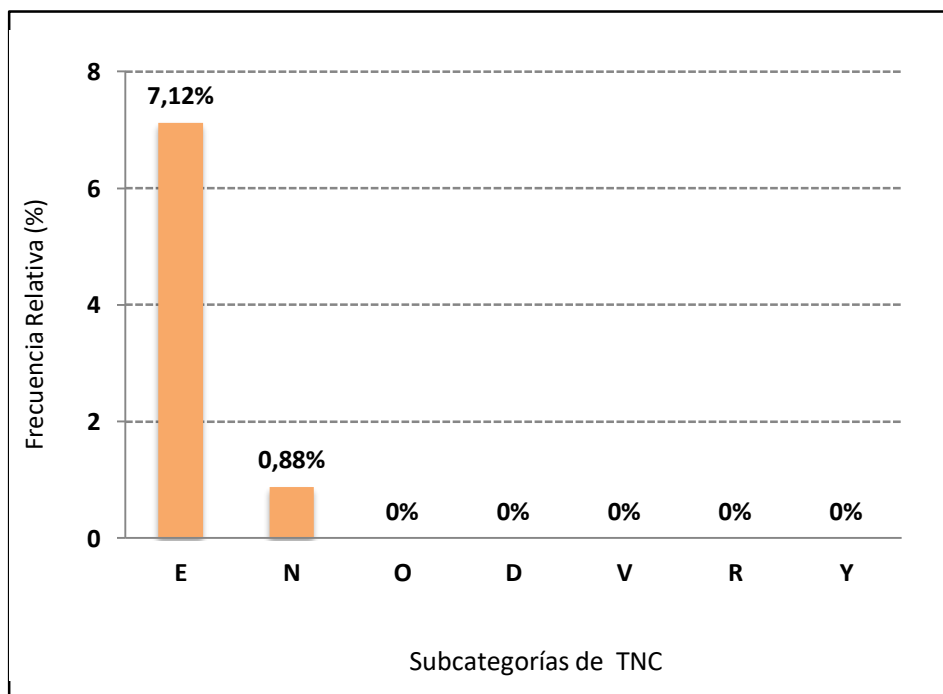


Figura 20: Valores porcentuales de las subcategorías de TNC para el acero de refuerzo (Elaboración propia).

Una vez presentada la descripción de los resultados que arrojaron las mediciones a nivel general para los TP, TC y TNC del acero de encofrado, se continúa con la presentación de los resultados de la medición sobre las actividades ejecutadas por los trabajadores que conformaron la cuadrilla durante el tiempo de la observación, destacando que la cuadrilla en cuestión se conformó de tres operarios, dos oficiales y un peón de construcción.

En este sentido, la tabla 10 contiene los valores porcentuales de las mediciones de TP, TC y TNC distribuidas en los cinco trabajadores (A, B, C, D, E y F), los cuales presentan valores altos de trabajo productivo, en su mayoría por encima del 70%, con excepción del trabajador F que sólo presentó un 30% de TP; acompañados de valores porcentuales muy reducidos para las actividades no contributivas (menores a 11%), a excepción nuevamente del trabajador F que ostenta un 41% de actividades no contributivas; cuestión que favorece significativamente la productividad de la mano de obra para la actividad de acero de refuerzo.

Tabla 10.

Valores porcentuales de TP, TC y TNC de cada obrero de la cuadrilla evaluada para el acero reforzado.

	A	B	C	D	E	F
TP	88	75	79	87	70	30
TC	8	14	11	4	24	29
TNC	4	11	10	9	6	41
Total	100	100	100	100	100	30

Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente se inserta el diagrama en barras de la figura 21 que muestra visualmente la predominancia de los trabajos productivos para cinco integrantes de la cuadrilla evaluada y los porcentajes atípicos del trabajador F, que a diferencia del resto de la cuadrilla presenta un valor elevado de actividades no contributivas.

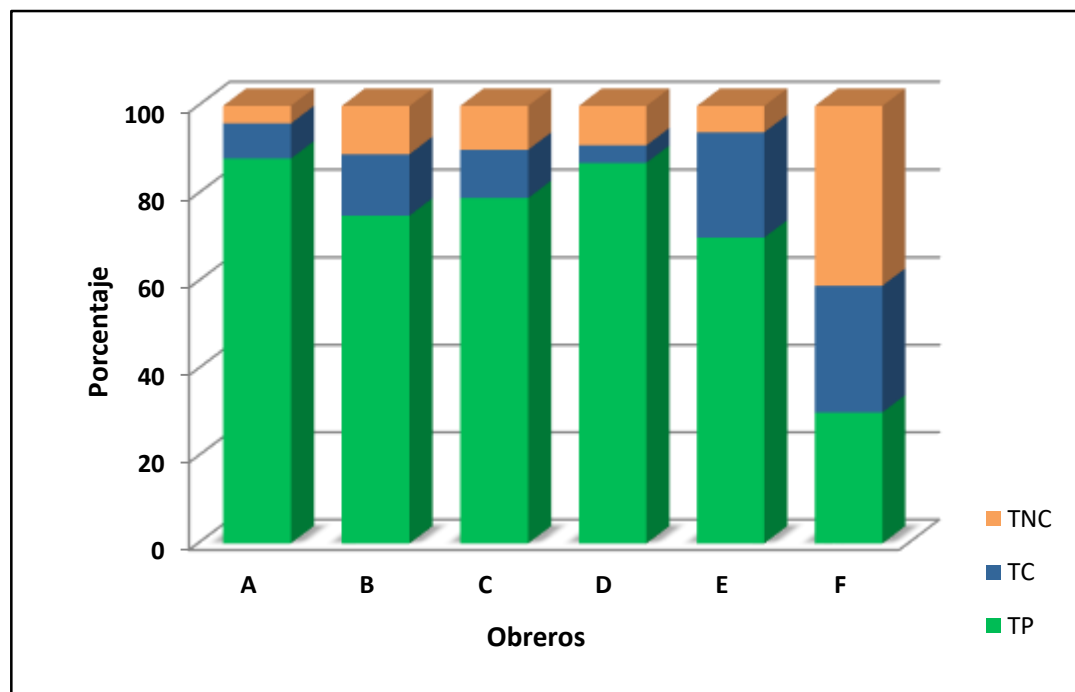


Figura 21: Valores porcentuales de TP, TC y TNC de los obreros de la cuadrilla evaluada para el acero de refuerzo (Elaboración propia).

Así que los datos recogidos en la tabla 10 y la figura 21 dejan entrever que existe un balanceo eficiente de responsabilidades y trabajos productivos, contributivos y no contributivos en los integrantes A, B, C, D y E lo cual conlleva a que el proceso constructivo de acero de refuerzo presente el mayor nivel de productividad de la mano de obra dentro de las actividades evaluadas. No obstante, también apunta a la existencia de un trabajador (obrero F) que no se ajusta al esquema de trabajo de la cuadrilla y que debe ser objeto de revisión y adecuación.

Por consiguiente, la aplicación de la Carta de Balance en el caso del acero de refuerzo proporcionó información muy valiosa para que se plantee una revisión exhaustiva de las responsabilidades y trabajos ejecutados por los miembros de la cuadrilla, basándose en la identificación de dificultades con el obrero F que presentó un 41% de trabajos no contributivos o improductivos para el proceso constructivo en cuestión.

4.3.2. Actividad constructiva de vaciado de concreto.

En la figura 22 se muestran los resultados alcanzados luego de la recogida de información cuantitativa respectiva a los TP, TC y TNC del vaciado de concreto, precisándose que los trabajos constructivos alcanzaron el 47% posicionándose en el primer lugar, seguidos de las actividades productivas relacionadas con las conversiones del proceso constructivo con un 38% y finalmente los trabajos no contributivos o improductivos con un 15%.

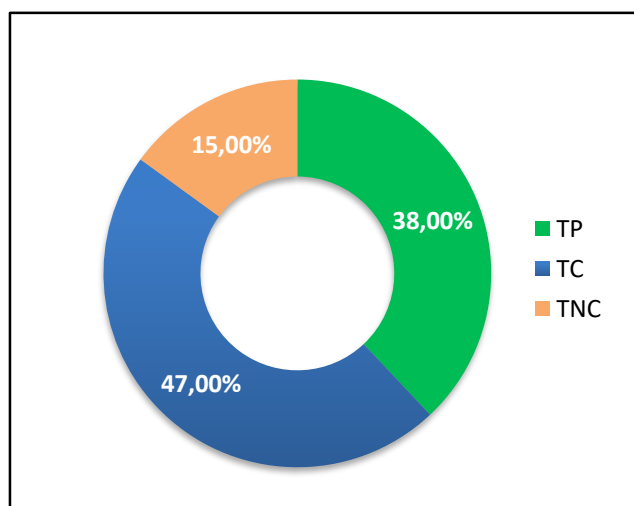


Figura 22: Porcentajes de TP, TC y TNC para el vaciado de concreto (Elaboración propia).

Prácticamente la mitad del 47% de las actividades contributivas se concentran en los flujos relacionados con el transporte (T – 13,63%) y las mediciones (M – 11,28%), y el restante porcentaje se reparte en el resto de subcategorías (habilitación de materiales, indicaciones, limpieza, habilitación de equipos y otros contributivos) tal como se muestra en la tabla 11 y la figura 23.

En lo referente a la distribución del porcentaje de las actividades no contributivas, éstas se aglutinan en los lapsos de espera con un valor de 6,75% y luego se distribuyen de forma más o menos equitativa entre el resto de las subcategorías, cuya graficación se muestra en la figura 24.

Tabla 11.

Valores porcentuales de TP, TC y TNC para el vaciado de concreto

	Actividad	Frecuencia relativa (%)	Frecuencia acumulada (%)
TP	TP	38	38,00
	T	13,63	51,63
TC	M	11,28	6291
	HM	7,52	7043
	I	6,11	76,54
	L	5,17	81,71
	HE	1,88	83,59
	X	1,41	85,00
	E	6,75	91,75
TNC	D	1,95	93,70
	O	1,80	95,50
	Y	1,50	97,00
	N	1,20	98,20
	V	1,05	99,25
	R	0,75	100,00
	TOTAL		100,00

Fuente: Elaboración propia.

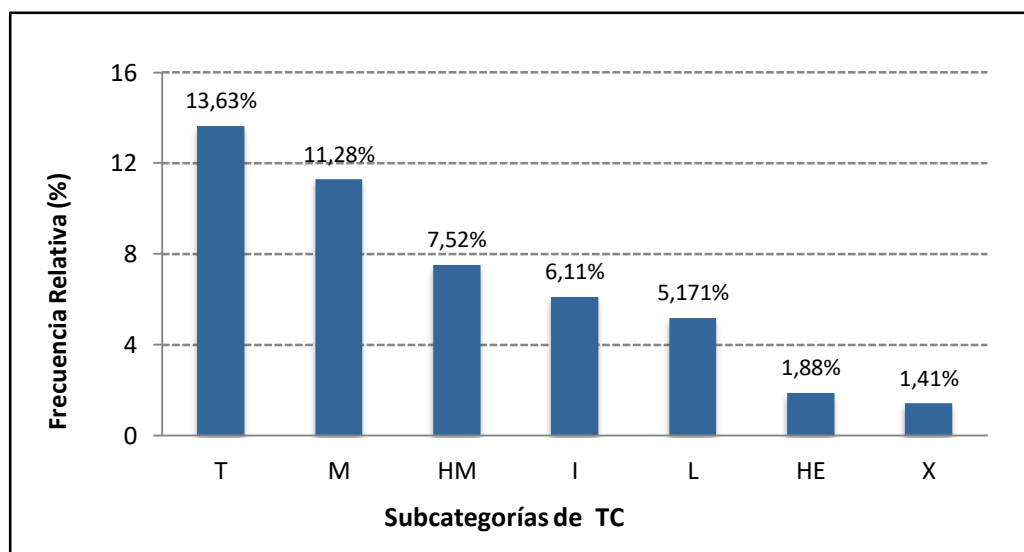


Figura 23: Valores porcentuales de las subcategorías de TC para el vaciado de concreto (Elaboración propia).

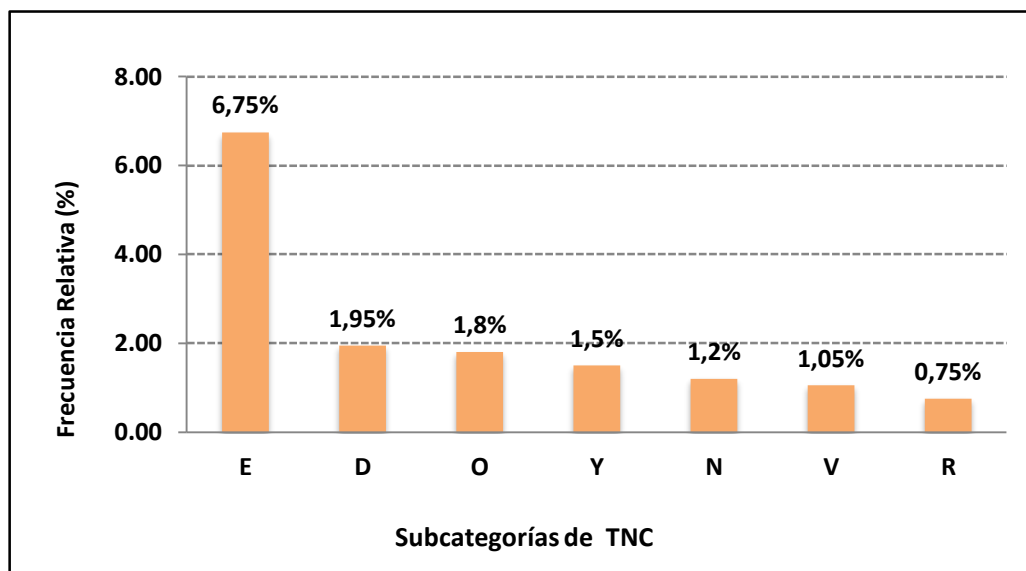


Figura 24: Valores porcentuales de las subcategorías de TNC para el vaciado de concreto (Elaboración propia).

Por otra parte, para este proceso constructivo se auditó una cuadrilla conformada por cinco miembros: dos oficiales, dos operarios y un peón, cuyos valores porcentuales de TP, TC y TNC se muestran en la tabla 11, encontrándose que solo tres trabajadores (A, B y C) presentaron niveles de productividad altos, posiblemente en relación a sus actividades como operarios y oficiales, mientras que los otros dos integrantes no realizaron labores productivas durante la observación sino que se abocaron sustancialmente a tareas contributivas.

Esta información cuantitativa reseñada en la tabla 12 es complementada con el diagrama en barra de la figura 25, en la que se distingue marcadamente que los obreros C y D se dedicaron a la ejecución de tareas contributivas o de apoyo a las conversiones del vaciado de concreto (90 y 85% respectivamente) en contraste con el resto de los integrantes de la cuadrilla que registraron valores altos de trabajos productivos. En cuanto a las actividades no contributivas, los obreros B y C presentan los valores más bajos, con un 10% para ambos, valor que va aumentando hasta llegar a un 22% en el trabajador E.

Tabla 12.

Valores porcentuales de TP, TC y TNC de cada obrero de la cuadrilla evaluada para el vaciado de concreto

	A	B	C	D	E
TP	58	69	0	0	63
TC	25	21	90	85	15
TNC	17	10	10	15	22
Total	100	100	100	100	100

Fuente: Elaboración propia.

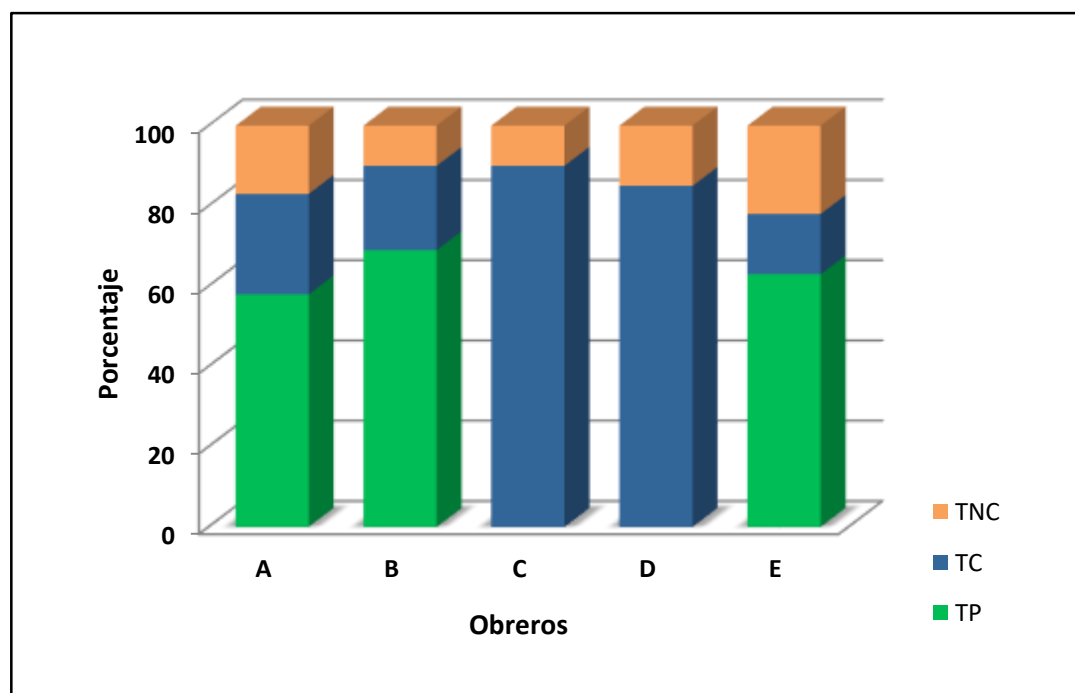


Figura 25: Valores porcentuales de TP, TC y TNC para los obreros de la cuadrilla evaluada del vaciado de concreto (Elaboración propia).

A modo de cierre de este apartado se refiere que la presente descripción será enriquecida con los análisis integrales y comparativos del capítulo siguiente y las sugerencias planteadas para la mejora de aquellos aspectos identificados como dificultades dentro de la evaluación de la productividad.

Resumen General de resultados

Tabla 13 .

Resumen general según Nivel General de Actividad

TP PARCIAL	PROMEDIO TOTAL	TC PARCIAL	PROMEDIO TOTAL	TNC PARCIAL	PROMEDIO TOTAL	TOTAL
Muestreo 1	30.10	Muestreo 1	45.07	Muestreo 1	24.83	100.00
31.91		48.99		19.1		
Muestreo 2		Muestreo 2		Muestreo 2		
27.89		54.52		17.59		
Muestreo 3		Muestreo 3		Muestreo 3		
21.11		55.43		23.46		
Muestreo 4		Muestreo 4		Muestreo 4		
29.9		40.7		29.4		
Muestreo 5		Muestreo 5		Muestreo 5		
29.15		49.25		21.61		
Muestreo 6	Muestreo 6	Muestreo 6				
33.43	39.44	27.13				
Muestreo 7	Muestreo 7	Muestreo 7				
21.36	55.03	23.62				
Muestreo 8	Muestreo 8	Muestreo 8				
36.68	39.71	23.61				
Muestreo 9	Muestreo 9	Muestreo 9				
35.18	34.42	30.40				
Muestreo 10	Muestreo 10	Muestreo 10				
34.42	33.17	32.41				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14

Resumen general de Carta de Balance

ACTIVIDAD CONSTRUCTIVA DE ENCOFRADO		TP	TC	TNC
TP	38%			
TC	49%			
TNC	13%			
ACTIVIDAD CONSTRUCTIVA DE ACERO		50%	37%	12%
TP	76%			
TC	16%			
TNC	8%			
ACTIVIDAD CONSTRUCTIVA DE VACEADO DE CONCRETO				
TP	38%			
TC	47%			
TNC	15%			

Fuente: Elaboración propia.

Capítulo V: Discusión

En aras de demostrar el cumplimiento de los objetivos y las etapas metodológicas concebidas para la investigación se desarrolla esta sección del documento mediante una estructura que contempla dos ítems transversales, a saber: - Evaluación de la productividad de la mano de obra; y – Propuesta de sugerencias para la mejoría de la productividad de la mano de obra.

5.1. Evaluación de la productividad de la mano de obra

Los resultados de las mediciones realizadas en los trece muestreos del trabajo aplicados (diez con el NGA y tres con la Carta de Balance) sobre la productividad de la mano de obra fueron ampliamente descritos en el apartado anterior, por lo que se esbozará una breve síntesis a modo de conclusiones aproximativas respecto a los hallazgos más importantes de la productividad de la mano de obra.

En primera instancia, conviene destacar que los promedios de los TP, TC y TNC obtenidos con la herramienta de NGA y especificados en la tabla 15 apuntan a que las actividades contributivas superan las otras dos categorías con un valor porcentual promedio de 45,07%, le siguen los trabajos productivos con 30,10%, valor que solo dista por cinco puntos porcentuales aproximadamente de la categoría TNC (24,83%).

Tabla 15.

Promedios porcentuales de los TP, TC y TNC

Productividad de la mano de obra	Promedios
TP (Conversiones)	30,10
TC	45, 07
TNC	24,83
Flujos (TC + TNC)	69,90

Fuente: Elaboración propia.

Si se comparan los resultados obtenidos con los arrojados por algunos estudios previos se tiene que existen congruencias y disparidades, por ejemplo, el estudio de Arcaya y Mamani (2019) sobre la valoración de la productividad de la mano de obra de cuatro proyectos constructivos arrojó valores porcentuales de TP que variaron en un rango de 29,24% y 40,33, de TC entre 31% y 37,63% y de TNC entre 13,81% y 17,94%. Al hacer el análisis comparativo se denota que en efecto el valor promedio de TP obtenido (30,10%) se encuentra dentro del rango de Arcaya y Mamani (2019); no obstante, los valores porcentuales promedio de TC (45,07%) y TNC (24,83%) son mayores que los de Arcaya y Mamani (2019) entre siete y ocho puntos porcentuales.

	SUB CATEGORIAS	Arcaya y Mamani (2019)		SUB CATEGORIAS	Gilacopa y Rider (2020)
TP		29.24%	40.33%		30.10%
TC	Transporte de material	31.00%	37.63%	Mediciones	45.07%
	Recibir o dar instrucciones			Transporte	
	Mediciones			Limpieza	
	Limpieza			Instrucciones	
	Andamios			Habilitacion de material	
	Busqueda de materiales			Hab. De equipo y herramientas	
	Seguridad en el trabajo			Otros	
	Otros trabajos contributorios				
TNC		13.81%	17.97%		24.83%

Figura 26: Comparación de valores porcentuales de TP, TC y TNC (Elaboración propia).

En el estudio nacional de Quispe (2017) se aplicó la herramienta NGA de Lean Construction y se obtuvieron los siguientes resultados porcentuales: - TP 31%; - TC 41%; y - TNC 27%, los cuales se acercan mucho a los resultados obtenidos en la presente investigación. Así mismo, otra investigación nacional desarrollada por Mercado y Ruiz (2018) obtuvo resultados también similares especificados a continuación: “TP 32%, TC 40% y TNC 28%” (Mercado y Ruiz, 2018, p. 4).

	SUB CATEGORIAS	Quispe (2017)		SUB CATEGORIAS	Gilacopa y Rider (2020)
TP		29.24%	31.00%		30.10%
TC	Transporte de elementos	31.00%	41.00%	Mediciones	45.07%
	Lectura de planos, mediciones			Transporte	
	Limpieza			Limpieza	
	Instrucciones			Instrucciones	
	Preparar mezcla			Habilitacion de material	
	Andamios y/o proteccion			Hab. De equipo y herramientas	
	Desplazamiento			Otros	
	Desencofrado				
	Colocacion de separadores de concreto				
	Otros				
TNC		13.81%	27.00%		24.83%

Figura 27: Comparación de valores porcentuales de TP, TC y TNC (Elaboración propia).

	SUB CATEGORIAS	Mercado y Ruiz (2020)		SUB CATEGORIAS	Gilacopa y Rider (2020)
TP		29.24%	32.00%		30.10%
TC	Verificación de niveles de corte y relleno	31.00%	40.00%	Mediciones	40.07%
	Coordinar - indicaciones			Transporte	
	Bombeo de agua			Limpieza	
	Prueba de densidad in situ			Instrucciones	
	Humedecimiento de base granular			Habilitación de material	
	Alineamiento y aplome de encofrados			Hab. De equipo y herramientas	
	Marcado y revisión de juntas en pavimentos			Otros	
	Revisión de colocación de acero				
	Transporte de material				
	Limpieza				
	Revisión y colocación de puntos de nivel				
	Traslado de personal				
	Prueba de slump en concreto				
	Habilitación de paneles				
Protección de la zona de vacéo					
TNC		13.81%	28.00%		24.83%

Figura 28: Comparación de valores porcentuales de TP, TC y TNC (Elaboración propia).

Por consiguiente, se puede concluir que los resultados alcanzados en la presente investigación se asemejan mucho a los datos arrojados por otros estudios de reciente data, aunado al hecho de que la suma de los valores porcentuales de TC y TNC (Flujos) da como resultado 69,9% (ver tabla 12) y por ende, se arraiga en la afirmación de los investigadores Gómez y Morales (2016), quienes aseveran que “el sector de la construcción [...] presenta porcentajes de trabajo productivo de cerca del 40%, el tiempo restante se ve invertido en la realización de actividades de desarrollo y apoyo de la actividad principal” (Gómez y Morales, 2016, p. 23); es decir, alrededor del 60% del trabajo en los proyectos constructivos se destina hacia los flujos y actividades de apoyo y no hacia las operaciones de conversión.

En lo concerniente a los valores puntuales para cada muestreo del trabajo se tiene que los porcentajes de TC siempre estuvieron por encima de los valores de TP y TNC observados y registrados durante el lapso de diez días; sin embargo, en los muestreos 3 y 7, los valores porcentuales de TNC superaron a los TP, es decir, los días 12/08/20 y 21/08/20 las actividades no contributivas o improductivas fueron las que dominaron en el desempeño de la mano de obra del proyecto constructivo bajo estudio.

En cuanto a la aplicación de la Carta de Balance, este recurso Lean Construction proporcionó los datos pertinentes sobre los TP, TC y TNC de las actividades constructivas de encofrado, acero de refuerzo y vaciado de concreto, los cuales se

presentan en la tabla 16 y muestran la diferencia drástica entre los porcentajes de TP de las labores agrupadas en el acero de refuerzo (76%) y el encofrado (38%) y vaciado de concreto (38%), así como también, la diferencia drástica entre las actividades contributivas para el acero de refuerzo (16%), el encofrado (49%) y el vaciado de concreto (47%).

De modo que los porcentajes de TP, TC y TNC de las actividades de encofrado y vaciado de concreto muestran un comportamiento aproximado al referido por Gómez y Morales (2016) para el sector de la construcción, mientras que el desempeño de la mano de obra para la actividad de acero de refuerzo representa un caso verdaderamente excepcional de trabajo productivo por parte de la mano de obra, en el que las conversiones (TP) llegan al 76% y los flujos (TC y TNC) presentan el 24% de las actividades realizadas durante el desarrollo del proceso constructivo asociado a el acero de refuerzo.

Tabla 16. Valores porcentuales de TP, TC y TNC para las actividades evaluadas por la Carta de Balance

Valores porcentuales de TP, TC y TNC para las actividades evaluadas por la Carta de Balance

Productividad de la mano de obra	Encofrado	Acero de refuerzo	Vaciado de concreto
TP (Conversiones)	38,00	76,00	38,00
TC	49,00	16,00	47,00
TNC	13,00	8,00	15,00
Flujos (TC + TNC)	62,00	24,00	62,00

Fuente: Elaboración propia.

Por último, la valoración del desempeño de los obreros que conformaron las cuadrillas auditadas dejó entrever que el perfil laboral de los trabajadores influye en las actividades que éstos ejecutan, por ejemplo, el peón de la construcción generalmente es el responsable de las labores de organización y limpieza, transporte de materiales y habilitación de herramientas y equipos; y por ende, presentan un porcentaje mayor de actividades contributivas (TP) como en el caso de los trabajadores C y D para la actividad constructiva de vaciado de concreto; en contraste con los operarios, que por sus competencias laborales se desempeñan directamente en las conversiones o trabajos

productivos de los procesos constructivos (obreros A, B, C, D y E de la cuadrilla valorada para el acero de refuerzo).

También es oportuno indicar que entre los obreros evaluados destacan algunos casos particulares como el trabajador F de la cuadrilla evaluada para el acero de refuerzo, que presenta un 41% de TNC por encima del 29% de TC y 30% de TP, cuestión que es atípica dentro de la cuadrilla valorada y que indica una desproporción adversa respecto a la realización de actividades que no son productivas.

A modo de cierre de este apartado dedicado a desarrollar el análisis respectivo a la evaluación de la productividad de la mano de obra para el proyecto civil “Mejoramiento de los servicios educativos de la Institución Educativa Manuel A. Odria, Distrito Ciudad Nueva – Tacna” se puede acotar que en líneas generales, los resultados obtenidos de los TP, TC y TNC como dimensiones de la productividad de la mano de obra se asemejan a los resultados alcanzados por otras investigaciones nacionales desarrolladas también en el ramo de la construcción y además se enmarcan dentro de la tendencia general del sector de la construcción que generalmente muestra que la mano de obra se desempeña aproximadamente en un 40% de trabajos productivos o de conversión y en un 60% de actividades contributivas y no contributivas o los denominados flujos de los procesos constructivos (Gómez y Morales, 2016).

Estos resultados de productividad de la mano de obra del proyecto constructivo objeto de estudio son considerados como un nivel bajo por algunos autores, entre estos Gómez y Morales (2016) quienes apuntan que esto se repite para muchas empresas constructoras y que debe ser atendido a través de medidas de adecuación, planificación y gestión de los procesos constructivos intrínsecos a los proyectos civiles, así como también, cambios drásticos en la cultura organizacional y en los modos de inducción, capacitación y actualización de los trabajadores, quienes fungen un rol muy importante en la productividad del sector de la construcción.

5.2. Propuesta de sugerencias para la mejoría de la productividad de la mano de obra

En base a los resultados obtenidos en la medición y evaluación de la productividad de la mano de obra del proyecto constructivo “Mejoramiento de los servicios educativos de la Institución Educativa Manuel A. Odria, Distrito Ciudad Nueva – Tacna” se pueden

proponer algunas sugerencias en aras de contribuir a la atención efectiva de aquellos aspectos identificados como desfavorables y la mejoría sustancial de los porcentajes de trabajos productivos (TP) por parte de la mano de obra.

Previo a estas sugerencias es indispensable hacer un paréntesis para resaltar que sólo la aplicación de las herramientas Lean Construction para la medición y evaluación de la productividad de la mano de obra del proyecto civil en cuestión representa en sí mismo una significativa contribución al conocimiento asertivo del desempeño de la mano de obra y el primer paso hacia una gestión y planificación más adecuada y eficaz, orientada con los conceptos modernos de la filosofía Lean Construction.

Ahora bien, a continuación, se listan una serie de sugerencias, algunas más generales y otras más específicas, que deben ser tomadas en cuenta por los profesionales responsables del proyecto civil “Mejoramiento de los servicios educativos de la Institución Educativa Manuel A. Odria, Distrito Ciudad Nueva – Tacna” para la optimización del desempeño de la mano de obra y por ende, la mejora del nivel de productividad del trabajo:

- Se debe propender a realizar acciones por parte del equipo gerencial que induzcan cambios en la cultura organizacional de la empresa constructora responsable del proyecto civil en cuestión, de manera que el recurso humano, desde el personal administrativo hasta los actores operativos y gerentes, migren de forma conjunta hacia una cultura organizacional de mejora continua de las competencias, procesos y productos finales bajo el lema de la filosofía Lean Construction de “mejora continua de la producción” (Porras et al., 2014) y los principios propuestos por Koskela y Huovila (2002 citados por Porras et al., 2014). Para esto es indispensable que se desarrollen actividades como exposiciones conceptuales y pragmáticas dirigidas a todo el personal que conforma las cuadrillas de trabajo, acompañamiento gerencial y técnico a los profesionales que lideran el proyecto civil, estructuración de los canales de comunicación, diligenciamiento de formatos de seguimiento y monitoreo para los diferentes procesos constructivos, capacitaciones, reuniones para informar y reflexionar sobre la importancia de los valores organizacionales y del cumplimiento de las metas del proyecto constructivo.

- Otra de las sugerencias que se considera sumamente importante es la definición de los perfiles laborales de los diferentes cargos estipulados dentro del proyecto civil y más específicamente dentro de las cuadrillas de trabajo, de modo que se establezcan los conocimientos y habilidades requeridas por cada cargo; así como también, las responsabilidades y actividades que se debe ejecutar, bien sea productivas o contributivas.
- También se deben diseñar esquemas sobre las diferentes operaciones o procesos constructivos, por ejemplo, el encofrado, el acero de refuerzo y el vaciado de concreto, especificando el flujo de la producción desde la primera conversión hasta la obtención del producto final, los cuales deben ser formalizados como esquemas de trabajo y difundidos eficazmente entre la mano de obra, para que ésta obtenga el conocimiento pertinente sobre las etapas y requerimientos del proceso constructivo en el que labora.
- A fin de fomentar uno de los principios más importantes de la filosofía Lean Construction se debería elaborar un plan de calidad para los productos finales de los diferentes procesos constructivos del proyecto civil, de manera que se pueda efectuar una evaluación objetiva con un instrumento previamente elaborado sobre el nivel de calidad de los productos entregados.
- Ampliando un poco más sobre el tema de la comunicación se recomienda establecer protocolos para los niveles y canales de información, tanto informales como formales, con la intención de mantener un intercambio fluido de información entre el personal de la cuadrilla y los gerentes o responsables de la obra que contribuya a la detección oportuna de problemas o dificultades en los flujos y conversiones de las actividades constructivas.
- Desde otra arista de la productividad de la mano de obra, es indispensable que se realicen jornadas de capacitación del recurso humano en los temas principales de la filosofía Lean Construction y sobre las diferentes labores que se desempeñan dentro de los procesos constructivos del proyecto civil, para inducir a una mejora continua de los conocimientos y habilidades de la mano de obra y motivar a un mejor desempeño dentro de los trabajos productivos implícitos en las actividades constructivas.
- Precizando un poco sobre las condiciones desfavorables identificadas se considera idóneo que se realice un monitoreo sobre el desempeño de los trabajadores que conformaron las cuadrillas auditadas, sobre todo en los obreros especificados a

continuación: C de encofrado, F de acero de refuerzo, C y D de vaciado de concreto.

En el caso de C de encofrado y C y D de vaciado de concreto se debe revisar si el alto porcentaje de trabajo contributivo se ajusta a su perfil laboral y a las responsabilidades asignadas dentro de la cuadrilla, que determinan una mayor dedicación a las actividades contributivas, o caso contrario no responden a una cuestión laboral.

Para F de acero es relevante la supervisión en aras de identificar las causas de su bajo nivel de trabajo productividad aunado a un alto porcentaje de improductividad centrado en actividades de espera.

- En lo referente a las actividades no contributivas o improductivas se destaca que la actividad más crítica son las esperas (E), por su existencia reiterativa como la categoría de mayor porcentaje en todos los muestreos del trabajo del NGA y en los muestreos de la Carta de Balance, en otras palabras, la mano de obra que presenta porcentajes de trabajo no contributivo dedica un importante lapso de este tiempo a realizar esperas.

Por consiguiente, se debe hacer una revisión exhaustiva de los motivos de estos lapsos de espera para corroborar si están relacionados con algunas condiciones de los procesos constructivos o si devienen de flujos deficientes de entrega de equipos, materiales o instrucciones, para así aplicar los correctivos necesarios en aras de solucionar la posible situación adversa que esté originando este patrón de desempeño improductivo por parte de la mano de obra.

- Por último, es ineludible la elaboración de un formato de seguimiento de los diferentes momentos de los procesos constructivos y las etapas de construcción del proyecto civil, que conduzca a un proceso constante de revisión, ajuste y mejoramiento del trabajo de la mano de obra para cumplir con los plazos acordados y los estándares de calidad de los productos finales entregados.

Conclusiones

Los resultados alcanzados en la presente investigación dejan entrever la importancia de realizar el monitoreo y evaluación continua del trabajo ejecutado por la mano de obra en un proyecto constructivo, puesto que éste permite en primer lugar, hacer la valoración oportuna y eficaz de las conversiones y flujos de los procesos constructivos mediante la medición de los trabajos productivos (TP), trabajos contributivos (TC) y trabajos no contributivos (TNC); en segundo lugar, identificar aquellos aspectos adversos que pueden estar afectando la productividad de la mano de obra; y en tercer lugar, plantear los correctivos pertinentes y ajustados a la realidad evaluada que mejoren el desempeño de la mano de obra y optimicen su productividad.

Es así que el cumplimiento del protocolo metodológico, la consecución de los objetivos y el alcance de los resultados esperados permitieron arribar a las siguientes conclusiones:

Conclusión 1: Mediante la aplicación de la filosofía Lean Construction se ha determinado la influencia en la mejora de la productividad de las obras de edificaciones de la Ciudad de Tacna, los resultados presentados demuestran que se logró alcanzar el objetivo general de la investigación, puesto que se reseñó la evaluación de la productividad de la mano de obra en función de los diferentes valores de TP, TC y TCN obtenidos mediante la aplicación de las dos herramientas Lean Construction: NGA y Carta de Balance, las cuales resultaron de mucha utilidad para el registro, procesamiento y análisis de las observaciones realizadas durante los diferentes muestreos del trabajo.

Conclusión 2: Con la implementación de la herramienta de la filosofía Lean Construction, Nivel General de Actividad de Obra, se conoció que incide significativamente en la productividad, ello con el fin de conocer el nivel de productividad que presenta el proyecto “Mejoramiento de los Servicios Educativos de la Institución Educativa Manuel A. Odria – Tacna”

Conclusión 3: Con la implementación de aplicación de Carta de Balance de Cuadrilla se determinó que impacta positivamente en la productividad de las cuadrillas, dando a conocer el nivel de TP de las actividades más incidentes, 1) encofrado, 2) acero de refuerzo, 3) vaciado de concreto.

Conclusión 4: se determinó las razones por la cual los Trabajos Contributorios (45%) y No Contributorio (25%) son mayores al Trabajo Productivo (30%). Mediante el diagrama de Pareto se visualizó las actividades que son parte del 20% de las causas que genera el 80% de deficiencia.

para la actividad de encofrado se tiene las mediciones, transporte y habilitación de material son los Trabajos Contributorios más representativos, esto debido a la mala coordinación con el almacenamiento de los materiales. Y para el caso de Trabajo No Contributorio proliferan Esperas y Ocio.

Para la actividad de acero, el Transporte y Habilidadación de material son los Trabajos Contributorios más representativos y en el Trabajo No Contributorio se tiene Esperas.

Para la actividad de concreto, proliferan Transportes, Mediciones y Habilidadación de material en el Trabajo Contributorio, y en los Trabajos No Contributorio se tiene Esperas y Descansos.

Una vez efectuadas las etapas metodológicas de medición y evaluación de las dimensiones consideradas de la productividad de la mano de obra se presentaron diferentes sugerencias para la optimización del desempeño de los obreros y la mejoría sustancial de la productividad laboral, desde un marco general hasta un contexto específico con la presentación de planteamientos correctivos para el trabajo de algunos de los obreros que conformaron las cuadrillas auditadas.

En este sentido y como conclusión general se puede resaltar que la aplicación de las herramientas Lean Construction para la respectiva evaluación del trabajo de la mano de obra del proyecto constructivo objeto de estudio representa en sí mismo un camino andado hacia la mejora de la productividad de la mano de obra y la planificación y gestión adecuada de los procesos constructivos que garantizan la culminación exitosa de la obra civil.

Recomendaciones

- Se recomienda a las empresas contratista en el rubro de edificaciones, tomar en consideración la Aplicación de la Filosofía Lean Construction, tomando en cuenta las herramientas Nivel General de Actividad de Obra y Carta de Balance, las cuales ayudaran a conocer el nivel general de productividad de obra y posteriormente optimizar la productividad y reducir las pérdidas.

En el proyecto estudiado se han aplicado 2 herramientas de la Filosofia Lean Construction, existen también distintas herramientas que sin lugar a duda mejoraría el proceso no solo de construcción sino también en otras industrias.

Se recomienda la aplicación de la herramienta One Touch Handling, esta herramienta disminuirá la re-manipulación del material desde la recepción hasta el lugar de uso.

Ejemplo:

- Descarga directa del material desde el vehículo de entrega hasta la posición final cuando sea posible.
 - Descarga dentro del “alcance de la grúa”.
 - Entrega de consumibles directamente a las manos de los usuarios finales, en lugar de mantenerlos almacenados y distribuirlos según lo requerido
- Se recomienda la aplicación de la herramienta Diagrama de Spaguetti, el cual nos ayudara a disminuir los trabajos (transporte, Viaje), herramienta utilizada para detectar el movimiento de los trabajadores y el transporte de materiales. Este diagrama da información para poder replantear las obras provisionales.
 - Se recomienda aplicación de la herramienta Orden de Trabajo, su objetivo darle al personal un instructivo en la cual este detallado la actividad a realizar. Utilizar metrados, colores y gráficos. Debe ser lo más completo y sencillo posible.

Referencias bibliográficas

- Adrianzén, Y. (2015). *Propuesta de un método de planificación basada en los principios construcción sin desperdicio, en la obra civil de Tipo Comercial "Centro Integral Torre Avelino* (Tesis de Maestría). Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela. Recuperado de <http://mriuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/handle/123456789/4101/yadrianzen.pdf?sequence=1>
- Arcaya, W. y Mamani, L. (2019). *Impacto del nivel de gestión e industrialización en la productividad de la mano de obra en proyectos ejecutados por la Universidad Nacional del Altiplano Puno, 2018 - 2019* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú. Recuperado de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/11490/Arcaya_William_Mamani_Lady.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Arevalo, S. (2018). *Implementación de la metodología Lean Construction en la productividad de la construcción del proyecto casa club recrea las Magnolias-Breña* (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/2293>
- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación*. Recuperado de <https://ebevidencia.com/wp-content/uploads/2014/12/EL-PROYECTO-DE-INVESTIGACION-6ta-Ed.-FIDIAS-G.-ARIAS.pdf>
- Arias, J., Villasís, M. y Miranda, M. (2016). El protocolo de investigación III: La población de estudio. *Revista Alergia México*, 63(2), 201 - 206. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/4867/486755023011.pdf>
- Botero, L. *Construcción sin pérdidas, análisis de procesos y filosofía lean construction*. Colombia: Editorial Legis.
- Brenes, J. (2014). *Análisis de rendimientos y productividad de mano de obra para la empresa La Puerta del Sol Equipo Constructor S.A.* (Tesis de pregrado). Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Recuperado de

https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6728/analisis_rendimientos_productividad_mano_obra%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Brioso, X. (2015). *El análisis de la construcción sin pérdidas (Lean Construction) y su relación con el Project&Construction Management: propuesta de regulación en España y su inclusión en la Ley de la Ordenación de la Edificación* (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España. Recuperado de http://oa.upm.es/40250/1/XAVIER_MAX_BRIOSO_LESCANO.pdf

Caldera, F. (2015). *Propuesta y Estudio de Método de Medición de Productividad para Obras Civiles* (Universidad Técnica Federico Santa María). Valparaíso, Chile. Recuperado de <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/42278/3560900255159UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CalticConsultores. (2020). *¿Qué es un sistema de gestión y para qué sirve?* Recuperado de <https://calticconsultores.com/articulos/sistema-gestion-sirve.html>

Cámara Peruana de la Construcción - CAPECO (2020). *Cámara Peruana de la Construcción*. Recuperado de <https://www.capeco.org/inicio>

Construmática (2020). *Partida de obra*. Recuperado de https://www.construmatica.com/construpedia/Partida_de_Obra

Correo del Perú (2019). *Diario Correo del Perú*. Recuperado de <https://diariocorreo.pe/>

Elard, V. (2017). *Evaluación de la productividad en la ejecución de obras de infraestructura de la Universidad Nacional del Altiplano Puno aplicando la filosofía Lean Construction* (Tesis de pregrado). Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez. Juliaca, Perú. Recuperado de <http://repositorio.uancv.edu.pe/bitstream/handle/UANCV/888/VALERIANO%20LAYME%20ELARD%20FREDY.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Flores E. y Ramos, M. (2018). *Análisis y evaluación de la productividad en obras de construcción vial en la ciudad de Arequipa* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/7548/ICflmееj.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Flores, M., Ramírez, N. y Rivera, C. (2018). *Análisis de la productividad de los procesos constructivos aplicando filosofía lean construction para obras civiles de gran minería : Caso de estudio HV Contratistas-Truck Shop SMCV* (Tesis de Maestría). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima, Perú. Recuperado de https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/625002/Mengoa%20_FO.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Fundación Laboral de Construcción de España (2020). *Diccionario de la Construcción*. Recuperado de <http://www.diccionariodelaconstruccion.com/>
- Garnica, A. (2017). *Diseño de metodología integral orientada a la gestión de proyectos de construcción civil empleando la herramienta Building Information Modeling (BIM). Caso: vivienda unifamiliar* (Tesis de pregrado). Universidad Metropolitana. Caracas, Venezuela. Recuperado de <https://atcpuntocurso.com/wp-content/uploads/2019/11/tesis-andrea-garnica.pdf>
- Ghio, V. (2001). *Productividad en obras de construcción: diagnóstico, crítica y propuesta*. Lima, Perú: Universidad Católica del Perú.
- Glenn, B. (2007). *The Lean Delivery System*. Brazil: SIBRAGEC.
- Gómez, A. y Morales, D. (2016). Análisis de la Productividad en la Construcción de Vivienda basada en Rendimientos de Mano de Obra. *INGE CUC*, 12(1), 21-31. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5523780.pdf>
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*. Distrito Federal, México: McGraw-Hill / Interamericana Editores.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México (2015). *Cálculo de los índices de productividad laboral y del costo unitario de la mano de obra 2015. Metodología*. Recuperado de <http://www.stps.gob.mx/gobmx/estadisticas/productividad/metodologia2015.pdf>
- Kalsaas, B. (2012). The Last Planner System Style of Planning: Its Basis in Learning Theory. *Journal of Engineering, Project, and Production Management* 2(2), 88-100. Recuperado de <https://core.ac.uk/reader/27147390>

- Lean Construction Institute - ILC (2020a). What is Lean Construction. Recuperado de <http://www.leanconstruction.org/about-us/what-is-lean-construction/>
- Lean Construction Enterprise (2020b). *Lean Construction*. Recuperao de <http://www.leanconstructionenterprise.com/documentacion/lean-construction>
- Mamani, A. (2016). *Análisis y evaluación de la productividad en la construcción de una edificación aplicando la filosofía de Lean Construction* (Tesis de pregrado). Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez”. Juliaca, Perú. Recuperado de <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/733>
- Mejía, G. y Hernández, T. (2007). Seguimiento de la Productividad en Obra: Técnicas de Medición de Rendimientos de Mano de Obra. *UIS Ingenierías*, 6(2), 45-59. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6299721.pdf>
- Mercado, M. y Ruíz, R. (2018). *Propuesta de una metodología de gestión de la producción para la mejora de la productividad en obras de pavimentación en la Provincia de Coronel Portillo-Ucayali- PERÚ* (Tesis de Maestría). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima, Perú. Recuperado de https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/625003/Mercado%20_RM.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Mora, J. (2012). *Medición y análisis de productividad de tres actividades en la construcción de un centro de distribución de 54000m2* (Tesis de pregrado). Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Recuperado de <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/6025>
- Padilla, A. (2016). *Productividad y rendimiento de mano de obra para algunos procesos constructivos seleccionados en la ejecución del edificio ISLHA del ITCR* (Tesis de pregrado). Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Recuperado de https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6732/productividad_rendimiento_procesos_constructivos_islha.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Paredes, J. M. *Aplicación de la filosofía Lean Construction para mejorar la productividad en obras de edificación de la Ciudad de Trujillo* (Tesis de Maestría). Universidad César Vallejo. Trujillo, Perú. Recuperado de <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/32755?locale-attribute=es>

- Porras, H., Sánchez, O. y Galvis, J. (2014). Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: Una revisión actual. *Avances-Investigación en Ingeniería*, 11(1), 32-53. Recuperado de <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/avances/article/view/298>
- Quispe, R. (2017). *Aplicación de "lean construction" para mejorar la productividad en la ejecución de obras de edificación, Huancavelica, 2017* (Tesis de Maestría) Universidad César Vallejo. Lima, Perú. Recuperado de http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/14979/Quispe_MRE.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rodríguez, A. y Pérez, A. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. *Revista Escuela de Administración de Negocios*(82), 1-26. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/206/20652069006.pdf>
- Serpell, A. y Alarcón, L. (2000). *Planificación y Control de Proyectos*. Chile: Ediciones UC.
- Shehata, M. y El-Gohary, K. (2011). Towards improving construction labor productivity and projects' performance. *Alexandria Engineering Journal*, 321-330. Recuperado de <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1110016812000142?token=4D8CCBBB3015D10AC52B12DDEBD1395519E4997B03AC39A2FC7A2186ED670B7099E6DE654FF074ACB88B536ECC4A1B3E>
- Sistema Nacional de Evaluación, Acreditación y Certificación de la Calidad Educativa - SINEACE (2017). *Caracterización de la región de Tacna*. Recuperado de <https://www.sineace.gob.pe/wp-content/uploads/2017/08/PERFIL-TACNA.pdf>
- Tipán, A. (2018). *Incidencia de variables de caracterización de cultura organizacional en la Filosofía Lean Construction para pequeñas y microempresas constructoras en el Ecuador*. (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador. Recuperado de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20027/1/CD-9369.pdf>
- Tsutsumi, Y. (2017). *Evaluación de una nueva metodología para la medición y evaluación de la productividad de la mano de obra* (Tesis de pregrado).

Universidad de Chile. Santiago de Chile. Recuperado de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/148353/Evaluacion-de-una-nueva-metodologia-para-la-medicion-y-evaluacion-de-la-productividad-de-la-mano-de-obra.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Villamizar, D. y Ortiz, L. (2016). *Implementación de los Principios de Lean Construction en la constructora Colproyectos S.A.S. de un proyecto de vivienda en el Municipio de Villa del Rosario*. (Tesis de Especialización). Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia. Recuperado de <https://docplayer.es/89798995-Implementacion-de-los-principios-de-lean-construction-en-la-constructora-colproyectos-s-a-s.html>

Anexos

Anexo 1: Matriz de consistencia.

Título: APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE LAS OBRAS DE EDIFICACIONES EN LA CIUDAD DE TACNA.			
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE Y DIMENSIONES
<p>Problema General</p> <p>¿De qué manera influye la aplicación de la filosofía Lean Construction para mejorar la productividad de las obras de edificaciones en la Ciudad de Tacna?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Determinar la influencia de la aplicación de la filosofía Lean Construction para mejorar la productividad de las obras de edificaciones de la Ciudad de Tacna.</p>	<p>Hipótesis General</p> <p>H₁: La aplicación de la filosofía Lean Construction influye de manera positiva en la mejora de la productividad de las obras de edificaciones en la Ciudad de Tacna.</p> <p>H₀: La aplicación de la filosofía Lean Construction no influye de manera positiva en la mejora de la productividad de las obras de edificaciones en la Ciudad de Tacna.</p>	<p>Variable:</p> <p>Productividad de la mano de obra</p> <p>Dimensiones:</p> <p>Trabajo Productivo. Trabajo Contributivo. Trabajo No contributivo.</p>
<p>Problemas Específicos</p> <p>1. ¿Cómo incide la implementación del Nivel General de Actividad de obra en la productividad de las obras de edificaciones de la ciudad de Tacna?</p>	<p>Objetivos Específicos</p> <p>1. Establecer la incidencia de la implementación del Nivel General de Actividad de obra en la productividad de las obras de edificaciones de la ciudad de Tacna.</p>	<p>Hipótesis Específicos</p> <p><i>Hipótesis específica 1</i></p> <p>H₁: La implementación del Nivel General de Actividad de obra incide significativamente en la productividad</p>	<p>Variable:</p> <p>Productividad de la mano de obra</p> <p>Dimensiones:</p> <p>Trabajo Productivo.</p>

		<p>de las obras de edificaciones de la ciudad de Tacna.</p> <p>H₀: La implementación del Nivel General de Actividad de obra no incide significativamente en la productividad de las obras de edificaciones de la ciudad de Tacna.</p>	<p>Trabajo Contributivo. Trabajo No contributivo.</p>
<p>2. ¿De qué forma impacta el Nivel de Carta de Balance de cuadrilla en la productividad de las obras de edificaciones de la ciudad de Tacna?</p>	<p>2. Definir el impacto del Nivel de Carta de Balance de cuadrilla en la productividad de las obras de edificaciones de la ciudad de Tacna.</p>	<p><i>Hipótesis específica 2</i></p> <p>H₁: El Nivel de Carta de Balance de cuadrilla impacta positivamente en la productividad de las obras de edificaciones de la ciudad de Tacna.</p> <p>H₀: El Nivel de Carta de Balance de cuadrilla no impacta positivamente en la productividad de las obras de edificaciones de la ciudad de Tacna.</p>	
<p>3. ¿Cuáles son las razones por las cuales se tiene Trabajos Contributorios y No Contributorios mayores al Trabajo Productivo en las obras de edificaciones de la ciudad de Tacna?</p>	<p>3. Determinar las razones por las cuales se tienen Trabajos Contributorios y No Contributorios mayores al Trabajo Productivo en las obras de edificaciones de la ciudad de Tacna.</p>	<p><i>Hipótesis específica 3</i></p> <p>H₁: Los porcentajes de Trabajos Contributorio y No Contributorio son mayores al de Trabajo Productivo en las obras de edificaciones de la ciudad de Tacna.</p> <p>H₀: Los porcentajes de Trabajos Contributorio y No Contributorio no son mayores al de Trabajo Productivo en las obras de edificaciones de la ciudad de Tacna.</p>	<p>Variable: Productividad de la mano de obra</p> <p>Dimensiones: Trabajo Productivo. Trabajo Contributivo. Trabajo No contributivo.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2: Formato de registro - Nivel General de Actividad - NGA (Sólo la primera página del instrumento visto que las observaciones llegan hasta el número 400).

OBRA:			
FECHA:	Hora:	inicio:	fin:
CLASIFICACION DE TRABAJO			
TP: Trabajo Productivo (TP)			
TC: Mediciones (M), Transporte (T), Limpieza (L), Instrucciones (I), Hab. De Materiales (HM), Habilitacion de Eq. y Herramientas (HE), Otros (X)			
TNC: Esperas (E), Tiempo Ocioso (O), Descanso (D), Necesidades (N), Viajes (V), Trabajo Rehecho (R), Otros (Y)			

	ACTIVIDAD	TP	TC	TNC		ACTIVIDAD	TP	TC	TNC
1	ENCOFRADO				51	MOV TIERRAS			
2	ENCOFRADO				52	MOV TIERRAS			
3	NIVELACION				53	MOV TIERRAS			
4	NIVELACION				54	MOV TIERRAS			
5	ENCOFRADO				55	MOV TIERRAS			
6	CONCRETO				56	MOV TIERRAS			
7	CONCRETO				57	MOV TIERRAS			
8	CONCRETO				58	MOV TIERRAS			
9	CONCRETO				59	MOV TIERRAS			
10	CONCRETO				60	MOV TIERRAS			
11	CONCRETO				61	ENCOFRADO			
12	CONCRETO				62	ENCOFRADO			
13	CONCRETO				63	ENCOFRADO			
14	CONCRETO				64	ENCOFRADO			
15	CONCRETO				65	ENCOFRADO			
16	CONCRETO				66	ENCOFRADO			
17	CONCRETO				67	MOV TIERRAS			
18	CONCRETO				68	MOV TIERRAS			
19	CONCRETO				69	MOV TIERRAS			
20	CONCRETO				70	MOV TIERRAS			
21	CONCRETO				71	ENCOFRADO			
22	CONCRETO				72	ENCOFRADO			
23	CONCRETO				73	MOV TIERRAS			
24	CONCRETO				74	MOV TIERRAS			
25	CONCRETO				75	MOV TIERRAS			
26	CONCRETO				76	MOV TIERRAS			
27	CONCRETO				77	MOV TIERRAS			
28	CONCRETO				78	MOV TIERRAS			
29	CONCRETO				79	MOV TIERRAS			
30	CONCRETO				80	MOV TIERRAS			
31	CONCRETO				81	MOV TIERRAS			
32	CONCRETO				82	MOV TIERRAS			
33	CONCRETO				83	MOV TIERRAS			
34	CONCRETO				84	MOV TIERRAS			
35	CONCRETO				85	MOV TIERRAS			
36	CONCRETO				86	MOV TIERRAS			
37	CONCRETO				87	MOV TIERRAS			
38	CONCRETO				88	MOV TIERRAS			
39	CONCRETO				89	MOV TIERRAS			
40	CONCRETO				90	MOV TIERRAS			

Anexo 3: Carta de Balance (Actividad Encofrado en Columnas).

OBRA:										
FECHA:										
	HORA			INICIO			FIN			
1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										
31										
32										
33										
34										
35										
36										
37										
38										
39										
40										
41										
42										
43										
44										
45										
46										
47										
48										
49										
50										
51										
52										
53										
54										
55										
56										
57										
58										
59										
60										
61										
62										
63										
64										
65										
66										
67										
68										
69										
70										

ACTIVIDAD ENCOFRADO		
TP	PE	PLANCHA DE ENCOFRADO
	CP	COLOCAR PUNTALES
TC	T	TRANSPORTE
	M	MEDICIONES
	I	INDICACIONES
	L	LIMPIEZA
	HM	HABILITACION DE MATERIALES
	HE	HABILITACION DE EQUIPOS Y HB
	X	OTROS CONTRIBUTORIO
TNC	V	VAIJES
	O	TIEMPO OCIO
	E	ESPERAS
	TR	TRABAJO REHECHO
	D	DESCANSO
	N	NECESIDADES FISIOLOGICAS
	Y	OTROS NO CONTRIBUTORIO

TRABAJADORES INVOLUCRADOS	
A	
B	
C	
D	
E	
F	
G	
H	
I	
J	

Anexo 4: Carta Balance (Actividad Acero).

OBRA:	
FECHA:	HORA INICIO FIN

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										
31										
32										
33										
34										
35										
36										
37										
38										
39										
40										
41										
42										
43										
44										
45										
46										
47										
48										
49										
50										
51										
52										
53										
54										
55										
56										
57										
58										
59										
60										
61										
62										
63										
64										
65										
66										
67										
68										
69										
70										
71										
72										
73										
74										
75										
76										
77										
78										
79										
80										

ACTIVIDAD ACERO		
TP	AH	ACERO HORIZONTAL
	AV	ACERO VERTICAL
	ADA	AMARRE DE ALAMBRE
TC	T	TRANSPORTE
	M	MEDICIONES
	I	INDICACIONES
	L	LIMPIEZA
	HM	HABILITACION DE MATERIALES
	HE	HABILITACION DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS
	X	OTROS CONTRIBUTORIO
TNC	V	VAIJES
	O	TIEMPO OCIO
	E	ESPERAS
	TR	TRABAJO REHECHO
	D	DESCANSO
	N	NECESIDADES FISIOLOGICAS
	Y	OTROS NO CONTRIBUTORIO

TRABAJADORES INVOLUCRADOS	
A	
B	
C	
D	
E	
F	
G	
H	
I	
J	

Anexo 5: Carta Balance (Vaciado de Concreto).

OBRAS:										
FECHA:	HORA	INICIO								FIN

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										
31										
32										
33										
34										
35										
36										
37										
38										
39										
40										
41										
42										
43										
44										
45										
46										
47										
48										
49										
50										
51										
52										
53										
54										
55										
56										
57										
58										
59										
60										
61										
62										
63										
64										
65										
66										
67										
68										
69										
70										
71										
72										
73										
74										
75										
76										
77										
78										
79										
80										

ACTIVIDAD VACEADO DE CONCRETO		
TP	YC	VACEAR CONCRETO
	R	REGLEAR
TC	T	TRANSPORTE
	VB	VIBRADO
	M	MEDICIONES
	I	INDICACIONES
	L	LIMPIEZA
	HM	HABILITACION DE MATERIALES
	HE	HABILITACION DE EQUIPOS Y HE.
	X	OTROS CONTRIBUTORIO
TNC	Y	VAJES
	O	TIEMPO OCIO
	E	ESPERAS
	TR	TRABAJO REHECHO
	D	DESCANSO
	N	NECESIDADES FISIOLÓGICAS
	Y	OTROS NO CONTRIBUTORIO

TRABAJADORES INVOLUCRADOS	
A	
B	
C	
D	
E	
F	
G	
H	
I	
J	