



**ESCUELA DE POSGRADO**  
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**TESIS**

**Aplicación de “lean construction” para mejorar la  
productividad en la ejecución de obras de edificación,  
Huancavelica, 2017.**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:**

Maestro en ingeniería civil con mención en dirección de empresas de la  
construcción

**AUTOR:**

Bach. Quispe Mitma, Raúl Ernesto

**ASESOR:**

Dr. César Del Castillo Talledo

**SECCIÓN:**

Ingeniería Civil

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Gestión de Proyectos

**PERÚ - 2017**

**Página del Jurado**

-----

**Dr. Rodolfo Talledo Reyes**  
**Presidente**

-----

**Dr. Walter Villalobos Cueva**  
**Secretario**

-----

**Dr. Cesar Humberto Del castillo Talledo**  
**Vocal**

## **Dedicatoria**

A nuestro señor Dios por guiarme y permitirme llegar a culminar la presente Tesis.

Dedicado con mucho amor a mi familia, mi querida esposa Jenniffer, a mis adoradas hijas, Catalina y Katherine, por su comprensión por estar lejos de mi familia, el sacrificio y esfuerzo valió pena mis amores.

A mis queridos padres mi más profundo agradecimiento:

A mi Padre: Santos Quispe Chincay

A mi Madre: María Mitma Fernández

Aunque no estén con nosotros, pero sé que desde el cielo, nos cuidan y guían en la vida para todo nos vaya bien.

A mis hermanos Azucena, Martha, Delia, Sofía, Mario, Julio, Santos y todos mis familiares por las lecciones de vida compartidos, como nos enseñaron nuestros padres.

## **Agradecimiento**

Agradezco a todos quienes han contribuido enormemente a que la presente tesis fuese posible.

A la Universidad César Vallejo por instruirme en esta casa de estudio.

A los asesores y profesores que durante toda la carrera profesional, han aportado enseñanzas invaluable a nuestra formación por su permanente motivación y apoyo incondicional.

A la gerencia de la empresa, porque hicieron posible la realización de esta investigación.

A mi familia, por su apoyo y comprensión en esta etapa importante de mi vida.

A mis hermanos, que me entregaron todo el apoyo emocional necesario.

A todas mis amistades, que por su cooperación en la maestría.

Gracias Señor.

## Declaratoria de autenticidad

Yo, Raúl Ernesto Quispe Mitma, estudiante del Programa de Maestría en Ingeniería Civil con mención en dirección de empresas de construcción de la Escuela de Postgrado de la Universidad César Vallejo; sede Lima-Norte, identificado con DNI N° 09984294, declaro el trabajo académico titulado “Aplicación de lean construction para mejorar la productividad en la ejecución de obras de edificación, Huancavelica, 2017”, presentada para la obtención del grado académico.

Por tanto declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis es de mi autoría.
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
4. La tesis no ha sido autoplagiada; es decir, 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 falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar a autores), autoplagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de otros), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad César Vallejo.

Lima, 09 de Junio del 2017

-----  
Raúl Ernesto Quispe Mitma  
DNI N° 09984294

## **Presentación**

Señores miembros del Jurado, presento ante ustedes la Tesis titulado “Aplicación de lean construction para mejorar la productividad en la ejecución de obras de edificación, Huancavelica, 2017”.

El trabajo de investigación tiene como problema principal determinar la influencia de la aplicación de las herramientas de lean construction en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017, así mismo plantear las propuestas de mejora a los procesos constructivos estudiados.

Presento y dejo a consideración la Tesis, en acatamiento el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo para optar el Grado Académico de Maestro en ingeniería civil con mención en dirección de empresas de construcción.

Esperando cumplir con los requisitos de aprobación.

El autor

## Resumen

El proyecto de investigación, tiene como objetivo determinar la influencia de la aplicación de las técnicas de Lean Construction en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017, la investigación es de tipo explicativo; corte transversal; tipo de estudio experimental; diseño cuasi experimental; se ha empleado una población muestral no probabilístico, definido por dos grupos, a los cuales se les aplico mediante técnica de la encuesta, a través de un cuestionario con 20 preguntas dirigidas, la recolección de datos se aplicó la técnica de la observación de campo y el análisis de documentación.

Los datos obtenidos fueron analizados mediante la estadística descriptiva, con el Alpha de Cronbach se determinó que el instrumento tiene una alta confiabilidad y para efectos de contrastar las hipótesis formuladas se aplicó, la prueba de normalidad, la prueba igualdad de varianzas y la prueba de t student para muestras independiente, se determinó de los resultados del p-valor, que si existe influencia estadísticamente significativa de la técnicas nivel general de actividad, nivel de carta de balance, la prueba de los cinco minutos, se comprobó las hipótesis específicas.

Para la discusión, se utilizó la técnica de observación aplicado al proyecto, mediante formatos de campo para identificar los tiempos de los tres tipos de trabajos productivos (TP), contributorios (TC) y no contributorios (TNC), realizando el diagnóstico inicial, mediante el nivel general de actividad (TP 31%, TC 41% y TNC 27%) aplicando las teorías y técnicas de lean construction se plantean las mejoras proponiendo soluciones claras y directas para el aumento de la productividad (TP 39%, TC 37% y TNC 24%), realizando el seguimiento para evaluar la efectividad del proceso y realizando la mejora continua, demostrando el aumento del trabajo productivo en 8% y con la carta de balance se mejora la productividad en 3%.

*Palabras clave*

*Productividad, Lean Construcción.*

## Abstract

The research project aims to determine the influence of the application of Lean Construction techniques on productivity during the execution of building works in the Huancavelica area in the period 2017, the research is of an explanatory nature; cross-section; type of experimental study; quasi-experimental design; a non-probabilistic sample population was used, defined by two groups, to which they were applied by means of the survey technique, through a questionnaire with 20 directed questions, the data collection was applied the technique of field observation and the analysis of documentation.

The data obtained were analyzed through descriptive statistics, with the Cronbach's Alpha it was determined that the instrument has a high reliability and for the purposes of testing the hypotheses applied, the normality test, the equality test of variances and the test of t Student for independent samples, it was determined from the results of the p-value, that if there is statistically significant influence of the techniques general level of activity, level of balance sheet, the five-minute test, the specific hypotheses were checked.

For the discussion, the observation technique applied to the project was used, using field formats to identify the times of the three types of productive (TP), contributory (TC) and non-contributory (TNC) work, making the initial diagnosis, through the general level of activity (TP 31%, TC 41% and TNC 27%) applying the theories and techniques of lean construction the improvements are proposed proposing clear and direct solutions for the increase of the productivity (TP 39%, TC 37% and TNC 24%), monitoring to evaluate the effectiveness of the process and making continuous improvement, demonstrating the increase in productive work by 8% and with the balance sheet productivity is improved by 3%.

### *Keywords*

*Productivity, Lean Construction.*

## Índice

Página del Jurado .....	ii
Dedicatoria .....	iii
Agradecimiento .....	iv
Presentación .....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
Índice.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	16
1.1. Antecedentes .....	18
1.1.1. En el ámbito internacional. ....	19
1.1.2. En el ámbito nacional. ....	20
1.2. Fundamentación científica, técnica o humanística .....	22
1.2.1. Fundamentación científica.....	22
1.2.1.1. Lean construction. ....	23
1.2.1.1.1. Principios de lean construction.....	25
1.2.1.1.2. Teoría TFV (transformación-flujo-valor).....	27
1.2.2. Fundamentación técnica. ....	29
1.2.2.1. Productividad en la construcción.....	29
1.2.2.1.1. Definiciones en la construcción. ....	31
1.2.2.1.2. Factores que afectan la productividad.....	33
1.2.2.1.3. Productividad en el sector construcción. ....	35
1.2.2.1.4. Mejoramiento de productividad en la construcción.....	35
1.2.2.1.5. Investigación en el sector construcción sobre la distribución general de categoría de trabajo.....	37
1.2.2.2. Pérdidas en la construcción. ....	39
1.2.2.2.1. Principales fuentes y causas de pérdidas en la construcción.....	39
1.2.2.2.2. Clasificación de pérdidas de productividad. ....	40
1.2.2.2.3. Estudios previos con respecto a la medición de pérdidas.....	42
1.2.2.3. Técnicas de captura de datos sobre productividad empleadas por lean construction. ....	45
1.2.2.3.1. Muestreo del trabajo.....	46

1.2.2.3.2.	Nivel general de actividad de obra. ....	48
1.2.2.3.3.	Carta de balance de cuadrilla. ....	49
1.2.2.3.4.	Prueba de los cinco minutos. ....	52
1.3.	Justificación.....	55
1.3.1.	Justificación práctica. ....	56
1.3.2.	Justificación teórica. ....	56
1.3.3.	Justificación metodológica.....	57
1.3.4.	Justificación social.....	57
1.3.5.	Justificación académica.....	57
1.3.6.	Justificación económica.....	58
1.4.	Formulación del problema .....	58
1.4.1.	Problema general. ....	58
1.4.2.	Problemas específicos. ....	58
1.5.	Hipótesis.....	59
1.5.1.	Hipótesis general.....	59
1.5.2.	Hipótesis específicos.....	59
1.6.	Objetivos .....	60
1.6.1.	Objetivo General.....	60
1.6.2.	Objetivos Específicos. ....	60
II.	MARCO METODOLÓGICO.....	61
2.1.	Variables .....	62
2.1.1.	Variable Independiente.....	62
2.1.2.	Variable Dependiente .....	62
2.2.	Operacionalización de variables.....	62
2.2.	Metodología.....	64
2.3.	Tipos de estudio .....	65
2.4.	Diseño .....	65
2.5.	Población, muestra y muestreo .....	66
2.5.1.	Población.....	66
2.5.2.	Muestra. ....	66
2.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	67
2.6.1.	Técnicas. ....	67
2.6.2.	Instrumentos.....	68

2.6.3.	Recolección de datos. ....	68
2.7.	Métodos de análisis de datos .....	69
2.8.	Validación y confiabilidad del instrumento.....	69
2.8.1.	Validación del instrumento. ....	69
2.8.1.1.	Validez del contenido a través del juicio de expertos. ....	70
2.8.2.	Confiabilidad del método Alfa de Cronbach. ....	70
2.9.	Aspectos éticos .....	72
III.	RESULTADOS .....	73
3.1.	Datos estadísticos .....	74
3.2.	Análisis descriptivo de las dimensiones del cuestionario .....	75
3.2.1.	Resultados de las pruebas aplicadas al grupo de control. ....	75
3.2.1.1.	Resultados del nivel general de actividad G.C. ....	75
3.2.1.2.	Resultados del nivel de carta de balance G.C.....	76
3.2.1.3.	Resultados de la prueba de los cinco minutos G.C.....	78
3.2.1.4.	Resultados de la productividad G.C. ....	79
3.2.1.5.	Resultados del grupo de control (medidas de tendencia central).....	80
3.2.2.	Resultados de las pruebas aplicadas al grupo experimental.....	82
3.2.2.1.	Resultados del nivel general de actividad G.E. ....	82
3.2.2.2.	Resultados del nivel de carta de balance G.E.....	84
3.2.2.3.	Resultados de la prueba de cinco minutos G.E.....	85
3.2.2.4.	Resultados de la productividad G.E. ....	86
3.2.2.5.	Resultados del grupo experimental (medidas de tendencia central)...	87
3.2.3.	Consolidado del grupo de control y experimental (pre y post test).....	90
3.2.3.1.	Resultados comparativos del pre y post test del grupo de control y experimental (frecuencias). ....	91
3.3.	Comprobación de hipótesis general y específica. ....	93
3.3.1	Prueba t de student del post test entre el grupo de control y experimental.....	94
3.3.1.1	Hipótesis específicas.....	97
3.3.1.1.1	Comprobación del nivel general de actividad de obra.....	98
3.3.1.1.2	Comprobación del nivel de carta de balance de cuadrilla. ....	99
3.3.1.1.3	Comprobación de la prueba de los cinco minutos.....	100
3.4.	Análisis de productividad del caso de estudio .....	102

3.4.1.	Resultados de la medición del nivel general de actividad. ....	102
3.4.1.1.	Diagnóstico actual de la productividad de la obra. ....	102
3.3.1.2	Análisis de los factores influyentes en la no productividad.....	108
3.4.1.2.	Propuesta de mejora de la investigación.....	109
3.4.1.3.	Diagnóstico final después de aplicar la mejora.....	111
3.4.2.	Resultados de la medición del nivel de carta de balance. ....	112
3.4.2.1.	Diagnóstico actual del proceso de estudio. ....	114
3.4.2.2.	Propuesta de mejora del ciclo de trabajo de estudio. ....	114
3.4.2.3.	Diagnostico final después de la mejora. ....	115
3.4.2.4.	Resumen del caso de estudio. ....	117
IV.	DISCUSIÓN.....	118
V.	CONCLUSIONES .....	122
VI.	RECOMENDACIONES.....	124
VII.	REFERENCIAS .....	126
VIII.	ANEXOS.....	130
Anexo 1:	Matriz de consistencia.....	131
Anexo 2:	Documentos para validar los instrumentos de medición a través de juicio de expertos.....	134
Anexo 3.	Validación del contenido por juicio de expertos .....	144
Anexo 4.	Instrumento de recolección de datos.....	145
Anexo 5.	Matriz de datos pre test y post test .....	147
Anexo 6.	Percentiles de la distribución t de Student - grados de libertad.....	149
Anexo 7.	Definición de términos.....	150
Anexo 8.	Artículo Científico .....	151

## Índice de tablas

Tabla 1 Filosofía tradicional versus el nuevo concepto de construcción .....	24
Tabla 2 Diferencias entre Lean Construction y gerencia de proyectos .....	26
Tabla 3 Integración de la perspectiva TFV (transformación-flujo-valor) .....	27
Tabla 4 Interacciones entre TFV .....	29
Tabla 5 Estadística de desempeño del proyecto con la distribución de trabajo. ...	38
Tabla 6 Costo estimado de las pérdidas más comunes en la construcción .....	40
Tabla 7 Pérdidas comunes en un proyecto de construcción en altura. ....	41
Tabla 8 Cuadro cualitativo de desperdicios (Soibelman L.) .....	42
Tabla 9 Cuadro cuantitativo de desperdicios (Jhon Skoyles) .....	43
Tabla 10 Estimación de desperdicios en obras de edificación (cuantitativo).....	45
Tabla 11 Tamaño de la muestra requerido para niveles de confianza del 95% y 90% .....	48
Tabla 12 Operalización de la variable independiente .....	63
Tabla 13 Operalización de la variable dependiente.....	64
Tabla 14 Validación del contenido por juicios de expertos.....	70
Tabla 15 Tipo de confiabilidad.....	71
Tabla 16 Confiabilidad del instrumento .....	72
Tabla 17 Codificación de datos para el análisis estadístico SPSS.....	74
Tabla 18 Frecuencia del nivel general de actividad del grupo de control (pre y post test) .....	75
Tabla 19 Frecuencia del nivel carta de balance del grupo de control (pre y post test) .....	77
Tabla 20 Frecuencia de la prueba de los cinco minutos del grupo de control (pre y post test).....	78
Tabla 21 Frecuencia de la productividad del grupo de control (pre y post test) ...	79
Tabla 22 Media aritmética del grupo de control (pre y post test).....	80
Tabla 23 Frecuencia del nivel general de actividad del grupo experimental (pre y post test).....	83
Tabla 24 Frecuencia del nivel carta de balance del grupo experimental (pre y post test) .....	84

Tabla 25 Frecuencia de la prueba de cinco minutos del grupo experimental (pre y post test).....	85
Tabla 26 Frecuencia de productividad del grupo experimental (pre y post test)...	86
Tabla 27 Media aritmética del grupo experimental (pre y post test) .....	87
Tabla 28 Consolidado de frecuencias del grupo de control (pre y post test) .....	91
Tabla 29 Consolidado de frecuencias del grupo experimental (pre y post test)....	92
Tabla 30 Pruebas de normalidad del post test (G.C. y G.E.) .....	95
Tabla 31 Prueba de homogeneidad de varianzas del post test (G.C. y G.E.) .....	96
Tabla 32 Prueba t student para muestras independientes (pre y post test).....	97
Tabla 33 Post test valores de "t" calculados y valores "t" según tablas.....	97
Tabla 34 Leyenda de planilla de ingreso de datos .....	103
Tabla 35 Formato del nivel general de actividad .....	103
Tabla 36 Resumen del nivel general de actividad (día 1).....	105
Tabla 37 Resultado promedio del nivel general de actividad actual.....	106
Tabla 38 Nivel general de actividad versus porcentajes estadísticos de productividad.....	107
Tabla 39. Resultado del nivel general de actividad mejorado.....	111
Tabla 40 Nivel general de actividad mejorado vs porcentajes estadísticos de productividad.....	112
Tabla 41 Nivel de actividad real y participación (diagnostico actual y después de la mejora) .....	115
Tabla 42 Medición de productividad NCB (diagnostico actual y después de la mejora).....	116

## Índice de figuras

Figura 1. Esquema conceptual de producción Lean como un flujo de procesos..	23
Figura 2. Relación entre eficiencia, efectividad y productividad .....	30
Figura 3. Factores que inciden sobre la productividad .....	33
Figura 4. Ciclo de mejoramiento de la productividad.....	36
Figura 5. Estadística de productividad en obras de construcción Lima, 2001 .....	37
Figura 6. Estadística de productividad en obras de construcción Lima, 2006.....	38
Figura 7. Porcentajes de trabajos productivos, contributorios y no contributorios en países de Sudamérica.....	39
Figura 8. Ejemplo de resultado de muestreo del trabajo .....	48
Figura 9. Ejemplo de una carta de balance de la cuadrilla.....	49
Figura 10. Formato para la prueba de los cinco minutos .....	53
Figura 11. Nivel general de actividad del grupo de control (pre y post test).....	76
Figura 12. Nivel carta de balance del grupo de control (pre y post test) .....	77
Figura 13. Prueba de los cinco minutos del grupo de control (pre y post test).....	78
Figura 14. Productividad del grupo de control (pre y post test) .....	80
Figura 15. Media aritmética del grupo control (pre y post test).....	81
Figura 16. Nivel general de actividad del grupo experimental (pre y post test) ....	83
Figura 17. Nivel carta de balance del grupo experimental (pre y post test).....	84
Figura 18. Prueba de los cinco minutos del grupo experimental (pre y post test)	86
Figura 19. Productividad del grupo experimental (pre y post test) .....	87
Figura 20. Media aritmética del grupo experimental (pre y pos test).....	88
Figura 21. Media aritmética del grupo de control y experimental (pre y post test)	91
Figura 22. Consolidado de frecuencias del grupo de control (pre y post test).....	92
Figura 23. Consolidado de frecuencias del grupo experimental (pre y post test) .	93
Figura 24. Tendencia del nivel general de actividad (diagnostico actual) .....	106
Figura 25. Consolidación de la distribución del trabajo (diagnostico actual).....	107
Figura 26. Diagrama de Pareto para el trabajo contributorio.....	108
Figura 27. Diagrama de Pareto para el trabajo contributorio.....	109
Figura 28. Nivel general de actividad posterior a la propuesta de mejora.....	111
Figura 29. Secuencia del proceso del vaciado del concreto en muros.....	113
Figura 30. Nivel de carta de balance de actividad promedio.....	116

## **I. INTRODUCCIÓN**

El origen de Lean Construction, se concibió en la Universidad de Stanford, California, USA, en 1992, por el finlandés Lauri Koskela escribió el artículo técnico titulado Aplicación de la Nueva Filosofía de Producción para la Construcción, en el que estableció los fundamentos teóricos del nuevo sistema de producción aplicado a la construcción. El trabajo pionero de Koskela fue un hito clave en el desarrollo de una corriente de investigación sobre la aplicación del sistema de producción Toyota y la filosofía Lean a la industria de la construcción. El término Lean Construction fue elaborado por los fundadores del Grupo Internacional de Lean Construction en 1993.

Botero (2006) expone que la visión de la filosofía Lean Construction está enfocada en maximizar el valor que percibe el cliente y minimizar el desperdicio que no agrega valor al cliente.

En América hay un gran disposición por la aplicación de las técnicas de Lean Construction, que muestra de manera considerable en los países como Chile, Brasil, Perú y Colombia. En el Perú, se constituyó el 15 de Febrero del 2011 el Capítulo Peruano del Lean Construction Institute (LCI).

El sector de la construcción del Perú, la mayoría de empresas constructoras siguen trabajando bajo sistema de construcción convencional con procedimientos constructivos improductivos lo que nos limita como país a crecer con mayor velocidad. Al bajo nivel de productividad, se suma el problema de la seguridad laboral del sector. Estos indicadores nos permiten visualizar la poca evolución que ha estado teniendo el sector construcción en el Perú.

El sector construcción en nuestro país se enfrenta a un entorno variable, diferentes factores, tiempos y actividades que alteran su producción frecuentemente y rodeado de incertidumbre a diferencia de otros rubros donde las actividades son más estandarizadas, el constructor prefiere mantener el gasto ya proyectado en desperdicios, en vez de implementar un nuevo método que quizá a corto plazo les genere mayores gastos, pero con el tiempo puede llegar a

anularlos significativamente.

El proyecto de investigación, se centra en la aplicación de Lean Construction (construcción sin pérdidas), que es una nueva filosofía de la gestión de la producción en la construcción, el cual tiene como objetivo la maximización del valor y minimización de los desperdicios. Esta alternativa de innovación se viene usando con buenos resultados en las mejores empresas del mundo y desde hace algunos años en nuestro país, por importantes empresas constructoras.

Esta metodología se aplicara a un proyecto de edificación para poder estudiar a través de las herramientas como el nivel general de actividades, carta de balance de cuadrilla, mejorando los procesos e identificando tiempos de los tres tipos de trabajos productivos, contributorios y no contributorios, haciendo que los planificación sean confiables, además se propone soluciones claras y directas para el aumento de la productividad de dicha obra.

Finalmente además de difundir los conocimientos de la aplicación de los principios teóricos a la práctica profesional del Lean Construction queremos mostrar los resultados de la productividad de la obra y compara con estándares de productividad del sector construcción en el país e internacional con la finalidad de sustentar con resultados las mejoras que esta filosofía propone y con esto alentar a que su implementación sea cada vez mayor en los proyectos de construcción tanto en la capital como en otras ciudades del Perú, ya que como sabemos las empresas tienen una finalidad que es generar utilidad y una manera de persuadirlas o alentarlas para que usen la filosofía Lean Construction es demostrar que genera resultados positivos en los proyectos, los cuales repercuten en ahorros para la empresa y por consiguiente incrementan sus ganancias.

### **1.1. Antecedentes**

Existen investigaciones similares respecto a la utilización de las técnicas de Lean Construction las cuales tenemos los siguientes.

### **1.1.1. En el ámbito internacional.**

Se cuenta con investigaciones que han profundizado estudios sobre el sistema de producción y técnicas para la disminución de pérdidas en obras, tales como:

Cisneros (2011), con la tesis “Metodología para la reducción de pérdidas en la etapa de ejecución de un proyecto de construcción” para optar el grado de Maestro en Ingeniería de la Construcción de la Universidad Nacional Autónoma de México. El objetivo proponer una sistemática de procesos con la finalidad de controlar y reducir los desperdicios en la etapa de ejecución de proyecto, basado en Lean Construction, con los criterios del investigador y la recopilación de la investigación de campo, para así establecer técnicas de realizables para su aplicación de la dirección técnica encargadas de la ejecución de los proyectos en construcción. La población está conformado por 30 constructoras. La investigación es cuantitativa, no experimental, propositiva y descriptiva, se utilizó como instrumento las encuestas mediante cuestionario. En conclusión como resultado las encuestas un 50% de las constructoras tienen entre un 5% y un 10% de pérdidas considerables, una de las razones, las constructoras no cuentan con un sistemas de producción establecido, la elaboración de un sistema que disminuya las pérdidas proporcionará un método de administración fundamentado en las teorías y herramientas de Lean Construction, que se aplicara en la etapa de construcción reduciendo de esta manera la incertidumbre de los procesos y los perdidas generando el incremento de la productividad de la obra.

Martínez (2011), con la tesis “Propuesta de metodología para la implementación de la Filosofía Lean en proyectos de construcción” para obtener el grado Maestro en Administración de la Universidad Nacional de Colombia. El objetivo es plantear una sistema de gestión que permita la aplicación de la filosofía Lean a los proyectos de construcción, aprendiendo de las falencias del método de construcción convencional. La población está conformada por dos obras en construcción, a los cuales se realizó el estudio y efectuó el análisis inicial y se encontró que existían las mismas perdidas y efectos en la productividad. La investigación es cuantitativa, no experimental, descriptiva y estudio de casos, el

instrumento aplicado es mediante la observación in-situ sobre las actividades de la obra y los diálogos con el área técnica. En conclusión la investigación evidencia que la adecuación de la Lean Construction en los proyectos demuestran efectos beneficiosos tanto para el sistema de administración, planificación y ejecución de los procesos del proyecto. Los recursos manejados en la etapa de construcción del proyecto, deben considerarse en la planificación de manera obligatoria, porque la ausencia de estos recursos genera un 60% de los trabajos no contributivos y se incrementa los trabajos contributivos, obteniendo como consecuencia un resultado perjudicial a la productividad de la obra.

Pinto (2010), con la tesis “Evaluación y mejoramiento de los sistemas de producción en proyectos de construcción” para optar el grado de Maestro en Ciencias de la Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Chile. El objetivo es formular un procedimiento que permita la evaluación de las técnicas de producción, que permita identificar la situación actual y comparar con los principios Lean Construction identificando las líneas de mejoramiento, así mismo implantar una sistema de mejora de los procesos y validarla con su aplicación a un caso real. La población fue dos casos de estudio de empresa constructora, la primera con la utilización del método del Last Planner y la segunda donde se emplearon las técnicas de Lean Construction para mejorar los procesos. La investigación es del tipo exploratorio, descriptiva y explicativa, se utilizaron como instrumento la entrevista y la observación de los trabajo de campo. En conclusión se establece que actualmente los proyectos de construcción siguen ejecutando bajo el sistema convencional de producción, la elaboración del diseño de un sistema de producción, contribuye a la reducción de la variabilidad en obra, durante la etapa de construcción.

#### **1.1.2. En el ámbito nacional.**

Existen investigaciones similares en el ámbito nacional sobre el incremento de la productividad aplicando las técnicas de Lean Construction, tales como:

Sánchez, Cruz y Benavides (2014), con la tesis “Implementación del sistema Lean Construction para la mejora de productividad en la ejecución de los trabajos de estructuras en obras de edificación de viviendas” para obtener el grado de Maestro en Gerencia de la Construcción de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. La investigación tiene como objetivo principal es implementar las herramientas de gestión de productividad en base a las técnicas de Lean Construction, para optimizar los procesos de los trabajos estructurales para edificación de viviendas. La investigación es cuantitativa, descriptiva y estudio de caso; se utilizaron como instrumento la observación mediante fichas de campo, toma de datos y mediciones para el diagnóstico interno actual de la empresa. En conclusión para el análisis de la obra, se utilizó la herramientas de lean Construction como el nivel general de actividad realizar el muestreo de los trabajos como productivo (TP), contributorio (TC) y no contributorio (TNC), se consiguió los siguientes resultados del estudio TP 35%, TC 41% y TNC 24%. La planificación de la construcción estaba establecido mediante el cronograma de obra y la programación semanal de las actividades eran definido por el conocimiento del equipo técnico. Se comprueba que con el uso y práctica de las herramientas de planificación y control de la lean construction en la obra, se incrementó el trabajo productivo a 44%, por lo tanto si gestionamos los trabajos contributorios y se reduce algunos trabajos no contributorios, nos permite llegar a niveles superiores de productividad, es necesario la utilización responsable de las herramientas planteadas en esta investigación, durante la etapa de ejecución del proyecto así como el desarrollo y optimización de los procesos constructivos.

Castro y Ruiz (2014), con la tesis “Optimización del desempeño del proyecto de edificación nuevo centro de salud a desarrollarse en el distrito de Luya - Luya - Amazonas, aplicando la metodología Lean Construction” para obtener el grado de Maestro en Gerencia de la Construcción de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. El objetivo es plantear una alternativa para optimizar los procesos e índice de productividad de la construcción del proyecto Nuevo Centro de Salud Luya – Lamud - Amazonas, utilizando las herramientas de Lean Construction, para la disminución de las pérdidas en obra. La investigación

es cuantitativa, no experimental y descriptiva, se utilizaron como instrumento la observación mediante registros específicos para el estudio del avance físico y de la productividad de la obra. Conclusión con la adecuación de un sistema de gestión de producción se logró obtener un porcentaje del 72% de las actividades completadas en la semana y se logró un avance físico significativo al proyectado de las actividades como el encofrado, acero y concreto. Utilizando el sistema del Último planificador en la obra, se consiguió medir el nivel de productividad, alcanzando una mayor utilidad correspondiente al 3% del costo directo.

## **1.2. Fundamentación científica, técnica o humanística**

Para un mayor entendimiento sobre la productividad en el sector construcción, es necesario comprender las características más importantes de esta industria. Este capítulo se establece los fundamentos y las investigaciones más recientes sobre los importancias bajo el enfoque de lean Construction y las técnicas empleadas para mejor los procesos.

### **1.2.1. Fundamentación científica.**

Lean construction es una filosofía basada en los conceptos de lean production, orientados hacia la administración de la producción en construcción. Introduce principios que cambian la forma de realizar la optimización de la productividad, enfocando su objetivo en concebir flujos de trabajo confiables y sin pérdidas de valor, permitiendo generar coordinación entre actividades, manejar un proyecto como un sistema de producción y estrechar la colaboración entre los participantes de los proyectos.

Según Koskela (1992) expone que cambiando el paradigma que el sistema Lean no era posible implementarlo en la industria de la construcción. Lean Construction apunta a comprender y gestionar las variables asociadas a cada una de las actividades del proyecto con el objetivo de mejorar la productividad, calidad y administración.

### 1.2.1.1. Lean construction.

#### Orígenes del concepto lean construction.

Ballard y Howell (1998) consideran que el pensamiento Lean, es una nueva forma de administrar la construcción y aplica las técnicas de manufactura a la construcción, tratando de lograr mayor estandarización a los proyectos, considerando la dinámica existente de la construcción.

Howell (1998) explica que la administración de la construcción bajo el pensamiento Lean, es diferente de la práctica habitual ya que:

- Se tienen claros los objetivos de los procesos.
- Contribuye a maximizar el desempeño del cliente en el proyecto.
- Se diseña el producto y el proceso.
- Aplicar el control de la producción durante todo el ciclo del proyecto.

Koskela (1992) explica el nuevo concepto de la producción mediante el flujo de materiales y/o información desde las materias primas hasta el producto final. En este flujo, el material es procesado o transformado, inspeccionado, permanece en espera o en movimiento. Estas actividades son inherentemente diferentes. El procesamiento representa el aspecto de transformación de la producción, en cambio, la inspección, el movimiento, y la espera representan el aspecto de flujo de la producción.

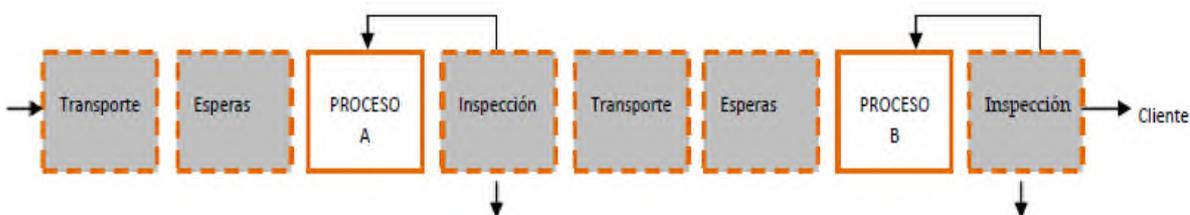


Figura 1. Esquema conceptual de producción Lean como un flujo de procesos.

La nueva conceptualización implica una visión dual de producción, que consiste en transformaciones y flujos. La eficiencia de la producción es atribuible a la eficiencia de las actividades de transformación y a la eficiencia de los flujos de actividades (a los que pertenecen las actividades de transformación). Todas

las actividades implican costos y consumen tiempo, pero es importante distinguir aquellas actividades que agregan valor y las que no lo hacen.

Koskela (1992) explica que la filosofía Lean Construction logra captar las peculiaridades de los sistemas productivos en la industria de la construcción, proponiendo diferentes herramientas para enfrentar acertadamente el dinamismo, la variabilidad, y la temporalidad de los proyectos.

Tabla 1

*Filosofía tradicional versus el nuevo concepto de construcción*

	<b>Concepto tradicional de producción</b>	<b>Nuevo concepto de la producción</b>
<b>Objetivo</b>	Afecta a los productos y servicios.	Afecta a todas las actividades de la empresa.
<b>Alcance</b>	Actividades de control.	Gestión, asesoramiento, control.
<b>Modo de aplicación</b>	Impuesto por la dirección.	Por convencimiento y participación.
<b>Metodología</b>	Detectar y corregir.	Provenir.
<b>Responsabilidad</b>	Del departamento de calidad.	Compromiso de todos los miembros de la empresa.
<b>Clientes</b>	Ajenos a la empresa.	Internos y externos
<b>Conceptualización de la producción</b>	La producción está compuesta por una serie de actividades de conversión que todas añaden valor al producto.	La producción está compuesta por actividades que no agregan valor de los flujos
<b>Control de producción</b>	Dirigido al costo de las actividades.	Dirigido al tiempo, costo y valor de los flujos
<b>Mejoramiento</b>	Incremento de la eficiencia de las conversiones a través de la utilización de nueva tecnología.	Eliminación de las actividades que no agregan valor (perdidas), incrementando la eficiencia de las actividades que lo generan, a través del mejoramiento continuo y la implementación de la nueva tecnología.

Fuente: Koskela (1992). Application of the New Production Philosophy to Construction. Technical Report No. 72.

Ghio (2001) considera que la diferencia de Lean Construction de las prácticas tradicionales es su enfoque en las pérdidas y en la reducción de las mismas, mientras que Koskela (1992) añade que el segundo punto fundamental es el manejo del modelo de flujos propuesto por en contraposición del modelo de conversión. El modelo de flujo de procesos permite visualizar las abundantes pérdidas que usualmente se encuentran en la construcción y que el modelo de conversión no permite ver.

En el Perú desde ya hace algunos años y en los últimos con mayor intensidad y formalidad se viene desarrollando prácticas referidas a la aplicación del Lean Construction en diversos tipos de proyectos de construcción (carreteras, edificaciones, obra de saneamiento, infraestructura minera, etc.), siendo el principal objetivo de la filosofía Lean la eliminación de las actividades que no generan valor dentro del proceso de construcción. Se basa en principios como Just in time (justo a tiempo) y el control total de la calidad basado en la mejora continua de los procesos, y además implementa herramientas de planificación como lo es el sistema Last Planner (sistema del último planificador) que modifica el sistema tradicional de planificar y controlar las obras.

Koskela (1992) considera que dentro de la producción Lean, las actividades que no agregan valor son expresamente identificadas. Es posible iniciar la reducción significativa de los costos de las actividades que no agregan valor, a través de la medición y la aplicación de los principios para el mejoramiento del control de flujo propuesto. Las actividades que agregan valor son mejoradas a través del mejoramiento continuo interno y un mejor uso del equipamiento existente. Solo después que este mejoramiento se podría considerar las inversiones en nuevas tecnologías.

#### *1.2.1.1.1. Principios de lean construction.*

Koskela (1992) explica que la filosofía Lean Construction, propone una base de estudio de nueve principios claves para el correcto control y la administración de la producción los cuales son:

1. Reducir las actividades que no agregan valor (Koskela, 1994).
2. Incrementar el valor del producto a través de la consideración sistemática de los requerimientos del cliente.
3. Reducir la variabilidad.
4. Reducir el tiempo del ciclo.
5. Simplificar mediante minimización de pasos y partes.
6. Incrementar la transparencia en los procesos.
7. Enfocar el control al proceso completo.
8. Introducir el mejoramiento continuo de los procesos.
9. Referenciar permanentemente los procesos (Benchmarking)

Tabla 2

*Diferencias entre Lean Construction y gerencia de proyectos*

Herramientas	Lean Construction	Formas actualizadas de gerencia de proyectos
<b>Control</b>	Hacen que las cosas pasen.	Es visto como los de un resultados de un monitoreo.
<b>Rendimiento</b>	Máxima el valor, minimizando pérdidas. Se enfoca al proyecto general.	Optimización cada actividad de forma independiente produciendo reducciones en el rendimiento total.
<b>Entrega</b>	Utiliza conceptos de diseño simultáneo: Coordinación entre ingeniería y construcción.	No proviene iteraciones que producen perdidas, aun con el empleo de la constructabilidad.
<b>Valor</b>	Para el cliente es definido, creado y entregado a lo largo de la vida del proyecto.	El dueño define completamente los requerimiento al inicio y a la entrega final, a pesar de los cambios en las nuevas tecnologías, economía y mercado que pueden surgir.
<b>Coordinaciones</b>	A través de "jalar" para generar un flujo continuo.	Aquí se trata de empujar para cumplir con los cronogramas. Las coordinaciones recaen sobre una sola persona y no sobre un equipo.
<b>Descentralizar</b>	Se propone la participación del equipo para generar transparencia y confianza. Todo el equipo conoce toda la información del proyecto.	Cada grupo maneja su propia documentación.

Fuente: [www.leanconstruction.org](http://www.leanconstruction.org)

### 1.2.1.1.2. Teoría TFV (transformación-flujo-valor).

Koskela (2000) propuso que la producción puede ser conceptualizada en tres maneras, como transformación, como flujo y valor y que en la producción estos valores debieran ser simultáneamente utilizados.

Los conceptos de Transformación, Flujo y Valor de producción, no son alternativas excluyentes o teorías de producción competidoras, sino más bien parciales y complementarias. Cada una de éstas se focaliza en un cierto aspecto del fenómeno de producción: el concepto de transformación en la transformación para generar valor; el concepto de flujo en las actividades que no agregan valor; y el concepto de generación de valor se centra en el control de la producción desde el punto de vista del cliente.

Tabla 3

#### *Integración de la perspectiva TFV (transformación-flujo-valor)*

	<b>Perspectivas de conversión</b>	<b>Perspectiva de flujo</b>	<b>Perspectivas de generación de valor</b>
<b>Conceptualización de la producción</b>	Como transformación de inputs en outputs.	Como un flujo de materiales, compuesto de transformaciones, inspecciones, transporte y esperas.	Como un producto donde el valor, para el cliente es generado a partir de la satisfacción de sus necesidades.
<b>Principios principales</b>	Hacer la producción en forma eficiente.	Eliminación de pérdidas (actividades que no agregan valor)	Eliminación de pérdidas de valor.
<b>Métodos y prácticas</b>	WBS, MRP, OBS.	Flujo continuo de producción pull, mejoramiento continuo.	Método de captura de requerimientos, despliegue de la función calidad.
<b>Contribución practica</b>	Cuidar lo que hay que hacer.	Cuidar de que lo innecesario es realizado lo menos posible	Cuidar de lo que requiere el cliente es satisfecho de lo mejor posible.
<b>Nombre sugerido para la aplicación práctica de la perspectiva</b>	Task Management.	Flow Management.	Value Management.

Fuente: Koskela (2000) An exploration towards a production theory and its application to construction Ph.D. thesis, Helsinki University of Technology, Helsinki, Finland.

Koskela (1999) propuso que sufrimos por las deficiencias encontradas en la realidad en el área de la construcción; y piensa que hay tres amplias repercusiones. En primer lugar, los problemas de rendimiento crónico. En segundo lugar, la falta de teoría explícita, ha sido difícil de aplicar métodos de gestión de flujo y la gestión de valor en la construcción. En tercer lugar, nuestros esfuerzos por desarrollar procesos usando la tecnología de información o industrialización, han sido obstaculizados por la falta de una teoría.

Koskela (2000) considera que la teoría TFV como una metodología para el diseño, control y mejoramiento de la producción y deben llevarse a cabo como una integración de transformación, flujo y conceptos de valor y no como conceptos alternativos.

Tsao (2005) explica que la visión de los planificadores de proyecto acerca de la producción relacionada con la teoría TFV es la siguiente: la Producción como la transformación de inputs y outputs enfocando la minimización de costos de cada transformación en forma independiente, la producción como el flujo de materiales resultantes de la transformación, inspección, movimiento y esperas, la producción como generación de valor como un proceso donde el valor es creado para sus clientes cumpliendo sus requerimientos.

Es más fácil lograr un balance entre las distintas visiones, si se conoce las distintas interacciones existentes entre estas. Una muestra de estas interacciones se muestra en la Tabla 4.

Koskela (2000), expone que para lograr las metas de producción, los tres conceptos deben estar en forma balanceada y sus interacciones controladas para evitar anomalías. Evidentemente, un Sistema de Producción donde los principios de los tres conceptos han sido implementados en todos los niveles de administración tendrá mejores desempeños que uno donde los conceptos han sido implementados en menor forma.

Tabla 4

*Interacciones entre TFV*

	<b>Impacto de Conversión</b>	<b>Impacto en Flujo</b>	<b>Impacto en Valor</b>
<b>Impacto de C en otro concepto</b>		Tecnología de transformación más cara proveerá una menor variabilidad.	de Inputs más costosos contribuirán a obtener un mejor resultado.
<b>Impacto de F en otro concepto</b>	Flujos con menor variabilidad requieren una menor capacidad. Es más fácil introducir tecnologías de transformación si existe menos variabilidad.		Sistemas de producción más flexibles permiten cumplir con los patrones de demanda. Sistemas de producción con menor variabilidad interna, son capaces de producir productos de mejor calidad.
<b>Impacto de V en otro concepto</b>	Modelo de demanda más variables permiten beneficios a escala y mayor utilización.	Perfeccionamiento de la relación entre el cliente interno y los proveedores contribuye a reducir pérdidas.	

Fuente: Koskela (2000) An exploration towards a production theory and its application to construction Ph.D. thesis, Helsinki University of Technology, Helsinki, Finland.

## **1.2.2. Fundamentación técnica.**

### **1.2.2.1. Productividad en la construcción.**

Serpell (2002) explica que la productividad es una medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un producto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado (p. 29).

Es decir, la productividad comprende tanto la eficiencia como la efectividad, ya que de nada sirve producir muchos metros cuadrados de muros de albañilería si estos presentan serios problemas de calidad.

Brioso (2015) considera que la productividad es la relación entre lo producido y lo gastado en ello. Es una medida de eficiencia y efectividad, puesto

que mediante la productividad se puede determinar la forma en que se administran los recursos consumidos (hh, tiempo, horas máquina, bls, unds, S/., U\$, etc.), para obtener un resultado, el cual se desarrolla en un plazo determinado y con estándares de calidad dados.

Para esta investigación se adoptará el modelo de productividad orientado a actividades que presenta una relación entre el costo y el objeto obtenido (ecuación 1).

$$Productividad = \frac{\text{Costo de la mano de obra u horas de trabajo [HH]}}{\text{Objeto de salida [m2, m3, kg, etc]}}$$

Ecuación 1. Definición de modelo de productividad orientado a actividades

En consecuencia, si se quisiera mejorar la eficiencia de un sistema o proyecto, sería necesario implementar técnicas que vayan direccionadas a la optimización de los procesos, de tal forma que pueda hacerse un análisis detallado de cada uno a fin de incrementar la producción de los mismos y reducir los recursos utilizados.

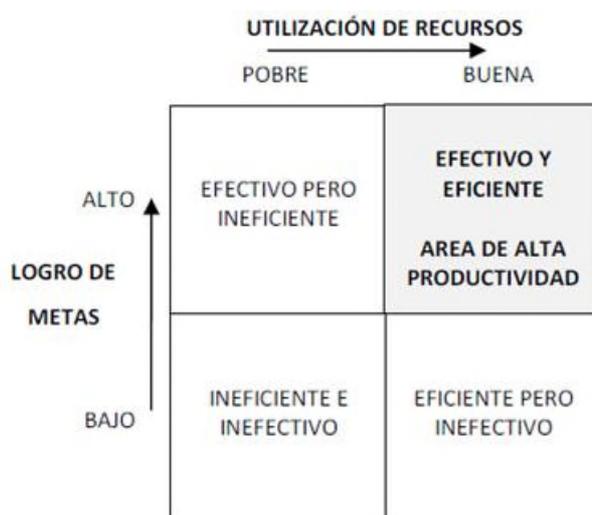


Figura 2. Relación entre eficiencia, efectividad y productividad

La Figura 2, indica la relación entre eficiencia (buena utilización de los recursos), efectividad (cumplimiento o logro de las metas deseadas) y productividad.

#### 1.2.2.1.1. Definiciones en la construcción.

##### a. Concepto de pérdidas en los sistemas de producción

Alarcón (1994) explica la definición de pérdida como aquellas actividades que, produciendo un costo, ya sea directo o indirecto, no agregan valor ni avance a la obra. Estas pérdidas se miden en función de sus costos, incluyendo el de oportunidad.

##### b. Concepto de trabajo en actividades de construcción

Alarcón (1997) explica que el trabajo son todas las acciones realizadas por los participantes del sistema para convertir los recursos en productos parciales o finales, o en términos generales, para la producción de valor.

La productividad del trabajo se mide en relación al contenido del trabajo productivo, el cual se ve afectado por la existencia de actividades contributivas y no contributivas que restan tiempo al tiempo disponible para realizar dicho trabajo (Serpell, 1993).

##### c. Rendimiento y Velocidad

###### ***Rendimiento:***

En el lenguaje coloquial, en general se usan indistintamente las palabras rendimiento y productividad, sin embargo es importante aclarar que el rendimiento es definido como la inversa de la productividad, es decir cantidad de recursos usados para realizar una unidad de producción.

$$RENDIMIENTO = \frac{ESFUERZOS}{RESULTADOS} = \frac{RECURSOS EMPLEADOS}{CANTIDAD PRODUCIDA}$$

Ecuación 2. Definición de rendimiento orientado a actividades

**Velocidad:**

Cantidad de producción que se realiza en una unidad de tiempo.

**d. Relación entre Rendimiento y Velocidad:**

La producción de un trabajador o un grupo de trabajadores puede ser presentado en términos de velocidad o en términos de rendimiento. Y es sencillo pasar de una unidad a otra.

Se muestra el siguiente cuadro con algunos ejemplos:

Descripción	Cuadrilla	Velocidad	Unidad	Rendimiento	Unidad
Encofrado de muros	1 op + 1 pe	42.50	m2/día	0.40	hh/m2
Encofrado de muros	8 op + 8 pe	340.00	m2/día	0.40	hh/m2
Encofrado madera en escalera	1 op + 1 pe	4.10	m2/día	4.20	hh/m2
Tarrajeo de frisos en terrazas	1 op + 1 pe	51.50	ml/día	0.33	hh/ml
Falso piso f' c=100kg/cm2 concreto en obra	1 cap + 2 of + 5pe	76.40	m2/día	0.89	hh/m2

**e. Variabilidad**

El diccionario define variabilidad como la capacidad de variar. Y en la construcción esta capacidad es muy grande, algunas causas que generan variabilidad son:

- Un operario de la cuadrilla de instalación de mayólica faltó el día lunes.
- La empresa de concreto premezclado llegó una hora tarde a la obra.
- Se malogró la mezcladora de concreto.
- Paralización de obra por paro sindical.
- Falta de materiales a tiempo para iniciar el trabajo.
- Dimensiones distintas de alfeizar.
- Edificio con irregularidad en planta.

Es importante mencionar que existen variabilidades positivas y negativas, pero en el presente proyecto de tesis, cuando se mencione el término "variabilidad" se hará mención a la variabilidad negativa.

Mientras mayor sea la variabilidad en una obra, mayor será el impacto en la calidad, el presupuesto y en el tiempo de ejecución de la obra.

#### 1.2.2.1.2. Factores que afectan la productividad.

Botero (2006) expone que muchos son los agentes que afectan la productividad en la obra construcción. En una obra, lo más relevante será determinar cuáles son los agentes más negativos para poder tomar medidas respecto a ellos y así poder disminuir su impacto. De igual forma, será importante identificar los factores que impactan de forma positiva a fin de incrementar su efecto.

Existen factores que influyen de variadas formas la productividad en la construcción. Entre los factores que afectan negativa y positivamente la productividad se encuentran descrito en la Figura 3.



Figura 3. Factores que inciden sobre la productividad

#### a) Factores de incidencia negativa sobre la productividad.

Contreras (2012), explica que la incidencia sobre la baja productividad en los trabajadores son los siguientes:

- Errores en los diseños y falta de especificaciones.
- Modificaciones a los diseños durante la ejecución del proyecto.
- Ejecución de obra con diseños incompletos.
- Falta de supervisión de los trabajadores.

- Agrupamiento de trabajadores en espacios muy reducidos (sobrepoblación en el trabajo).
- Alta rotación de trabajadores.
- Ausentismo de los trabajadores.
- Pobres condiciones de seguridad industrial que generan altas tasas de accidentes.
- Composición inadecuada de las cuadrillas de trabajo.
- Disputas entre cuadrillas.
- Distribución inadecuada de los materiales en obra.
- Falta de materiales requeridos.
- Falta de suministros de equipos y herramientas.
- Pobre mantenimiento de los equipos.
- Difíciles condiciones de acceso de la obra por su ubicación.
- Lotes con condiciones difíciles para su desarrollo.
- Excesivo control de calidad.
- Exceso de tiempo en la toma de decisiones.
- Interrupciones no planificadas ni controladas (refrigerios de trabajadores, ida a servicios sanitarios).
- Características de duración y tamaño de la obra que no motivan al personal
- Algunas horas de día y días de la semana que causan variaciones en el desempeño de la mano de obra (comienzo y final de la semana, final del día, mediodía).
- Clima y condiciones adversas en la obra.

**b) Factores de incidencia positiva sobre la productividad.**

Contreras (2012), explica que la incidencia positiva sobre la productividad en los trabajadores son los siguientes:

- Programa permanente de capacitación de la mano de obra.
- Programa de seguridad industrial en la obra.
- Buenas disposiciones de los materiales en el sitio de trabajo.

- Utilización de técnicas de planificación por los administradores de obra.
- Utilización de partes prefabricados y estandarización de elementos.
- Utilización de ayudas computacionales (Uso de software para construcción).
- Búsqueda permanente de Motivación a los trabajos.
- Revisión de diseños para una ejecución más simple.
- Buena supervisión de los trabajadores.
- Sana competencia entre las cuadrillas.
- Estudios de tiempos y métodos de las actividades.
- Aplicación de herramientas de la Ingeniería Industrial a la construcción.
- Uso de incentivos en contratos de obra.
- Utilización eficiente de los subcontratistas.

#### *1.2.2.1.3. Productividad en el sector construcción.*

Botero (2006), explica que las características presentes en la industria de la construcción son los siguientes:

- Curva de aprendizaje limitada, relacionada con la alta rotación del personal.
- Influencia de las condiciones climáticas.
- Trabajo permanente bajo presión.
- Fragmentación del proyecto e incentivos negativos.
- Poca capacitación, debido a la alta rotación y predominio del empirismo.
- Relaciones opuestas entre quienes intervienen.
- Deficiente planificación o ausencia de la misma.
- Actividad basada en la experiencia.
- Falta investigación y desarrollo, tendientes a mejorar los procesos constructivos y la administración de los mismos.
- Actitud mental del sector, que considera eficiente los métodos actuales.

#### *1.2.2.1.4. Mejoramiento de productividad en la construcción.*

Botero y Álvarez (2004), propusieron que teniendo en cuenta los factores que inciden negativamente en la productividad, el administrador de la obra debe

adoptar acciones correctivas contundentes a la solución de los problemas identificados, como objeto de mejoramiento de la productividad. Para realizar lo anterior, se recomienda seguir el ciclo de mejoramiento de la productividad.

Las diferentes etapas para el mejoramiento, requieren la realización de distintas actividades en el proyecto.

- Medición de la productividad, realizada mediante la toma de datos y su posterior procesamiento y análisis estadístico. Para ello se utilizan formatos diseñados para tal fin, denominados formulario de muestreo general de trabajo.
- Evaluación de la productividad, utilizando los datos obtenidos para diagnosticar la situación de la obra identificando los problemas. De esta forma se puede determinar el plan de acción a seguir una vez evaluadas las diferentes alternativas.
- Implementación de planos de mejoramiento, formulando estrategias y acciones de mejoramiento, con seguimiento permanente para evaluar la eficacia y los resultados obtenidos.



*Figura 4.* Ciclo de mejoramiento de la productividad.

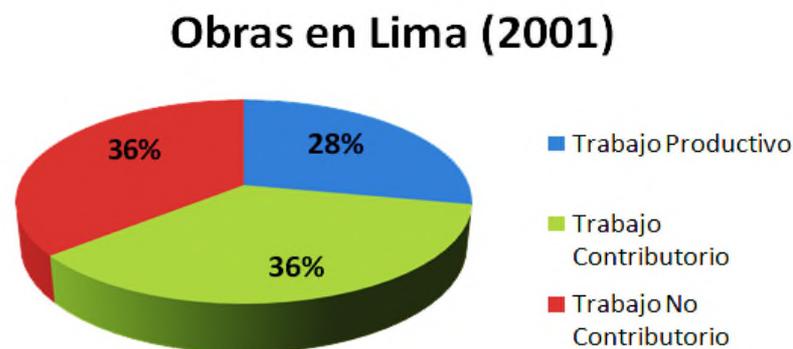
El sistema de implementación para la medición de la productividad tiene los siguientes objetivos:

- Evaluar de manera objetiva el desempeño del proyecto.
- Referenciar el ciclo de mejoramiento para próximas etapas de construcción.

- Realizar análisis de tendencias, proyectando resultados para futuras obras y terminación de la obra.
- Determinar porque una obra o actividad es más productiva que otras similares.

*1.2.2.1.5. Investigación en el sector construcción sobre la distribución general de categoría de trabajo.*

Ghio (2001), explica a través de su investigación realizada en el Perú, sobre la publicación del estudio sobre el período del sector construcción, analizando 50 obras en Lima. En esos momentos recién se comenzaba a difundir la filosofía lean construction en el Perú, a través de la empresa CVG Ingenieros con la finalidad de mejorar el estado de la construcción en todo el país y crecimiento sostenido del sector construcción similar a los otros países gracias a la implementación de las teorías y técnicas que proponía esta nueva filosofía.



*Figura 5.* Estadística de productividad en obras de construcción Lima, 2001

Después de algunos años la filosofía lean construction se fue haciendo más conocido en el Perú. Sin embargo, su correcto entendimiento y aplicación es aun limitado hasta en estos días, siendo las empresas del sector inmobiliario las que más se han interesado en adoptar esta filosofía de trabajo.

Morales y Gáneas (2006), demostraron los avances en el año 2006 donde realizaron las mediciones de ocupación del tiempo para un total de 26 obras en la

capital de Lima, los resultados obtenidos dan una muestra de mejoría en el sector. Sin embargo seguimos muy distantes de los niveles deseados o niveles internacionales de productividad.

### Obras en Lima (2006)

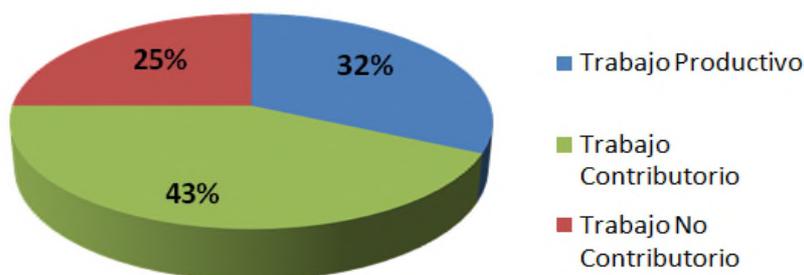


Figura 6. Estadística de productividad en obras de construcción Lima, 2006

Tabla 5

*Estadística de desempeño del proyecto con la distribución de trabajo.*

Categoría	TP	TC	TNC	Observaciones
<b>Obra 60 Medellín (2003)</b>	67.28%	23.13%	9.57%	Mejor desempeño de la muestra observada en Medellín 2003
<b>Optimo</b>	60.00%	25.00%	15.00%	Estudio Chile 1995, muestra de 370,000 m <sup>2</sup>
<b>Normal</b>	55.00%	25.00%	20.00%	Estudio Chile 1995, muestra de 370,000 m <sup>2</sup>
<b>Promedio Medellín 2003</b>	47.20%	37.50%	15.20%	Promedio de la muestra observada en 136,572 m <sup>2</sup>
<b>Promedio Chile</b>	47.00%	28.00%	25.00%	Estudio Chile 1995, muestra de 370,000 m <sup>2</sup>

Fuente: Botero (2004), Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda. En Revista Universidad EAFIT. N° 130, p. 50-64.

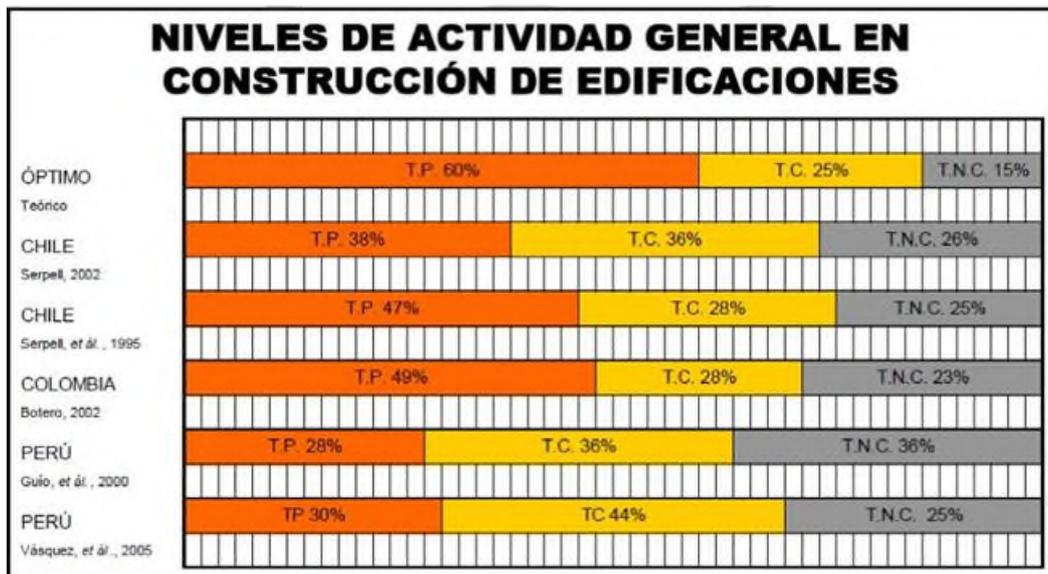


Figura 7. Porcentajes de trabajos productivos, contributorios y no contributorios en países de Sudamérica.

Se muestra en la Tabla 5, el consolidado del estudio realizado en tres de las principales ciudades de Colombia y el caso de Chile y su relación con los niveles óptimos y normales definidos internacionalmente.

### 1.2.2.2. Pérdidas en la construcción.

#### 1.2.2.2.1. Principales fuentes y causas de pérdidas en la construcción.

Los porcentajes a continuación presentados son estimaciones basadas en estudios realizados en diferentes países que dan una muestra bastante clara del impacto que tienen los desperdicios en los proyectos.

Koskela (1992), expone que dichas pérdidas tienen tres causas principales las cuales se menciona a continuación:

- Diseño: Se le atribuye desde un 23% hasta un 78% de pérdidas dependiendo del estudio al que se haga mención. Dichos porcentajes son tan altos ya que en muchas ocasiones se tiene poca información y se comienza a trabajar así, ocasionando después retrabajos cuando se tiene información verídica y completa. Se llega a creer que el costo de los mismos es mayor al costo del diseño en sí.

- **Construcción:** Las pérdidas son de un 17% a un 55%. Aquí es necesaria la especificación total del diseño, para eliminar cualquier limitante y problema de construcción.
- **Provisión de materiales:** Falta de provisión oportuna genera pérdidas entre un 15% y 20%. Las alianzas con los proveedores para regular el flujo de materiales de tal manera que no se generen esperas en sitio o se tengan almacenados podría aumentar la rentabilidad del proyecto.

Tabla 6

*Costo estimado de las pérdidas más comunes en la construcción*

<b>Tipo de desperdicio</b>	<b>Costo</b>	<b>País</b>
<b>Costos de calidad</b>	12% del costo del proyecto	EUA
<b>Costos externos de calidad</b>	4% del costo del proyecto	Suecia
<b>Falta de constructabilidad</b>	6-10% del costo del proyecto	EUA
<b>Administración deficiente de materiales</b>	10-12% de costos de trabajo	EUA
<b>Consumo excesivo de materiales en sitio</b>	10% en promedio.	Suecia
<b>Tiempo de trabajo usado para actividades que no agregan valor</b>	Aproximadamente 2/3 del tiempo total.	EUA
<b>Falta de seguridad</b>	6% del costo del proyecto	EUA

Fuente: Koskela (1992). Application of the New Production Philosophy to Construction.

*1.2.2.2. Clasificación de pérdidas de productividad.***Según su capacidad de ser eliminado.**

Para mejorar el proceso de construcción es necesario identificar las pérdidas evitables e inevitables, para lo cual un estudio realizado por la Universidad Católica de Chile genera como resultado las siguientes pérdidas como las más frecuentes en la construcción (Alarcón 1997).

- **Pérdida inevitable:** Es aquella en que la inversión para evitarla es mayor que la economía que produce.

- Pérdida evitable: Es aquel cuyo costo de desperdicio significativamente mayor que el costo para prevenirlo.

Tabla 7

*Pérdidas comunes en un proyecto de construcción en altura.*

<b>Descripción de pérdidas en un proyecto de edificación</b>	
1. Trabajo sin hacer (H-H) (H-M)	10. Movimiento innecesario de materiales (H-H)
2. Rehacer trabajo (H-H) (H-M)	11. Exceso de vigilancia (H-H)
3. Trabajos innecesario (H-H) (H-M)	12. Supervisión extra (H-H)
4. Errores (H-H)	13. Espacio adicional (M2)
5. Detenciones (Min.)	14. Retraso de actividades (Min.)
6. Pérdidas de materiales	15. Procesamiento extra (H-H)
7. Deterioro de materiales	16. Aclaraciones
8. Pérdidas de mano de obra (H-H)	17. Desgaste anormal de equipos (H-M)
9. Movimiento innecesario de gente (H-H)	

Fuente: Alarcón (1997) "Herramientas para la Reducción de Pérdidas en Proyectos de Construcción", Revista de ingeniería, Universidad Católica de Chile.

Como se puede apreciar, este amplio concepto permite identificar una serie de pérdidas propias de los flujos de procesos (ver números 9, 10, 16 de la Tabla 7) que para el enfoque tradicional son considerados casi como normales dentro del desarrollo de un proyecto. Es así como para un proyecto de edificación en altura se pueden identificar claramente una serie de ejemplos de pérdidas, las cuales se presentan en la Tabla 7.

### **Según su naturaleza.**

Formoso (1999), propuso una clasificación explica solo siete categorías de tipos de desperdicios que se menciona a continuación:

- a) Desperdicio por sobreproducción
- b) Desperdicio por sustitución
- c) Desperdicio por tiempo de esperas
- d) Desperdicio por transporte

- e) Desperdicio por procesamiento
- f) Desperdicio por movimientos
- g) Desperdicio por elaboración de productos defectuosos

### Según el tipo de desperdicio

Pinto (1989) explica los tipos de desperdicio que se menciona a continuación:

- Directo: Es el material que se remueve directamente de la obra (escombros)
- Indirecto: Es el material incorporado innecesariamente, puede ser mayor que el desperdicio directo

#### 1.2.2.2.3. Estudios previos con respecto a la medición de pérdidas.

Algunos estudios previos con respecto a la medición de desperdicios que se menciona a continuación:

### Soibelman L. (2000)

Tabla 8

*Cuadro cualitativo de desperdicios (Soibelman L.)*

Descripción	Observaciones
Concreto premezclado	Uso de equipos en mal estado Errores de cubicaje Dimensiones mayores a las proyectadas
Mortero	Uso excesivo del mortero para reparar irregularidades Presencia de sobrantes diarios, los cuales debieron ser eliminados.
Ladrillos huecos	Malas condiciones en el recibo y almacenamiento de ladrillos Modulación nula, lo que trae como consecuencia el corte de unidades
Cemento	Usos excesivo de mortero para reparar irregularidades Rotura de bolsas al momento de recibir el material Almacenamiento inadecuado material
Arena	Inexistencia de contenciones laterales para evitar dispersión de material Manipulación excesiva antes de su uso final

Fuente: Soibelman (2000). Material de desperdicio en la industria de la construcción: Incidencia y control. México: Cuaderno FICA.

Soibelman (2000), explica que a diferencia del estudio anterior en la Tabla 8, se muestran los estudios cualitativos en donde se presenta las causas más comunes de pérdidas de los distintos materiales utilizados en obra.

### Jhon Skoyles (1979)

Tabla 9

#### *Cuadro cuantitativo de desperdicios (Jhon Skoyles)*

Descripción	N° Obras	Pérdida (%)		Índice de pérdida (%)	
		Min.	Max.	Prom.	Ppto
Concreto en infraestructura	12.00	3.00	18.00	8.00	2.50
Concreto en superestructura	3.00			2.00	2.50
Acero	1.00			5.00	2.50
Ladrillos corrientes	68.00	1.00	20.00	8.00	4.00
Ladrillos Caravistas	62.00	1.00	22.00	12.00	5.00
Ladrillos estructurales huecos	2.00			5.00	2.50
Ladrillos estructurales macizos	3.00	9.00	11.00	10.00	2.50
Bloques Ligeros	22.00	1.00	22.00	9.00	5.00
Bloques de concreto	1.00			7.00	5.00
Tejas	1.00			10.00	2.50
Madera (tablas)	3.00	12.00	22.00	15.00	5.00
Madera (planchas)	2.00			15.00	5.00
Mortero (paredes)	4.00	1.00	4.00	2.00	5.00
Mortero (Techos)	4.00			2.00	2.50
Cerámica (paredes)	1.00			2.00	2.50
Cerámica (pisos)	1.00			2.00	2.50
Tubería de Cobre	9.00			7.00	2.50
Tubería de PVC	1.00			3.00	2.50
Conexiones de cobre	7.00			3.00	2.50
Placas de vidrio	3.00			9.00	5.00

Fuente: Skoyles (1982). Waste and the stimator. England. Chartered Institute of Building.

Básicamente las pérdidas de materiales corresponden a todo material que no haya alcanzado a ser transformado en un producto parcial o final durante el

proceso productivo, donde se pueden distinguir dos categorías globales para clasificarlas (Skoyles, 1979):

- 1) Pérdidas directas: Pérdidas completas de materiales.
- 2) Pérdidas indirectas: Estas se pueden clasificar en tres subcategorías:
  - Sustitución:* Cuando los materiales son utilizados para propósitos distintos de aquellos por los que fueron adquiridos.
  - Uso en producción:* Uso excesivo de materiales para realizar ciertas actividades, en otras palabras corresponde a derroches de material.
  - Negligencia:* Cuando se requieren materiales extras debido a desviaciones en el cumplimiento del diseño por errores del contratista.

En la Tabla 9, se muestra que el 80% de materiales tiene un porcentaje de desperdicio mayor al presupuestado. El material que tiene mayor incidencia es el concreto en infraestructura, incrementando el presupuesto de cualquier obra en el Perú.

### **Flavio Picchi (1993)**

Picchi (1993) explica en su tesis doctoral una estimación de desperdicios generados en proyectos de edificación en Sao Paulo en la fase de construcción. Como se observa en la figura anterior los desperdicios alcanzan el 30% de costo total de la obra. Incluso Flavio Picchi menciona que si tuviéramos un proyecto de cuatro edificios, podríamos construir el cuarto con los desperdicios de los otros tres. Es por eso la importancia de eliminar dichas pérdidas aplicando conceptos de lean construction. Una vez mostrado estos estudios de cuantificación de desperdicio en la etapa de construcción, se puede afirmar que los desperdicios son exageradamente grandes. Es por eso que la filosofía Lean se centra principalmente en reducir al máximo estos desperdicios es decir sacar la grasa y dejar solo la carne.

Tabla 10

*Estimación de desperdicios en obras de edificación (cuantitativo)*

Ítem	Descripción	(% del costo total de obra)
Desmonte	De mortero De ladrillo Limpieza transporte Eliminación	5.00
Espesores adicionales de mortero	Tarrajeo de techos Tarrajeo de paredes internas Tarrajeo de paredes externas Contrapisos	5.00
Dosificación no optimizada	Concreto mortero	2.00
Reparación y/o retrabajos no computados en el resto de materiales	Repintado Retoques Correcciones de otros servicios	2.00
Proyectos no optimizados	Arquitectura Estructuras Instalaciones eléctricas Instalaciones sanitarias	6.00
Costos por atrasos	Costos adicionales por atrasos en las obras y costos adicionales de administración, equipos y multas.	1.50
Costos en obras entregadas	Reparo de patologías ocurridas después de la entrega de la obra	5.00
<b>TOTAL</b>		<b>30.00%</b>

Fuente: Picchi (1993). Estimación de desperdicios en obras de edificación. Tesis para optar el grado de Doctor en Ingeniería. Sao Paulo, Brasil.

### **1.2.2.3. Técnicas de captura de datos sobre productividad empleadas por lean construction.**

Oglesby, Parker & Howell (1989), propusieron las tres principales categorías de trabajo utilizadas para las mediciones de productividad:

- *Trabajo productivo (T.P.) (agrega valor)*: aquel que aporta en forma directa a una unidad de producción. Por ejemplo: vibrar el hormigón, colocar ladrillos, pintar, etc.
- *Trabajo contributorio (T.C.) (no agrega valor)*: aquel que debe realizarse para que pueda ejecutarse el trabajo productivo. Por ejemplo: transporte

de material, recepción o entrega de instrucciones, lectura de planos, mediciones, etc.

- *Trabajo no contributivo (T.N.C.) (no agrega valor):* cualquier actividad que no corresponde a las categorías anteriores. Por ejemplo: ocio, esperas, interrupciones no autorizadas, traslado de un lugar a otro, actividades personales, etc. (p. 176-177)

Estas tres categorías son utilizadas para los muestreos del trabajo y para las cartas de balance.

#### 1.2.2.3.1. Muestreo del trabajo.

“El muestreo del trabajo sirve para medir el porcentaje de tiempo que la mano de obra y los equipos ocupan en ciertas categorías predeterminadas de actividades” (Serpell, 2002, p. 173).

El objetivo general es la determinación estadística de la forma en que el tiempo de trabajo está siendo utilizado por el personal de obra y los equipos. Las principales categorías y las más utilizadas son: trabajo productivo, trabajo contributivo y trabajo no contributivo.

Algunas características que definen particularmente a esta herramienta, son:

- Es una medición para el análisis cuantitativo en términos de tiempo de las actividades de recursos.
- Se aplica principalmente a la mano de obra y/o equipos.
- Las observaciones de muestreo deben ser hechas en forma aleatoria.
- Se deben establecer categorías predeterminadas de actividades en las cuales clasificar las observaciones de los recursos.
- Los resultados permiten realizar una inferencia estadística de las actividades de los recursos (Alarcón, 2001, p. 40).

El problema de esta medición es que con los resultados obtenidos, los porcentajes de trabajo productivo, trabajo contributivo y trabajo no contributivo

de la actividad, es difícil dar un diagnóstico. Esta herramienta es más adecuada para ver si existe un problema y si lo hay entonces realizar otra medición, como por ejemplo, una carta de balance, para así tener una clara descripción de la actividad y ser capaz de dar un diagnóstico preciso para mejorar la productividad.

Con una muestra representativa, de un tamaño lo suficientemente grande para ser estadísticamente válida, ciertas características del proyecto pueden ser predichas. Esta predicción no es exacta, pero sí la muestra es representativa, el resultado está muy cerca de la situación real (Thomas & Daily, 1984). Estadísticamente, la muestra podrá ser validada a partir de tres conceptos: nivel de confianza, límite de error y proporción por categoría. El primero provee la confiabilidad del resultado, el segundo la precisión del valor estimado y el último cuál es la proporción esperada de la muestra, es decir, cómo se distribuyen las respuestas de la muestra. El número de muestras para las condiciones requeridas es calculado con la ecuación 3 (Olomolaiye, Jayawardane, & Harris, 1998).

$$N = \frac{Z^2 P(1 - P)}{L^2}$$

Ecuación 3. Número de muestras requerido para muestreo del trabajo

Donde “N” es el tamaño de la muestra, “Z” el valor obtenido de las tablas estadísticas dependiendo del intervalo de confianza, “P” es la proporción por categoría y “L” el límite de error requerido. Dado que la distribución esperada entre trabajo productivo y no productivo es de 50:50. Se considerará razonable considerar un nivel de confianza del 95% y un límite de error del 5% para representar la distribución del trabajo de una obra completa. De acuerdo a la Tabla 11, se necesitarán 384 muestras. Las cuales necesariamente deben ser realizadas en campo.

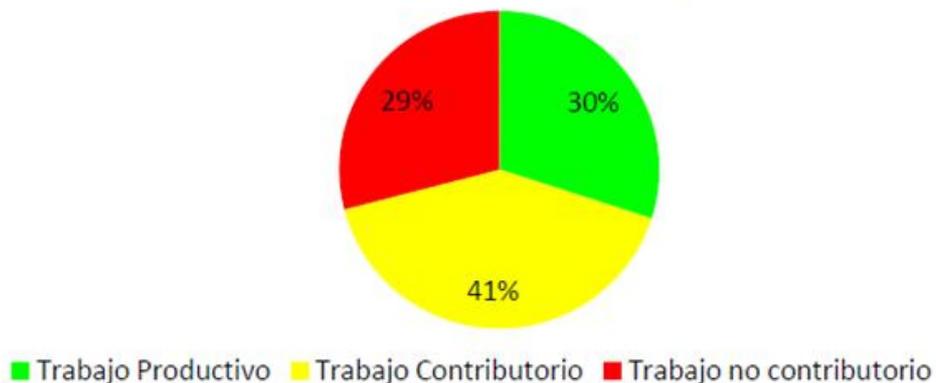
Tabla 11

*Tamaño de la muestra requerido para niveles de confianza del 95% y 90%*

Proporción por Categoría (%)	95 % nivel de confianza				90 % nivel de confianza			
	Límite de error (%)				Límite de error (%)			
	1	2.5	5	10	1	2.5	5	10
<b>50:50</b>	9604	1537	<b>384</b>	96	6765	1082	271	68
40:60	9220	1475	369	92	6495	1039	260	65
30:70	8067	1291	323	81	5683	909	227	57
20:80	6147	983	246	61	4330	693	173	43
10:90	3457	553	138	35	2435	390	97	24

Fuente: Olomolaiye, Jayawardane & Harris (1998)

### Muestreo del Trabajo



*Figura 8. Ejemplo de resultado de muestreo del trabajo*

#### 1.2.2.3.2. Nivel general de actividad de obra.

Es un indicador que representa el nivel de productividad del personal, en función al tiempo que demanda realizar algún tipo de trabajo clasificado en productivo, contributorio y no contributorio. Podemos trabajar con los datos obtenidos en la carta de balance, y con la ayuda de diagramas pastel visualizaremos los tiempos que utiliza cada trabajador en los distintos tipos de trabajo. El resultado de este

análisis es el porcentaje de tiempo que el personal obrero dedicó a dichas actividades.

#### 1.2.2.3.3. Carta de balance de cuadrilla.

La carta de balance es un gráfico de barras que posee una ordenada de tiempo y una abscisa en la que se indican los distintos recursos que participan en la actividad que se estudia. Según transcurre el tiempo, se representan las diferentes actividades realizadas por los recursos, obteniéndose de esta forma una barra que muestra la secuencia de tareas para cada uno de ellos (ver Figura 9). A causa de que todos los recursos son representados en un mismo período de tiempo, se puede, a través de la comparación, observar la relación entre ellos e identificar patrones que afectan las actividades.

Serpell (2002) se refiere en los términos siguientes:

El objetivo de esta técnica es analizar la eficiencia del método constructivo empleado, más que la eficiencia de los obreros, de modo que no se pretende conseguir que trabajen más duro, sino en forma más inteligente. Las vías para mejorar la eficiencia del grupo de trabajo que materializa las actividades de interés son la reasignación de tareas entre sus miembros y/o la modificación del tamaño del grupo que conforma la cuadrilla (p. 184).

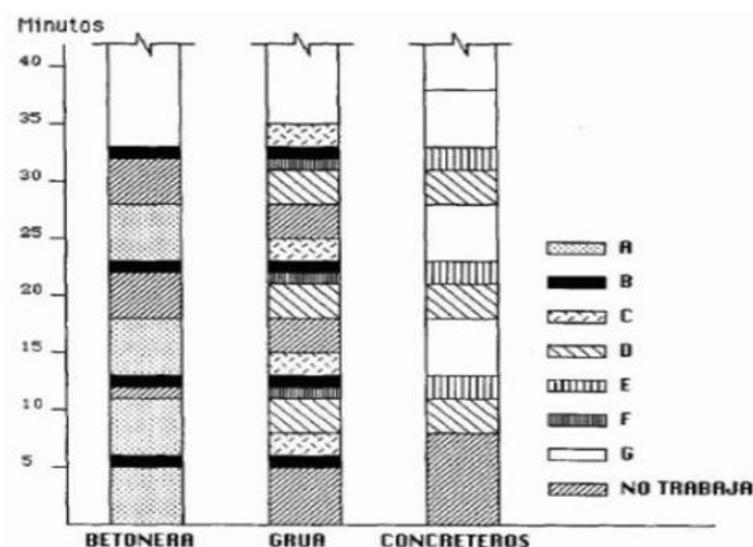


Figura 9. Ejemplo de una carta de balance de la cuadrilla

En la Figura 9, cada letra A, B, C, D, E, F, G y “No Trabaja” representan las distintas actividades que realizan la “Betонера”, la “Grúa” y los “Concreteros” durante el transcurso de la medición.

A continuación se presentan algunos indicadores que se obtienen al realizar una carta de balance:

$$\text{Nivel de actividad real (N.A.R.)} = \frac{\text{Tiempo que el recurso trabaja}}{\text{Tiempo que el recurso está presente}} \times 100\%$$

$$\text{Coeficiente de participación} = \frac{\text{Tiempo que el recurso está presente}}{\text{Tiempo total de la actividad}}$$

$$\text{Nivel de actividad relativo} = \frac{\text{Tiempo que el recurso trabaja}}{\text{Tiempo total de la actividad}} \times 100\%$$

Ecuación 4. Indicadores que se obtiene carta de balance.

Con esta información también se define el nivel de actividad real:

$$\text{Nivel de actividad real (N.A.R.)} = 100\% - \text{Porcentaje de trabajo no contributivo}$$

Ecuación 5. Nivel de actividad real.

Una consideración muy importante y que se tiene que tener presente es orientar el estudio a la reducción de tiempos improductivos, es decir aumentar el rendimiento y los niveles de actividad real.

Serpell (2002), propuso una secuencia que se menciona a continuación:

- Revisar el método constructivo seleccionado y buscar otro método que permita cuestionar comparativamente su conveniencia.
- Cuantificar previamente un grado de utilización eficiente de los recursos de mano de obra, maquinaria y equipos, materiales, energía, etc., para el proceso seleccionado.

- Analizar con más detalle el diagrama de procesos de los recursos, en especial en actividades que se desarrollan en espacios extensos.
- Muestrear la operación y determinar las condiciones reales de trabajo de los recursos. Conviene realizar no menos de tres muestreos en días distintos.
- Procesar la información, concluir y discutir los resultados.
- Determinar mejoras necesarias y describir en una carta de balance ideal el procedimiento mejorado propuesto.

Es necesario aplicar toda esta secuencia de puntos para tener un adecuado plan de mejora, se debe analizar el proceso constructivo, cuantificar el grado de utilización de recursos, analizar con detalle el diagrama de procesos, muestrear y procesar la información será imposible visualizar bien el problema y por ende llegar a una buena propuesta de solución. Una de las ventajas de esta técnica es que ofrece, como muy pocas, una respuesta inmediatamente posterior a la primera ejecución de una operación, entregando herramientas básicas para optimizar la ejecución de las operaciones más importantes de una faena.

### **Consideraciones**

Para su aplicación se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones generales:

- Observar y entender la actividad que se va a estudiar.
- Identificar a cada uno de los integrantes de la cuadrilla. Para esto se les puede dar cascos, camisetas, cintas, chalecos y otros, de diferentes colores de modo que sea fácil de distinguirlos a la hora de realizar el estudio.
- El intervalo de tiempo aconsejado de muestreo es de un minuto, con no menos de treinta observaciones (30 min.) o las que sean necesarias para observar dos ciclos seguidos completos como mínimo.
- La cuadrilla a observar podrá tener un máximo de 8 a 10 integrantes.
- Es recomendable que se realice anotaciones adicionales de cómo se realizaba el trabajo, con qué materiales, herramientas o equipos, qué

tipo de interrupciones hubieron, cuánto avanzó, etc.; así se obtiene mayor información de lo que sucede mientras se realizaba la medición y otros datos necesarios para optimizar la cuadrilla o flujo de recursos.

### **Procedimiento**

El procedimiento propuesto para la aplicación de ésta herramienta es el siguiente:

- a. Antes de iniciar el muestreo se deben identificar los subprocesos que componen las diferentes categorías de trabajo: productivo, contributorio y no contributorio, y definirlos para la operación que se va a estudiar, y además asignarle a cada uno, una letra o clave.
- b. Registrar en el formato de carta balance, minuto a minuto, las funciones de cada uno de los integrantes de la cuadrilla.
- c. Procesar los datos recogidos en una hoja de excel, graficando las barras de distribución del uso de tiempo en las diferentes actividades. Además se puede distribuir porcentualmente el uso del tiempo para cada uno de los integrantes de la cuadrilla.

#### *1.2.2.3.4. Prueba de los cinco minutos.*

La prueba de los cinco minutos permite una cuantificación de las pérdidas de las actividades de construcción. Además, se puede identificar los tres tiempos característicos de toda actividad de construcción: Tiempos productivos (aquellos que le agregan valor a la actividad), tiempos contributivos (contribuyen a que se agregue valor) y no contributivos (pérdidas). La prueba debe realizarse de la siguiente forma:

- El objetivo de la prueba es tomar durante 5 minutos el tiempo dedicado por un trabajador a actividades productivas, contributivas o no contributivas.
- La persona que realiza la medición debe contar con un cronómetro y un formato para registrar la información.
- La toma de la medición debe realizarse de forma aleatoria. Toda la información de la prueba debe registrarse en un formato como se muestra en la Figura 10.

Fecha: Enero 12 de 2012		Hora: 8:00 AM	
Actividad: Mampostería		Oficio: Ayudante	
TIEMPO PRODUCTIVO	0.00 (140 segundos)	Observación: Pegando ladrillo	
TIEMPO CONTRIBUTIVO	2.20 (100 segundos)	Observación: Preparando mortero	
TIEMPO NO CONTRIBUTIVO	4.00 (60 segundos)	Observación: Conversando	
COMENTARIOS: En el momento de la medición estaba cayendo una ligera lluvia			

Figura 10. Formato para la prueba de los cinco minutos

El formato que muestra en la Figura 10, se ha registrado para la actividad de mampostería los tiempos productivos, contributivos y no contributivos.

Este muestra que en un lapso de 5 minutos se observa a un trabajador, de oficio ayudante, dedicando 140 segundos (47% del total del tiempo) a pegar ladrillos, 100 segundos (33%) a preparar mortero y 60 segundos (20%) a conversar con un compañero. Adicionalmente, los comentarios del formato indican que durante la medición estaba cayendo una ligera lluvia sobre el sitio de trabajo. Los comentarios registrados son valiosos para analizar las condiciones bajo las que se deben hacer las mejoras de los procesos de construcción.

Se advierte que no es suficiente con un solo registro de 5 minutos para analizar y tomar decisiones de cómo reducir las pérdidas de una actividad de construcción. Se deben tomar varias mediciones para calcular los promedios y desviaciones estándar de los tiempos productivos, contributivos y no contributivos. A partir de estas estadísticas se pueden tomar decisiones de mejora. A medida que se tome una mayor cantidad de mediciones, las estadísticas reflejarán con mayor fiabilidad la situación real de la actividad de construcción. Se recomienda tomar mínimo 50 mediciones distribuidas durante el horario laboral, para iniciar el proceso de análisis de la información. La información recopilada mediante la prueba de los 5 minutos puede analizarse con una clasificación establecida a partir de actividades de construcción, temporalmente en semanas, meses incluso acumulados para el período de avance del proyecto. No es suficiente con

cuantificar los tiempos productivos o de pérdidas, es necesario analizar cuáles son las frecuencias de las causas de estos tiempos. Por ejemplo, la causa del tiempo no contributivo mostrado en la Figura 10 es la conversación informal entre trabajadores. Estas causas pueden analizarse mediante su frecuencia o sobre los tiempos que se pueden sumar y promediar para cada una de ellas.

A continuación se explica el procedimiento detallado de la prueba de los 5 minutos:

### **Antes de la prueba**

1. Debe contar con un cronometro, formato de la prueba, una persona que hará la medición.
2. Determinar la actividad (es) de construcción que desea medir.
3. Determinar con el personal a cargo de la obra de construcción, y para cada actividad que desea medir, los tiempos que se consideran como productivos, contributivos y no contributivos.
4. Por ejemplo, para la actividad de mampostería se considera que los tiempos productivos son la pega de ladrillos; los tiempos contributivos pueden ser el transporte de materiales y mediciones; y los tiempos no contributivos pueden ser charlas de los trabajadores, tiempos de inactividad por falta de materiales, etc.

### **Durante la prueba**

1. Dirigirse al lugar del trabajo en la obra de construcción en donde se encuentran los trabajadores que están realizando la actividad de construcción que desea medir.
2. Una vez se encuentre en un lugar que le permite observar a los trabajadores, debe hacer la medición durante 5 minutos de los tiempos productivos, contributivos y no contributivos, y registrarlo en el formato. Se debe tener en cuenta que el trabajador puede pasar intercaladamente en un lapso de 5 min de una actividad productiva a una no productiva. Debido a esto, en el formato se debe registrar los tiempos totales (de cada tipo). Adicionalmente, se debe

registrar en el formato anotaciones cualitativas de aspectos que se observen en cada medición (por ejemplo, el clima que se observa, eventos especiales de la obra de construcción y la fecha y hora de la medición).

3. El anterior paso se debe repetir cuantas veces sea necesario, hasta alcanzar el número de observaciones necesarios para obtener una muestra estadísticamente representativa.

### **Después de la prueba**

1. Los formatos de la prueba se deben registrar en una hoja de cálculo (Excel) en donde cada fila corresponde a cada medición.
2. En la hoja de cálculo se registrarán por separado cada una de las actividades de construcción medidas.
3. Una vez se cuente con un número de observaciones representativo de cada actividad de construcción, se deben calcular los promedios y desviaciones estándar de los tiempos productivos, contributivos y no contributivos. El promedio y desviación estándar se calculará a partir de los porcentajes de cada tiempo sobre los 5 minutos de cada prueba.
4. Los promedios y desviaciones estándar pueden calcularse para las observaciones obtenidas en diferentes periodos de tiempo (por ejemplo, una semana, un mes, un trimestre, acumulado de tiempo); siempre y cuando, para el periodo se cuente con un tamaño muestra adecuado.
5. Con estos resultados se determinará el nivel de productividad que tiene cada una de las actividades de construcción de una obra. No obstante, hacer la medición no es suficiente para mejorar la productividad, esta solo es el primer paso. Para hacer una mejora debe realizarse iteraciones de medición y análisis de los datos, procurando disminuir o eliminar los tiempos contributivos y no contributivos de cada actividad de construcción.

### **1.3. Justificación**

Según Hernández (2010), refiere un estudio se justifica en mayor medida en cuanto cumpla con la mayor cantidad de criterios, respondiendo a la mayor cantidad de preguntas que se plantean a continuación, para que se considere

conveniente, con relevancia social, utilidad metodológica, que tenga implicancias prácticas y valor teórico.

Es necesario el estudio de investigación porque una de las principales falencias que presentan los proyectos de construcción hoy en día, es la baja productividad debido al desconocimiento de metodologías y herramientas de gestión de producción, pues todavía en muchas empresas constructoras se viene trabajando de manera tradicional sin ninguna eficiencia y confiabilidad en los plazos y costo de los proyecto.

Es por esta razón que surge motivación del tema de investigación, que es analizar, implementar y evaluar las herramientas de sistema de gestión de productividad a través de la filosofía Lean Construction en busca de la eficiencia en la gestión de proyectos de construcción.

#### **1.3.1. Justificación práctica.**

Mediante las técnicas de aplicación de las herramientas Lean Construction, sirve como guía para profesionales o empresas que busquen implementar Lean Construction en sus proyectos.

La presente investigación busca justificar la optimización de procesos, para mejorar la productividad. Luego de realizar el diagnóstico inicial se plantea las mejoras con el fin de obtener ventajas, disminuir y eliminar las oportunidades e improvisaciones causadas por los desperdicios y pérdidas, generados durante la ejecución de los proyectos de edificaciones.

#### **1.3.2. Justificación teórica.**

Permite el diagnóstico sobre las deficiencias y dificultades de los procesos que sirve como base para poder identificar los desperdicios y pérdidas; para plantear mejoras del estado de la construcción, en base a teórica y técnicas que propone esta nueva filosofía de lean construction.

La presente investigación busca justificar los resultados de la variable independiente (aplicación lean construction) y dependiente (productividad en obra) estableciendo evidencia de la causa y efecto, así como el contraste de las hipótesis causales para concluir y realizar las recomendaciones respecto al tema de investigación.

### **1.3.3. Justificación metodológica.**

Aportar instrumentos y procedimientos que nos permite diagnosticar de manera sólida las técnicas de lean construction, la cual tiene aplicación práctica en la procesos constructivos para mejorar la productividad.

La presente investigación es cuantitativa, busca justificar la utilización de las técnicas e instrumentos de recolección de datos como la encuesta, observación y análisis de documentación. El tipo de estudio es experimental de diseño cuasi experimental porque la variable independiente ha sido manipulada por el investigador estableciendo relaciones de causa y efecto. Para la recolección de datos se realizó en un tiempo determinado con la intención de estudiar las variables y analizar su incidencia en los procesos.

### **1.3.4. Justificación social.**

Respecto al beneficio social con la aplicación de las técnicas de lean construction en las empresas del sector construcción sería más eficiente la mano de obra calificada y especializada incrementando su productividad, generando un mejor control de los procesos constructivos, siendo más ordenados sin mayor esfuerzo del personal trabajando con inteligencia y un con ritmo de trabajo planificado. Se reduciría las dificultades que afecten a los recursos humanos de la empresa.

### **1.3.5. Justificación académica.**

Respecto al beneficio académico, es importante para los investigadores vinculados con el tema de investigación, porque ayuda a difundir la aplicación de las técnicas de lean construction, de esta manera contribuir al desarrollo de herramientas prácticas para el muestreo de trabajo y mejorar la productividad.

### **1.3.6. Justificación económica.**

El sector construcción de nuestro país, debe contar un procedimiento que le permita el control, manejo de la reducción de pérdidas y desperdicios generados en la etapa de ejecución, con la aplicación de las técnicas de lean construction tiene como finalidad detectar los desperdicios, pérdidas de los procesos y malos usos de los recursos, para no generar sobrecostos y mayor tiempo de ejecución de las obras, originando beneficios económicos y una mayor rentabilidad.

## **1.4. Formulación del problema**

### **1.4.1. Problema general.**

¿De qué manera influye la aplicación de la técnica de lean construction en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017?

### **1.4.2. Problemas específicos.**

1. ¿De qué manera influye la aplicación de la técnica del nivel general de actividad de obra en la productividad, durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017?
2. ¿De qué manera influye la aplicación del nivel de carta de balance de cuadrilla en la productividad, durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017?
3. ¿De qué manera influye la aplicación de la prueba de los cinco minutos, en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017?

## 1.5. Hipótesis

### 1.5.1. Hipótesis general.

#### **Hipótesis alterna:**

Hg: La aplicación de la técnica de lean construction influye significativamente en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017.

#### **Hipótesis nula:**

Ho: La aplicación de la técnica de lean construction no influye significativamente en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017.

### 1.5.2. Hipótesis específicos.

#### **Hipótesis alterna:**

H1: La aplicación del nivel general de actividad de obra, influye significativamente en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017.

H2: La aplicación del nivel de carta de balance de cuadrilla, influye significativamente en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017.

H3: La aplicación de la prueba de los cinco minutos, influye significativamente en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017.

#### **Hipótesis nula:**

H1: La aplicación del nivel general de actividad de obra, no influye significativamente en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017.

H2: La aplicación del nivel de carta de balance de cuadrilla, no influye significativamente en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017.

H3: La aplicación de la prueba de los cinco minutos, no influye significativamente en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo General.**

Determinar la influencia de la aplicación de la técnica de la lean construction en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017.

### **1.6.2. Objetivos Específicos.**

1. Determinar la influencia de la aplicación del nivel general de actividad de obra, en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017.
2. Determinar la influencia de la aplicación del nivel de carta de balance de cuadrilla, en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017.
3. Determinar la influencia de la aplicación de la prueba de los cinco minutos, en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017.

## **II. MARCO METODOLÓGICO**

## **2.1. Variables**

Valderrama (2015), sostiene que: “Son características observables que posee cada persona, objeto o institución, y que al ser medida, varían cuantitativamente y cualitativamente una en relación a otra” (p. 157).

Para el estudio de la investigación se utilizaron las variables dependiente e independiente; donde la variable dependiente en el caso son los recursos utilizados durante la ejecución de un proyecto y la variable independiente es una variable cuantitativa debido a que es posible realizar mediciones y representarlo con números. También es del tipo ordinal porque establece un orden en la aplicación de las herramientas Lean Construction para mejorar los procesos del caso de estudio.

### **2.1.1. Variable Independiente**

Definición conceptual de la variable independiente: Lean Construction, según Ghio (2001) refiere que la diferencia de Lean Construction de las prácticas tradicionales es su enfoque en las pérdidas y en la reducción de las mismas.

### **2.1.2. Variable Dependiente**

Definición conceptual de la variable dependiente: Productividad en obra, según Serpell (2002) refiere que la productividad es una medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un producto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado (p. 29).

## **2.2. Operacionalización de variables**

Valderrama (2015) definió que: “La Operacionalización es el proceso mediante el cual se transforma las variables de conceptos abstractos a unidades de medición” (p. 160).

Tabla 12

*Operalización de la variable independiente*

Dimensiones	Indicadores	Ítems	Escala de medición	Niveles o rangos
<b>Variable Independiente: Lean Construction</b>				
1.- Nivel general de actividad de obra (NGA)	1.1 Formato de campo para el muestreo del trabajo por categorías.	P1, P2		
	1.2 Tabulación por categoría de trabajo e identificación de la magnitud de las pérdidas de las actividades (diagnóstico actual).	P3, P4		
	1.3 Análisis de la información y propuestas de mejoras.	P5		
	1.4 Control y seguimiento de las mejoras propuestas.	P6		
2.- Nivel de carta de balance de cuadrilla (NCB).	2.1 Formato de campo para el muestreo de la actividad de estudio.	P7, P8		
	2.2 Registro de datos por categoría de trabajo e identificación de pérdidas (diagnóstico actual).	P9, P10	1 = Nunca 2 = Casi Nunca 3 = A veces 4 = Casi Siempre 5 = Siempre	1= [0 - 5] 2= [6 - 10] 3= [11 - 13] 4= [14 - 17] 5= [18 - 20]
	2.3 Análisis de la información y propuestas de mejora de la actividad	P11		
	2.4 Implementación de las mejoras y seguimiento para evaluar la efectividad del proceso.	P12		
3.- Prueba de los cinco minutos (P5M).	3.1 Formato de control de los tiempos de tipos de trabajo.	P13, P14		
	3.2 Registros de la actividad a medir.	P15		
	3.3 Evaluación de las pérdidas y frecuencias de los tiempos de trabajo.	P16		
	3.3 Planteamiento de mejoras y seguimiento de las actividades.	P16		

Tabla 13

*Operalización de la variable dependiente*

Dimensiones	Indicadores	Ítems	Escala de medición	Niveles o rangos
<b>Variable Dependiente: Productividad en construcción</b>				
1.- Promedio general de productividad en obras Peruanas.	1.1 Porcentaje estadístico de productividad de los trabajos productivos, contributorio y no contributorio en obras Peruanas (Ghio, 2001).	P17		
	1.2 Comparar el porcentaje de productividad con el nivel general de actividad.			
2.- Promedio óptimo de productividad en obras a nivel internacional.	2.2 Porcentaje óptimo de productividad de los trabajos productivos, contributorio y no contributorio (Serpell, 2002).	P18	1 = Nunca	1= [0 - 5]
	2.2 Comparar el porcentaje de productividad con el nivel general de actividad.		2 = Casi Nunca	2= [6 - 10]
3.- Promedio general de productividad en obras a nivel internacional.	3.1 Porcentaje estadístico de productividad de los trabajos productivos, contributorio y no contributorio en obras Chilenas (Serpell, 2002).	P19	3 = A veces	3= [11 - 13]
	3.2 Porcentaje estadístico de productividad de los trabajos productivos, contributorio y no contributorio en obras Colombianas (Botero, 2002).		4 = Casi Siempre	4= [14 - 17]
	3.3 Comparar el porcentaje de productividad con el nivel general de actividad.		5 = Siempre	5= [18 - 20]
			P20	

**2.2. Metodología**

Tamayo (1990), indico en los términos siguientes:

La metodología constituye la medula espinal del proyecto; se refiere a la descripción de las unidades de análisis o de investigación, las técnicas de observaciones y recolección de datos, los instrumentos de medición, los procedimientos y las técnicas de análisis (p.91).

La metodología para la presente investigación está basada en el método cuantitativo, diseño experimental y técnicas estadísticas de análisis de datos.

### **2.3. Tipos de estudio**

Hernández (2010), quien refiere que la investigación se puede clasificar de diversas maneras pudiendo ser experimental o no experimental. Así mismo expone que una investigación experimental, son estudios que se realizan con la manipulación de una o varias variables independientes, ejerciendo el máximo control. Su metodología es generalmente cuantitativa.

Para la presente investigación de estudio es del tipo experimental porque la variable independiente ha sido manipulada por el investigador, por lo que se tiene el mayor control y evidencia de la causa y efecto; de corte transversal porque se realizó la recolección de datos en un tiempo determinado con el intención de estudiar las variables y analizar su incidencia en los procesos; del tipo explicativo porque sirve para analizar y explicar el comportamiento de una variable en función de otra, estableciendo relaciones de causa y efecto así como la comprobación de hipótesis causales.

### **2.4. Diseño**

Hernández, et. al (2006), indico en los términos siguientes:

Los diseños cuasi experimentales también manipulan deliberadamente, al menos, una variable independiente para observar su efecto y relación con una o más variables dependientes, sólo que difiere de los experimentos "puros" en el grado de seguridad o confiabilidad que pueda tenerse sobre la equivalencia inicial de los grupo. En los diseños cuasi experimentales los sujetos no se asignan al azar a los grupos ni se emparejan, si no que dichos grupos están formados antes del experimento (p. 203).

El diseño de la investigación es del tipo cuasi experimental. En la investigación se ha tomado un grupo experimental (residente de obra) y un grupo control (ingeniero de producción), donde se ha considera un pre test y un post test para ambos grupos, solo al grupo experimental se aplica la variable

independiente.

Según Oseda (2011, p. 216), el diseño es como sigue:

Esquema:

GE: O<sub>1</sub> X O<sub>2</sub>

GC: O<sub>1</sub> O<sub>2</sub>

Dónde:

GE: Grupo experimental

GC: Grupo control

O<sub>1</sub>: Medición del pre test

O<sub>2</sub>: Medición del post test

X: Manipulación o desarrollo de la variable independiente

## **2.5. Población, muestra y muestreo**

### **2.5.1. Población.**

Según Hernández, et al (2006), definió que: “La población o universo es el conjunto de los casos que concuerdan con determinadas especificaciones” (p. 239).

Para la presente investigación la población, está conformado por 12 trabajadores (residentes de obra, asistente de obra, ingenieros de producción, maestro de obra y capataces) de una empresa constructora de edificación en el Departamento de Huancavelica 2017.

### **2.5.2. Muestra.**

Según Hernandez, Fernandez, & Baptista (2006), definen que:

La muestra es en esencia, un sub grupo de la población en el que todos los elementos de ésta, tienen la misma posibilidad de ser elegidos.

En las muestras no probabilístico, el procedimiento no es mecánico, ni con base en formas de probabilidad, sino que depende del proceso de toma de decisiones de una personas o de un grupo de personas y, desde luego, las muestras seleccionadas obedecen a otros criterios de investigación. En la muestras no probabilístico, la elección de los elementos no depende de la

probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o de quien hace la muestra (p. 241).

En la presente investigación se ha considerado el muestreo de tipo no probabilístico, intencional o dirigido, por lo tanto la muestra es la misma población conformado por dos grupos intactos los cuales ya están definidos, conformado por:

- Grupo Experimental: 2 residente de obra, 2 asistente de obra, 2 ingenieros de producción.
- Grupo de Control: 2 maestros de obra y 4 capataces.

## **2.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Hernández (2010), expone que “De acuerdo con nuestro problema de estudio e hipótesis [...], la siguiente etapa consiste en recolectar los datos pertinentes sobre las atribuciones, conceptos o variables de las unidades de análisis o casos” (p. 198).

### **2.6.1. Técnicas.**

En la presente investigación se basara en el enfoque cuantitativo y se utilizara la técnica de recolección de datos como la encuesta, mediante un conjunto de preguntas dirigidas a la muestra representativa de la población, la técnica de la observación de las actividades de campo y el análisis de documentación de la obra en estudio.

*Encuesta:* para recoger la información, directamente de la variable de estudio. La encuesta tiene cierto margen de error debido a que se está influenciado por la subjetividad del encuestado.

*Observación:* Se midió y evaluó el porcentaje de tiempo que el personal obrero dedica a la realización de las actividades en estudio.

*Análisis de documentos:* se tuvo en cuenta libros, tesis, revistas, cursos-taller, etc., relacionados al tema que se investigó. Así mismo se evaluaron los controles en campo realizados en el proyecto.

### **2.6.2. Instrumentos.**

Valderrama (2015) sostiene que: “Los instrumentos son los medios materiales que emplea el investigador para recoger la información” (p. 195).

En el estudio de investigación se utilizó como instrumento el cuestionario conformado por 20 ítem distribuidas en sus variables y dimensiones, que se aplicara a la muestra indicada; instrumentos de recolección para la información de campo se utilizó las fichas de campo o formatos de control, cámara fotográfica, cronometro y análisis de documentos.

### **2.6.3. Recolección de datos.**

En el estudio de investigación para la recolección de datos se aplicará el instrumento de medición residente de obra y al ingeniero de producción (un caso de estudio), muestra representativa a encuestar.

Asimismo se efectuó de acuerdo a las etapas y consideraciones establecidas en el proyecto; teniéndose en cuenta todas las normas vigentes para este estudio, desde la exploración a la zona, recopilación, análisis y comparación de estudios de investigación realizados. Se desarrollaron actividades y procedimientos para que en forma cuantitativa proceder al análisis y poder aplicar los conceptos de la filosofía lean construcción, veamos las actividades:

- Se realizó visitas a la zona de estudio.
- Recopilación de antecedentes de la situación actual.
- Se tomó mediciones de muestreo de los tipos de trabajo en formatos de campo, para el análisis del nivel general de actividad de obra y el nivel de carta de balance.
- Se realizó el análisis de los rendimientos reales de las actividades de la obra en un formato de informe semanal de producción.
- Mediante las cartas balance de cuadrilla, se realizó el análisis y se planteó soluciones claras y directas para mejorar los procesos y la productividad del caso de estudio.

## 2.7. Métodos de análisis de datos

Realizado la aplicación del instrumento, se procedió a la tabulación de los resultados, seguidamente se realizaron la elaboración de tablas de frecuencia, gráficos estadísticos, hojas de cálculo en excel y la aplicación del programa de análisis estadístico SPSS versión 22, mediante la prueba t student para muestras independientes realizando el contraste de las hipótesis planteadas.

## 2.8. Validación y confiabilidad del instrumento

### 2.8.1. Validación del instrumento.

Anastasi (1988), sostiene que: “La valides tiene que ver con los que mide el cuestionario y cuan bien los hace” (p. 74).

Se aplicara el cuestionario sobre la aplicación de lean construction y productividad en obra, al residente de obra e ingeniero de producción, las preguntas han sido elaboradas por el autor. Para su elaboración se tomó como base de las estadísticas internacional de los niveles de actividad general en construcción de edificaciones sobre los porcentajes de trabajos productivos, contributorios y no contributorios en algunos países de Sudamérica (Ghio, 2001).

Para el cuestionario se consideraron 20 ítems distribuidos en sus variables y dimensiones, 6 para el nivel general de actividades (NGA), 6 para el nivel de carta de balance (NCB), 5 para la prueba de los cinco minutos (PCM), 1 para el promedio general de productividad en obras peruanas, 1 para el promedio óptimo de productividad en obras a nivel internacional y 1 para promedio general de productividad en obras a nivel internacional, que se valoraron en la escala tipo Likert con cinco factores y una puntuación del 1 al 20.

Escala de valoración de likert:

Escala de valorización				
Nunca	Casi Nunca	A veces	Casi Siempre	Siempre
1	2	3	4	5
[0 - 5]	[6 - 10]	[11 - 13]	[14 - 17]	[18 - 20]

Para validar los instrumentos de medición se realizara a través de juicios de expertos, para este proyecto de investigación se considerara a tres expertos quienes evaluarán el instrumento de medición (ver anexo 2).

### **2.8.1.1. Validez del contenido a través del juicio de expertos.**

Para la validación del instrumento se sometió a través del juicio de experto por el contenido del cuestionario sobre aplicación de lean construction y la productividad en obra.

Se realizó la tabulación de la base de datos y se procesó en el programa estadístico SPSS, con la prueba binomial para el juicio de expertos, indica que el instrumento de medición es válido en su contenido, porque se encuentra en la región de aceptación con un valor “Sig. (bilateral) = 0.000” para los tres expertos resultado que es menor al nivel de significancia de 0.05 (ver anexo 3).

Tabla 14

#### *Validación del contenido por juicios de expertos*

<b>N° Expertos</b>	<b>Nivel general de actividad</b>	<b>Nivel de carta de balance</b>	<b>Prueba de los cinco minutos</b>	<b>Productividad</b>
Experto 1	0.83	0.83	1.00	1.00
Experto 2	1.00	1.00	1.00	0.67
Experto 3	1.00	1.00	1.00	1.00
Promedio parcial	0.94	0.94	1.00	0.89
<b>Promedio general</b>	<b>0.94</b>			

Fuente: Formatos UCV.

De los análisis realizados, muestra que el promedio general de las dimensiones indica que el cuestionario tiene un valor de 0.94 que indica una alta validez del instrumento.

### **2.8.2. Confiabilidad del método Alfa de Cronbach.**

Valderrama (2015), sostiene que:

Un instrumento es confiable o fiable si produce resultados consistentes cuando se aplica en diferentes ocasiones [estabilidad reproducibilidad (replica)]. Esquemáticamente, se evalúa administrando el instrumento a una misma muestra de sujetos, ya sea en dos ocasiones diferentes (repitebilidad) o por dos o más observadores diferentes (confiabilidad interobservador). Se trata de analizar la concordancia entre los resultados obtenidos en diferentes aplicaciones del instrumento (p.215).

Para el análisis de la confiabilidad o homogeneidad de las preguntas, se realizó la evaluación mediante el programa de análisis estadístico SPSS versión 22, el cual suministra el coeficiente del Alfa de Cronbach y se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\alpha = \left[ \frac{k}{k-1} \right] \left[ 1 - \frac{\sum_{i=1}^k S_i^2}{S_t^2} \right],$$

**Donde:**

- $S_i^2$  es la **varianza del ítem  $i$** ,
- $S_t^2$  es la **varianza de los valores totales observados y**
- $k$  es el **número de preguntas o ítems**.

Ecuación 6. Cálculo del Alfa de Cronbach

Tabla 15

*Tipo de confiabilidad*

<b>Rango</b>	<b>Tipo de confiabilidad</b>
0.53 a menos	Confiabilidad nula
0.54 a 0.59	Confiabilidad baja
0.60 a 0.65	Confiable
0.66 a 0.71	Muy confiable
0.72 a 0.99	Excelente confiabilidad
1.000	Confiabilidad perfecta

Fuente: Herrera (1998B, p.78)

El grado de confiabilidad o valor que debe tener para que sea confiable una prueba, no es rigurosa, estos valores pueden variar; para algunos casos 0.55 puede ser aceptable y para otros casos no. A fin de establecer una uniformidad en los valores hallados de las correlaciones, tomaremos la referencia de Herrera, (199B, p.78) los valores pueden ser comprendidos en la Tabla 15.

En la presente investigación se realizó la prueba piloto y se obtuvo los siguientes resultados que se muestran a continuación:

Tabla 16

*Confiabilidad del instrumento*

<b>Estadísticas de fiabilidad</b>	
Alfa de Cronbach	N de elementos
,971	20

Fuente: Procesamiento del SPSS

Conforme a los resultados del análisis de la fiabilidad se obtuvo un Alfa de Cronbach de 0.971 y según la clasificación de la Tabla 15, se determinó que el instrumento de medición es de consistencia interna con tendencia a tener una excelente confiabilidad.

## **2.9. Aspectos éticos**

El investigador cumplirá con los lineamientos, normas y reglamentos vigentes de la Escuela de Posgrado de la Universidad César Vallejo.

### **III. RESULTADOS**

### 3.1. Datos estadísticos

Debido al volumen de datos que es necesario procesar, se usa un análisis cuantitativo de datos estadísticos por computadora, este procedimiento permite optimizar el tiempo de análisis y centrarse en los resultados que de acuerdo a Hernández et al. (2006) expone que: “La interpretación de los resultados de los métodos de análisis” (p.408).

El análisis se logra mediante la tabulación de una matriz de base de datos para cargar en un paquete programa estadístico SPSS versión 22, esta matriz se realiza organizando los datos del instrumento de medición a través de una hoja de cálculo o Excel. Los datos descritos son las medias de los valores de respuesta en la escala de medición propuesta en el instrumento, es decir que:

Tabla 17

#### *Codificación de datos para el análisis estadístico SPSS*

Respuesta	Valor	Rango
Nunca	1	[0 - 5]
Casi nunca	2	[6 - 10]
A veces	3	[11 - 13]
Casi siempre	4	[14 - 17]
Siempre	5	[18 - 20]

Fuente: Anexo 4. Matriz de datos grupo control y grupo experimental

Hernández et al. (2004), expone las fases para el análisis de los resultados del instrumento de medición, en esta investigación se siguieron los siguientes:

1. Selección del programa estadístico: Se escogió el programa de análisis estadístico SPSS versión 22, ya que este contiene una vista para variables y vista para datos.
2. Ejecutar el programa SPSS: Se cargó una matriz de resultados de las respuestas del cuestionario generada en Excel, y se realizó el análisis de la escala de confiabilidad el cual genero los siguientes reportes:

- Resumen del procesamiento de cada elemento.
  - Análisis de confiabilidad o alfa de Cronbach.
  - Estadística de cada elemento.
  - Resumen estadístico por cada elemento.
3. Evaluación de la confiabilidad: Mediante el reporte de Alfa de Cronbach.
  4. Análisis con prueba t de student para muestras independientes, se utilizó la base datos requeridos para el análisis por cada dimensión de la variable independiente para contrastar las hipótesis del investigador.
  5. Establecidos estos pasos a seguir en el programa estadístico, se procedió a la presentación de resultados.

### 3.2. Análisis descriptivo de las dimensiones del cuestionario

#### 3.2.1. Resultados de las pruebas aplicadas al grupo de control.

##### 3.2.1.1. Resultados del nivel general de actividad G.C.

Tabla 18

*Frecuencia del nivel general de actividad del grupo de control (pre y post test)*

Nivel general de actividad (NGA)	Grupo de Control			
	PreTest		Post Test	
	Frecuencia (fi)	Porcentaje (%)	Frecuencia (fi)	Porcentaje (%)
Nunca	1	16.67		
Casi nunca	2	33.33	2	33.33
A veces	2	33.33	3	50.00
Casi siempre	1	16.67	1	16.67
Siempre				
Total	6	100.00	6	100.00

Fuente: Nivel general de actividad (base de datos)

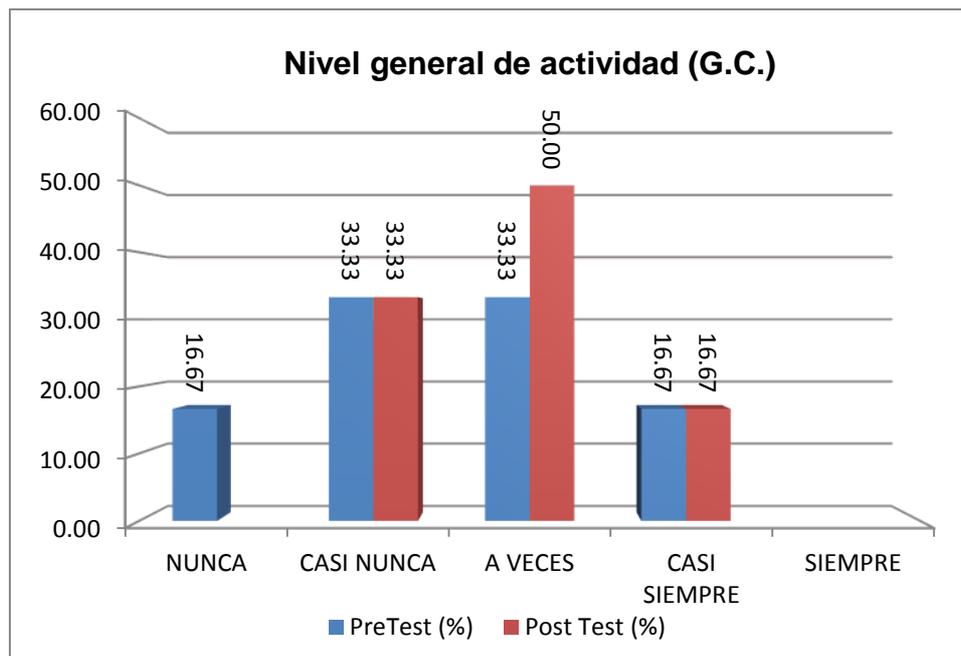


Figura 11. Nivel general de actividad del grupo de control (pre y post test)

Del análisis de la Tabla 18, las respuestas del nivel general de actividad de obra, según el pre test del grupo de control, muestran que el 16.67% (1) presenta un nivel nunca y casi siempre respectivamente; mientras que el 33.33% (2) presenta un nivel casi nunca y a veces respectivamente. En el post test; el 33.33% (2) presenta un nivel casi nunca; el 50.00% (3) a veces y el 16.67% (1) casi siempre.

Ante los resultados se afirma que el problema, es el desconocimiento de las teorías y técnicas de la aplicación del nivel general de actividad que es un indicador de mide productividad general de la obra.

### 3.2.1.2. Resultados del nivel de carta de balance G.C.

Del análisis de la Tabla 19, las respuestas del nivel carta de balance de cuadrilla, según el pre test del grupo de control; muestran que el 16.67% (1) presenta un nivel nunca y casi siempre respectivamente; mientras que el 33.33% (2) presenta un nivel casi nunca y a veces respectivamente. En el post test; el 16.67% (1) presenta un nivel casi nunca; el 66.67% (4) a veces y el 16.67% (1) casi siempre.

Ante los resultados se afirma que el problema que es desconocimiento de las teorías y técnica de la aplicación del nivel carta de balance que es un indicador que sirve para mejorar la productividad de la cuadrilla.

Tabla 19

*Frecuencia del nivel carta de balance del grupo de control (pre y post test)*

Nivel carta de balance (NCB)	Grupo de Control			
	PreTest		Post Test	
	Frecuencia (fi)	Porcentaje (%)	Frecuencia (fi)	Porcentaje (%)
Nunca	1	16.67		
Casi nunca	2	33.33	1	16.67
A veces	2	33.33	4	66.67
Casi siempre	1	16.67	1	16.67
Siempre				
Total	6	100.00	6	100.00

Fuente: Nivel carta de balance (base de datos)

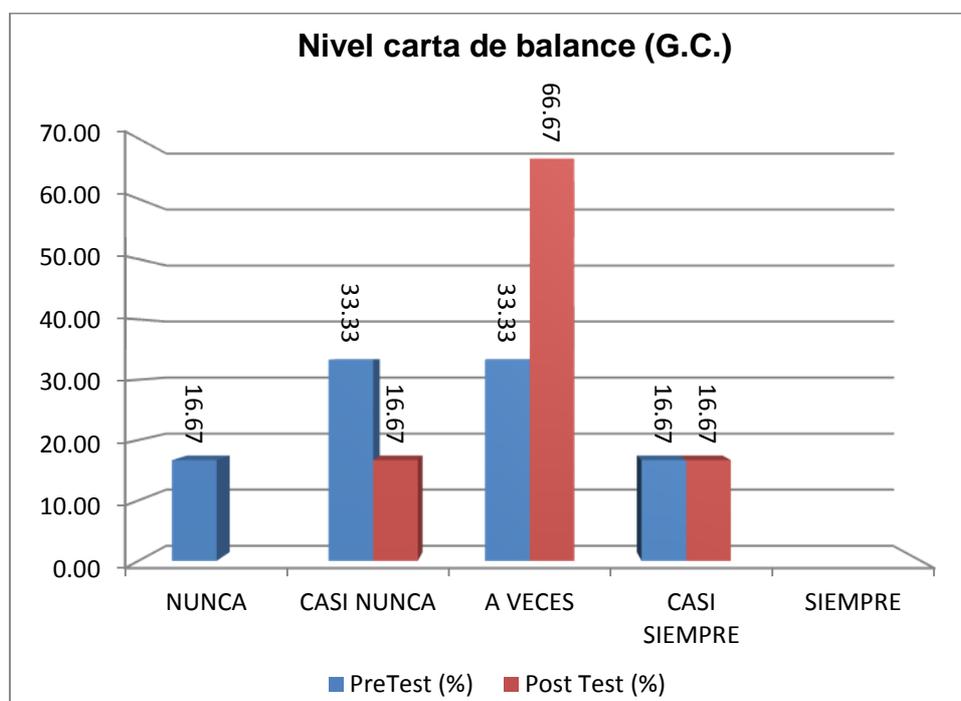


Figura 12. Nivel carta de balance del grupo de control (pre y post test)

### 3.2.1.3. Resultados de la prueba de los cinco minutos G.C.

Tabla 20

Frecuencia de la prueba de los cinco minutos del grupo de control (pre y post test)

Prueba de los cinco minutos (PCM)	Grupo de Control			
	PreTest		Post Test	
	Frecuencia (fi)	Porcentaje (%)	Frecuencia (fi)	Porcentaje (%)
Nunca	1	16.67	1	16.67
Casi nunca	2	33.33	1	16.67
A veces	2	33.33	3	50.00
Casi siempre	1	16.67	1	16.67
Siempre				
Total	6	100.00	6	100.00

Fuente: Prueba de los cinco minutos (base de datos)

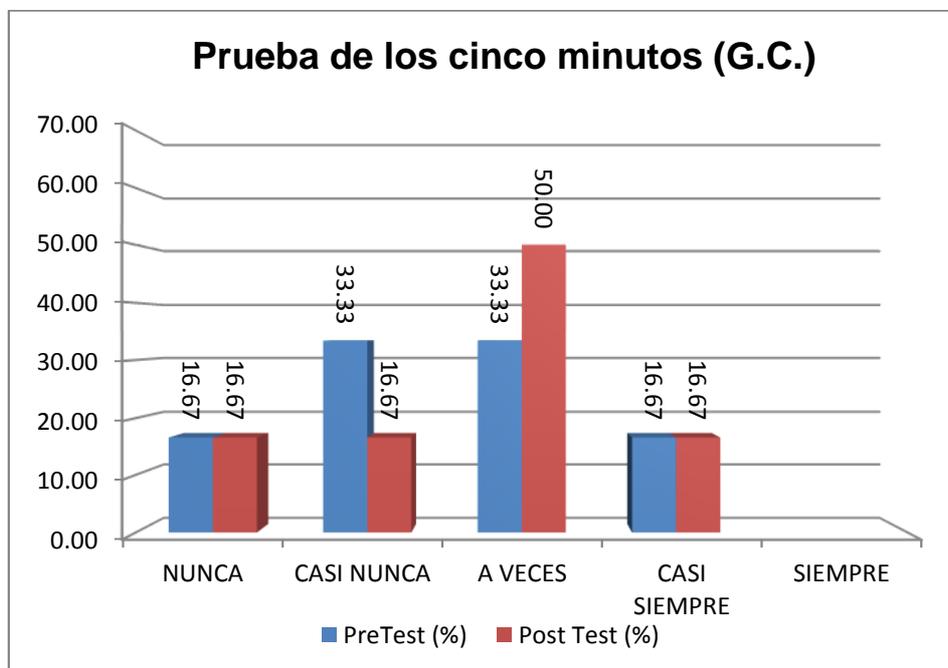


Figura 13. Prueba de los cinco minutos del grupo de control (pre y post test)

Del análisis de la Tabla 20, las respuestas sobre la prueba de los cinco minutos, según el pre test del grupo de control; muestran que el 16.67% (1) presenta un nivel nunca, mientras que el 33.33% (2) presenta un nivel casi nunca y a veces respectivamente y el 16.67% (1) casi siempre. En el post test; el 16.67% (1) presenta un nivel casi nunca y nunca; el 50.00% (3) a veces y el 16.67% (1) casi siempre.

Ante los resultados se afirma que el problema que es desconocimiento de las teorías y técnica de la aplicación de la prueba de los cinco minutos que es un indicador que sirve para mejorar la productividad de la cuadrilla.

#### **3.2.1.4. Resultados de la productividad G.C.**

Tabla 21

*Frecuencia de la productividad del grupo de control (pre y post test)*

Productividad (P)	Grupo de Control			
	PreTest		Post Test	
	Frecuencia (fi)	Porcentaje (%)	Frecuencia (fi)	Porcentaje (%)
Nunca	1	16.67	1	16.67
Casi nunca	1	16.67	1	16.67
A veces	3	50.00	3	50.00
Casi siempre	1	16.67	1	16.67
Siempre				
Total	6	100.00	6	100.00

Fuente: Productividad (base de datos)

Del análisis de la Tabla 21, las respuestas sobre los porcentajes de productividad de obra, según el pre test del grupo de control; muestran que el 16.67% (1) presenta un nivel nunca y casi nunca respectivamente, el 50% (3) presenta un nivel a veces y el 16.67% (1) un nivel casi siempre respectivamente. En el post test presenta la misma variación.

Ante los resultados se identifica, el problema es el desconocimiento de las teorías sobre los porcentajes de productividad en obra, que permite compararnos con los estándares nacionales e internacionales.

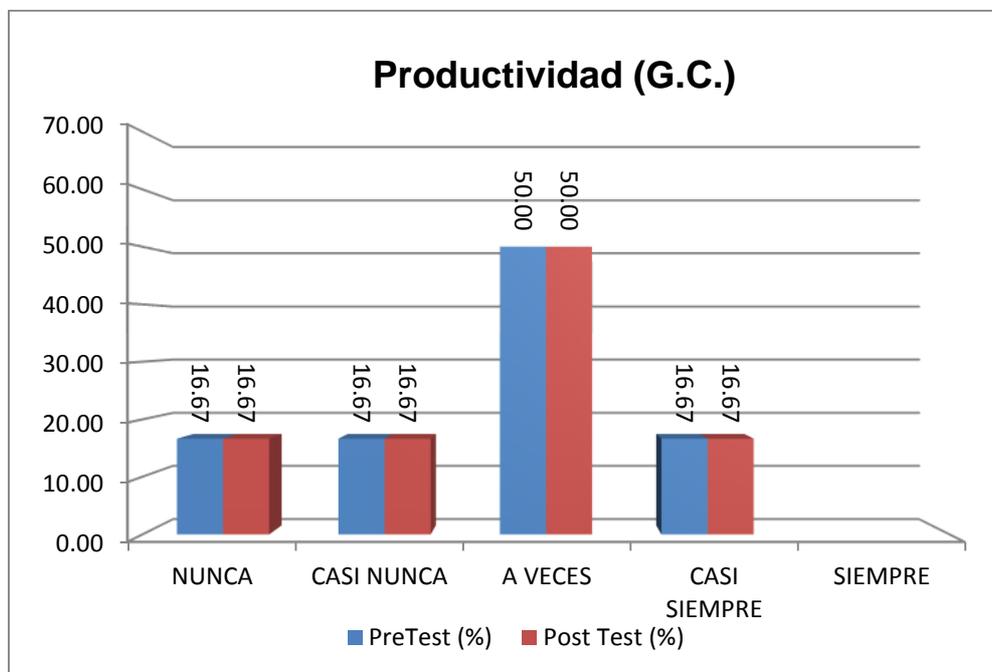


Figura 14. Productividad del grupo de control (pre y post test)

### 3.2.1.5. Resultados del grupo de control (medidas de tendencia central).

Tabla 22

#### Media aritmética del grupo de control (pre y post test)

Ítem	Nivel general de actividad (NGA)		Nivel carta de balance (NCB)		Prueba de los cinco minutos (PCM)		Productividad (P)	
	PreTest	PostTest	PreTest	PostTest	PreTest	PostTest	PreTest	PostTest
Media aritmética (X)	2.50	2.83	2.50	3.00	2.50	2.67	2.67	2.67
Desviación estándar (S)	1.049	0.753	1.049	0.632	1.049	1.033	1.033	1.033
Coficiente variación (CV)	41.95%	26.60%	41.95%	21.08%	41.96%	38.69%	38.69%	38.69%
N	6	6	6	6	6	6	6	6

Fuente: Estadísticas de grupo

A continuación, se presenta los resultados de la prueba de entrada (pre test) y salida (post test) del grupo de control, cuestionario realizado a la muestra de control del caso de estudio; proporcionando los estadísticos de grupo y las medidas de tendencia central y la variabilidad.

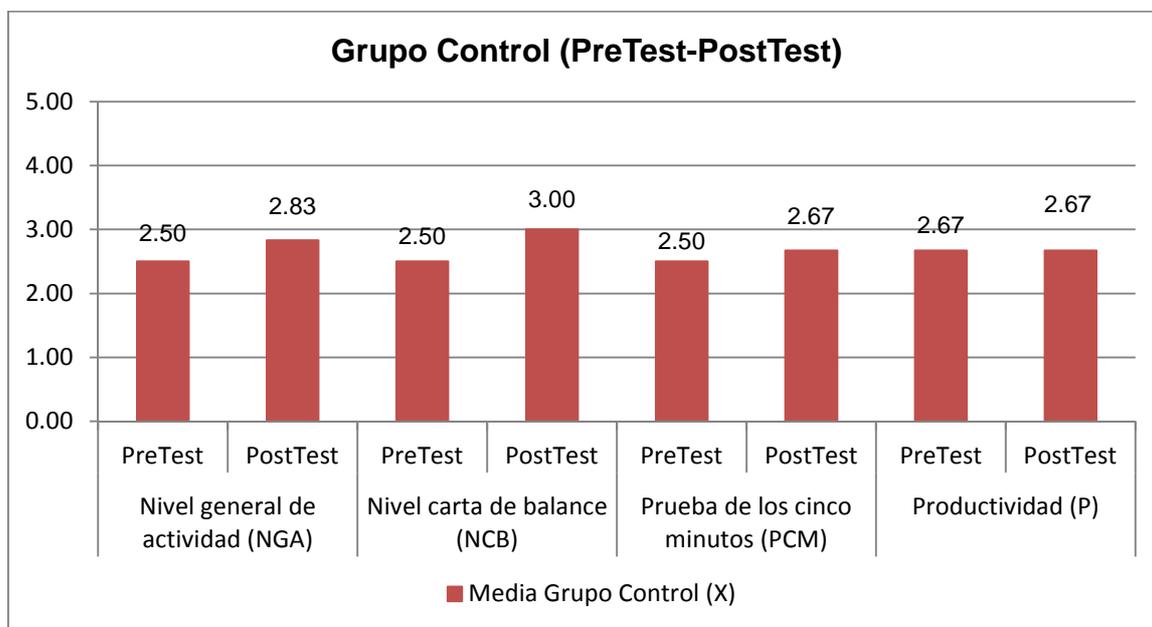


Figura 15. Media aritmética del grupo control (pre y post test)

Según la Tabla 22 y la Figura 15 del grupo de control se puede mencionar que:

- a. **Nivel general de actividad de obra;** respecto al pre test, el 50% de datos está por debajo de la media 2.50 (valor 0 a 5) y el resto por encima de ello. En el post test relativamente ha subido su promedio en 0.33, ambos tiende a la respuesta A VECES. Los datos se encuentran dispersos tanto el pre test como en el post test (1.049; 0.753 respectivamente desviación estándar) respecto a su media. En cuanto a la heterogeneidad del grupo respecto a dicha capacidad, ha bajado en el post test (de 41.95% a 26.60%) pero los datos siguen siendo heterogéneos.
- b. **Nivel de carta de balance de cuadrilla;** respecto al pre test, el 50% de datos está por debajo de la media 2.50 (valor 0 a 5) y el resto por encima de ello. En el post test relativamente ha subido su promedio en 0.50, ambos tiende a la respuesta A VECES. Los datos se encuentran dispersos tanto el pre test

como en el post test (1.049; 0.632 respectivamente desviación estándar) respecto a su media. En cuanto a la heterogeneidad del grupo respecto a dicha capacidad, ha bajado en el post test (de 41.95% a 21.08%) pero los datos siguen siendo heterogéneos.

- c. **Prueba de los cinco minutos;** respecto al pre test, el 50% de datos está por debajo de la media 2.60 (valor 0 a 5) y el resto por encima de ello. En el post test relativamente ha subido su promedio en 0.17, ambos tiende a la respuesta A VECES. Los datos se encuentran dispersos tanto el pre test como en el post test (1.149; 1.033 respectivamente desviación estándar) respecto a su media. En cuanto a la heterogeneidad del grupo respecto a dicha capacidad, ha bajado en el post test (de 41.96% a 38.69%) pero los datos siguen siendo heterogéneos.
- d. **Productividad;** respecto al pre test, el 50% de datos está por debajo de la media 2.67 (valor 0 a 5) y el resto por encima de ello. En el post test no hay ninguna variación respecto al pre test, ambos tiende a la respuesta A VECES. Los datos no se encuentran dispersos tanto el pre test como en el post test (1.033; 1.033 respectivamente desviación estándar) respecto a su media. En cuanto a la heterogeneidad del grupo respecto a dicha capacidad, no hay variación en el post test (de 38.69% a 38.69%) pero los datos siguen siendo heterogéneos.

Los resultado de las puntuaciones del pre test y post test del grupo de control obtenidos de las encuesta son muy bajos. En la encuesta se obtuvieron de acuerdo a la escala de valorización entre 1 y 4, los niveles obtenidos sobre la productividad del pre test del grupo de control son los más bajos con una media de 2.67 y esto se debe por el desconocimiento de las teorías y técnicas de la aplicación de Lean Construction.

### **3.2.2. Resultados de las pruebas aplicadas al grupo experimental.**

#### **3.2.2.1. Resultados del nivel general de actividad G.E.**

Del análisis de la Tabla 23, las respuestas del nivel general de actividad de obra, según el pre test del grupo experimental; muestran que el 33.33% (2) presenta un

nivel casi nunca; mientras que el 50.00% (3) presenta un nivel a veces y el 16.67% (1) casi siempre. En el post test; el 33.33% (2) presenta un nivel a veces; el 50.00% (3) casi siempre y el 16.67% (1) siempre.

Tabla 23

*Frecuencia del nivel general de actividad del grupo experimental (pre y post test)*

Nivel general de actividad (NGA)	Grupo Experimental			
	PreTest		Post Test	
	Frecuencia (fi)	Porcentaje (%)	Frecuencia (fi)	Porcentaje (%)
Nunca				
Casi nunca	2	33.33		
A veces	3	50.00	2	33.33
Casi siempre	1	16.67	3	50.00
Siempre			1	16.67
Total	6	100.00	6	100.00

Fuente: Nivel general de actividad (base de datos)

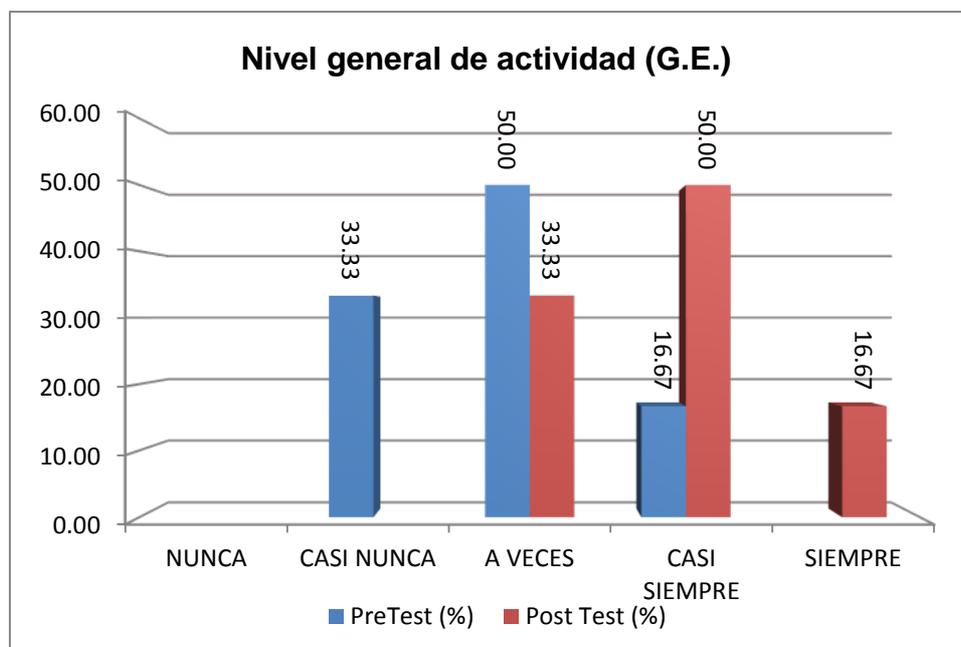


Figura 16. Nivel general de actividad del grupo experimental (pre y post test)

Ante los resultados se muestra en el post test, que existe una mejora después de la aplicación de la teoría y técnica del nivel general de actividad, que es un indicador que permite medir la productividad general de la obra y compararnos con los estándares nacionales e internacionales.

### 3.2.2.2. Resultados del nivel de carta de balance G.E.

Tabla 24

*Frecuencia del nivel carta de balance del grupo experimental (pre y post test)*

Nivel carta de balance (NCB)	Grupo Experimental			
	PreTest		Post Test	
	Frecuencia (fi)	Porcentaje (%)	Frecuencia (fi)	Porcentaje (%)
Nunca				
Casi nunca	2	33.33		
A veces	3	50.00	1	16.67
Casi siempre	1	16.67	2	33.33
Siempre			3	50.00
Total	6	100.00	6	100.00

Fuente: Nivel carta de balance (base de datos)

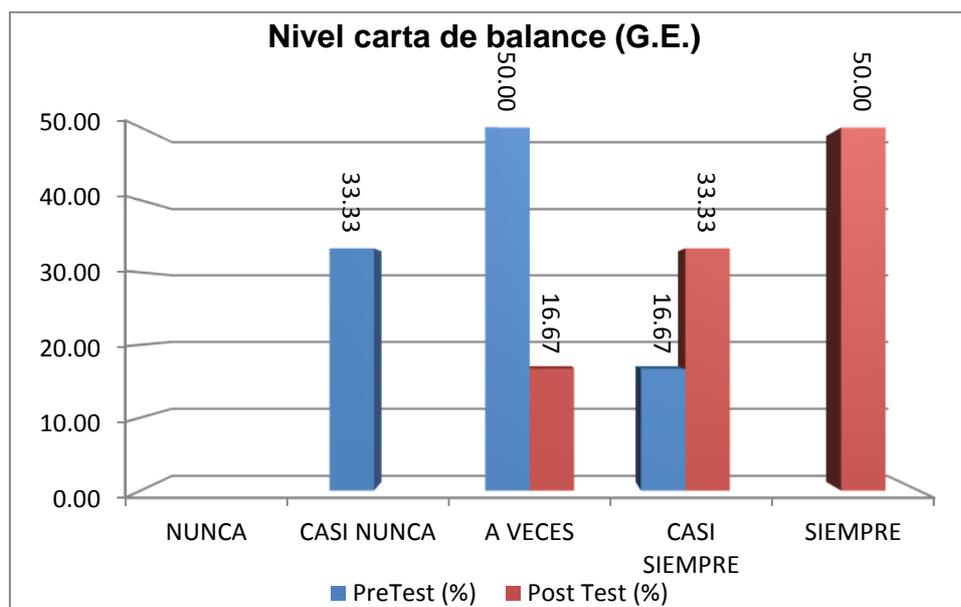


Figura 17. Nivel carta de balance del grupo experimental (pre y post test)

Del análisis de la Tabla 24, las respuestas del nivel carta de balance, según el pre test del grupo experimental; muestran que el 33.33% (2) presenta un nivel casi nunca; mientras que el 50.00% (3) presenta un nivel a veces y el 16.67% (1) casi siempre. En el post test; el 16.67% (1) presenta un nivel a veces; el 33.33% (2) casi siempre y el 50.00% (3) siempre.

Ante los resultados se muestra en el post test, una mejora del proceso después de la aplicación de la teoría y técnica del nivel carta de balance que es un indicador de mide la productividad de la cuadrilla.

### 3.2.2.3. Resultados de la prueba de cinco minutos G.E.

Del análisis de la Tabla 25, las respuestas sobre la prueba de los cinco minutos, según el pre test del grupo experimental, muestran que el 33.33% (2) presenta un nivel casi nunca, el 50.00% (3) presenta un nivel de veces y el 16.67% un nivel de casi siempre. En el post test, del grupo experimental, el 16.67% (1) presenta un nivel a veces y el 50.00% (3) casi siempre y el 33.33% (2) siempre.

Tabla 25

*Frecuencia de la prueba de cinco minutos del grupo experimental (pre y post test)*

Prueba de los cinco minutos (PCM)	Grupo Experimental			
	PreTest		Post Test	
	Frecuencia (fi)	Porcentaje (%)	Frecuencia (fi)	Porcentaje (%)
Nunca				
Casi nunca	2	33.33		
A veces	3	50.00	1	16.67
Casi siempre	1	16.67	3	50.00
Siempre			2	33.33
Total	6	100.00	6	100.00

Fuente: Prueba de los cinco minutos (base de datos)

Ante los resultados se muestra en el post test, una mejora después de la aplicación de la teoría y técnica de la prueba de cinco minutos, que es un indicador de mide la productividad de la cuadrilla y permite reformular el proceso.

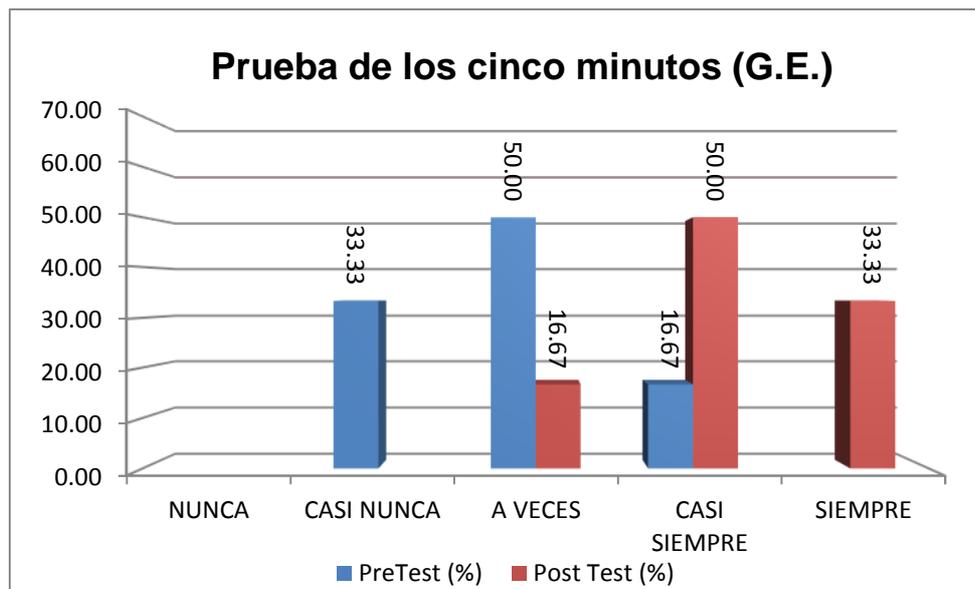


Figura 18. Prueba de los cinco minutos del grupo experimental (pre y post test)

#### 3.2.2.4. Resultados de la productividad G.E.

Del análisis de la Tabla 26, las respuestas sobre los porcentajes de productividad de obra, según el pre test del grupo experimental, muestran que el 33.33% (2) presenta un nivel de nunca y casi nunca respectivamente y el 16.67% (1) un nivel de a veces y casi siempre. En el post test; el 33.33% (2) presenta un nivel de veces, el 50.00% (3) casi siempre y el 16.67% (1) siempre.

Tabla 26

*Frecuencia de productividad del grupo experimental (pre y post test)*

Productividad (P)	Grupo Experimental			
	PreTest		Post Test	
	Frecuencia (fi)	Porcentaje (%)	Frecuencia (fi)	Porcentaje (%)
Nunca	2	33.33		
Casi nunca	2	33.33		
A veces	1	16.67	2	33.33
Casi siempre	1	16.67	3	50.00
Siempre			1	16.67
Total	6	100.00	6	100.00

Fuente: Productividad (base de datos)

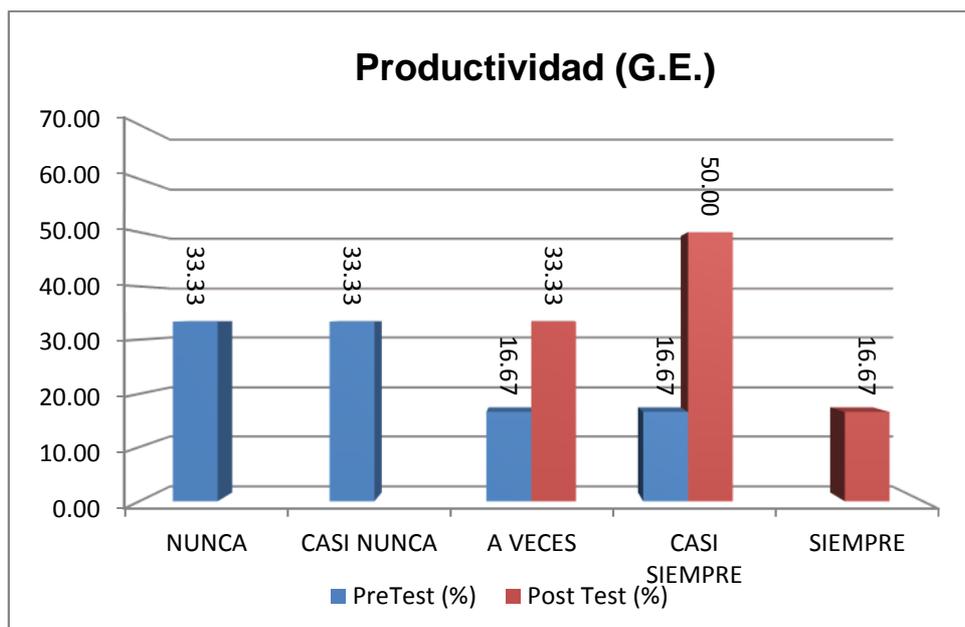


Figura 19. Productividad del grupo experimental (pre y post test)

Ante los resultados se muestra en el post test, una mejora aplicando las teorías sobre los estudios estadísticos de los niveles de productividad de los estándares nacionales e internacionales, los que nos permite compararnos y ver cómo estamos respecto del nivel general de actividad.

### 3.2.2.5. Resultados del grupo experimental (medidas de tendencia central).

Tabla 27

Media aritmética del grupo experimental (pre y post test)

Ítem	Nivel general de actividad (NGA)		Nivel carta de balance (NCB)		Prueba de los cinco minutos (PCM)		Productividad (P)	
	PreTest	PosTest	PreTest	PosTest	PreTest	PosTest	PreTest	PosTest
Media aritmética (X)	2.83	3.83	2.83	4.33	2.83	4.17	2.17	3.83
Desviación estándar (S)	0.753	0.753	0.753	0.816	0.753	0.753	1.169	0.753
Coficiente variación (CV)	26.57%	19.64%	26.57%	18.84%	26.61%	18.06%	53.87%	19.66%
N	6	6	6	6	6	6	6	6

Fuente: Estadísticas de grupo

A continuación, se presenta los resultados de la prueba de entrada (pre test) y salida (post test) del grupo experimental, cuestionario a la muestra experimental; proporcionando los estadísticos de grupo y las medidas de tendencia central y variabilidad.

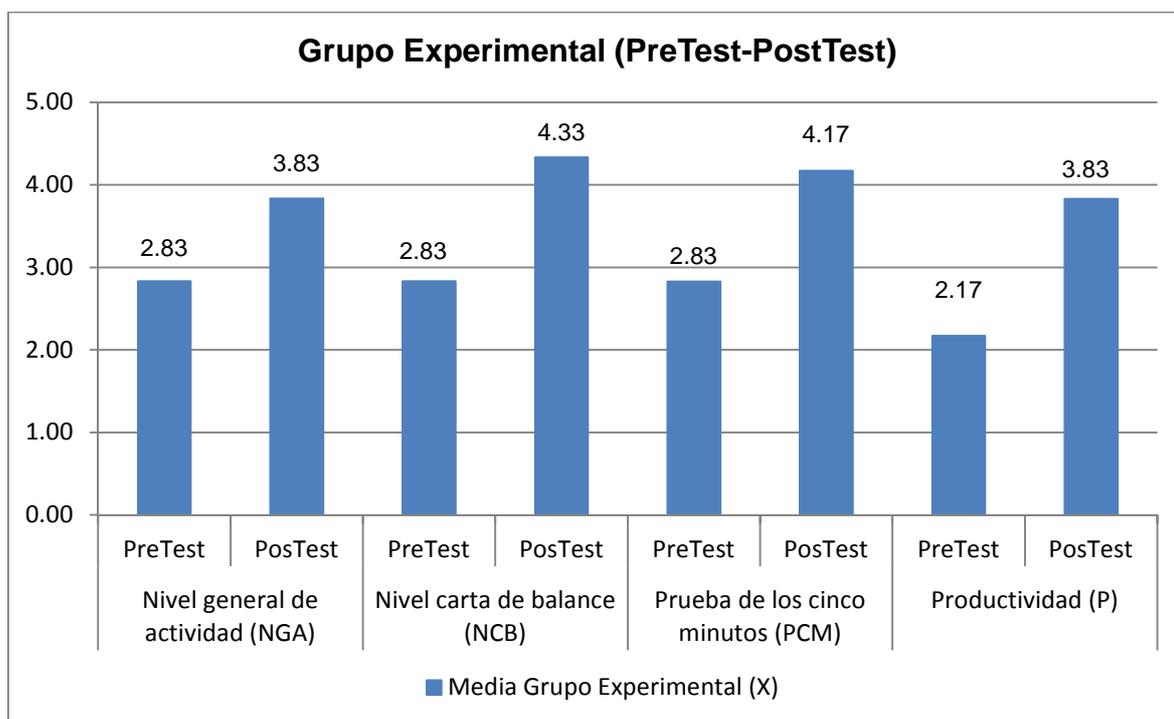


Figura 20. Media aritmética del grupo experimental (pre y pos test)

Según la Tabla 27 y la Figura 20 del grupo experimental se puede mencionar que:

- a. **Nivel general de actividad de obra;** respecto al pre test, el 50% de datos está por debajo de la media 2.83 (valor 0 a 5) y el resto por encima de ello, tiende a la respuesta A VECES. En el post test relativamente ha subido su promedio en 1.00, tiende a la respuesta CASI SIEMPRE. Los datos se encuentran dispersos tanto el pre test como en el post test (0.753; 0.753 respectivamente desviación estándar) respecto a su media. En cuanto a la heterogeneidad del grupo respecto a dicha capacidad, ha bajado en el post test (de 26.57% a 19.64%) pero los datos siguen siendo heterogéneos.
- b. **Nivel de carta de balance de cuadrilla;** respecto al pre test, el 50% de datos está por debajo de la media 2.83 (valor 0 a 5) y el resto por encima de ello,

tiende a la respuesta A VECES. En el post test relativamente ha subido su promedio en 1.50, tiende a la respuesta CASI SIEMPRE. Los datos se encuentran dispersos tanto el pre test como en el post test (0.753; 0.816 respectivamente desviación estándar) respecto a su media. En cuanto a la heterogeneidad del grupo respecto a dicha capacidad, ha bajado en el post test (de 23.57% a 19.92%) pero los datos siguen siendo heterogéneos.

- c. **Prueba de los cinco minutos;** respecto al pre test, el 50% de datos está por debajo de la media 2.83 (valor 0 a 5) y el resto por encima de ello, tiende a la repuesta A VECES. En el post test relativamente ha subido su promedio en 1.34, tiende a la respuesta CASI SIEMPRE. Los datos no se encuentran dispersos tanto el pre test como en el post test (0.753; 0.753 respectivamente desviación estándar) respecto a su media. En cuanto a la heterogeneidad del grupo respecto a dicha capacidad, ha bajado en el post test (de 53.87% a 19.66%) pero los datos siguen siendo heterogéneos.
- d. **Productividad;** respecto al pre test, el 50% de datos está por debajo de la media 2.17 (valor 0 a 5) y el resto por encima de ello, tiende a la respuesta CASI NUNCA. En el post test relativamente ha subido su promedio en 1.66, tiende a la respuesta CASI SIEMPRE. Los datos se encuentran dispersos tanto el pre test como en el post test (1.169; 0.753 respectivamente desviación estándar) respecto a su media. En cuanto a la heterogeneidad del grupo respecto a dicha capacidad, ha bajado en el post test (de 53.87% a 16.66%) pero los datos siguen siendo heterogéneos.

Los resultado de las puntuaciones obtenidos de la encuesta del grupo experimental del pre test son intermedio, tendiendo a la respuesta CASI NUNCA y del post test se muestra una mejora después de la aplicación de la teoría y técnicas de lean construction, tendiendo a la respuesta de CASI SIEMPRE.

Ante estos resultados se identifica, el problema que es el desconocimiento de los niveles de productividad que se obtiene a partir de la medición del nivel general de actividad de obra, que nos permite compararnos y evaluar cómo estamos respecto a los niveles de productividad a nivel nacional e internacional.

Por lo tanto se plantea la enseñanza de la aplicación de las técnicas de Lean Construction y dar a conocer los estudios estadísticos realizados sobre los valores de los niveles de productividad en obra.

### **3.2.3. Consolidado del grupo de control y experimental (pre y post test).**

En cuanto a las medidas de tendencia central y a las medidas de variabilidad, según Hernández, et al (2006), definen que la medida de tendencia central son los valores medios o centrales de una distribución que sirve para ubicarla dentro de la escala de medición; y las medidas de variabilidad son intervalos que indican la dispersión de los datos en la escala de medición (p. 428).

Se muestran los resultados del procesamiento del SPSS, gráfico de frecuencia de las dimensiones estudiadas. Esto ha sido elaborado con el programa Excel.

Según la Figura 21, se muestra los resultados del pre test del grupo de control y experimental, respecto al nivel general de actividad de obra (NGA) así como el nivel de carta de balance (NCB) del grupo experimental tiene un mejor promedio en ambos casos (mayor por 0.33) en relación al grupo de control; en la prueba de los cinco minutos (PCM) el promedio del grupo experimental tiene mejor promedio (mayor por 0.33) en relación al grupo de control y en la productividad el promedio del grupo experimental tiene menor promedio (menor 0.50) en relación al grupo de control. En el post test ha ocurrido que el grupo experimental ha tenido un mejor promedio en las cuatro dimensiones y a su vez en el nivel de carta de balance (NCB) del grupo experimental tiene un promedio (mayor por 4.33) con respecto a las demás dimensiones.

En cierta medida el grupo experimental ha mejorado en el nivel general de actividad y nivel de carta de balance, que el grupo de control. El nivel de carta de balance se aprecia que es la herramienta más aplicada en las obras para mejorar la productividad de la cuadrilla.

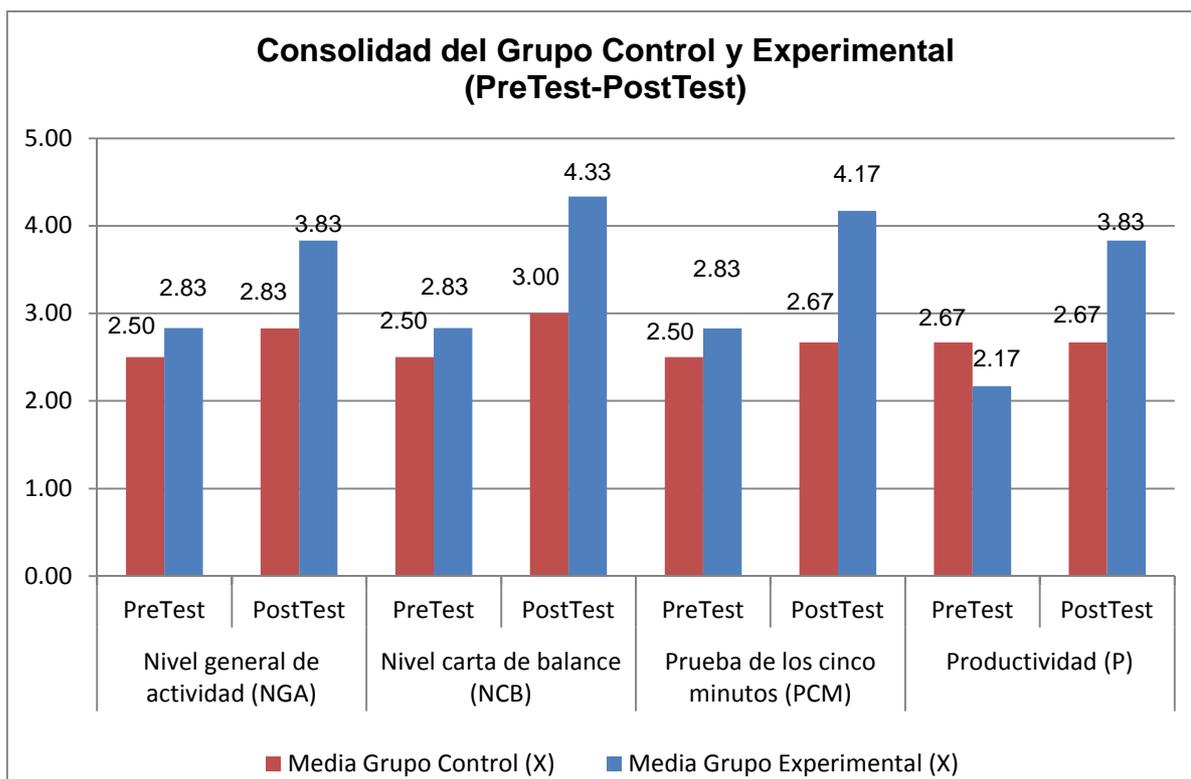


Figura 21. Media aritmética del grupo de control y experimental (pre y post test)

### 3.2.3.1. Resultados comparativos del pre y post test del grupo de control y experimental (frecuencias).

Según la Tabla 28 y Figura 22, se muestra los resultados del consolidado para la comparación del pre y post test; del grupo de control, la variación estadística no es significativa.

Tabla 28

#### Consolidado de frecuencias del grupo de control (pre y post test)

Descripción	Nivel general de actividad				Nivel carta de balance				Prueba de los cinco minutos				Productividad			
	PreTest		Post Test		PreTest		Post Test		PreTest		Post Test		PreTest		Post Test	
	fi	(%)	fi	(%)	fi	(%)	fi	(%)	fi	(%)	fi	(%)	fi	(%)	fi	(%)
Nunca	1	16.67%			1	16.67%			1	16.67%	1	16.67%	1	16.67%	1	16.67%
Casi nunca	2	33.33%	2	33.33%	2	33.33%	1	16.67%	2	33.33%	1	16.67%	1	16.67%	1	16.67%
A veces	2	33.33%	3	50.00%	2	33.33%	4	66.67%	2	33.33%	3	50.00%	3	50.00%	3	50.00%
Casi siempre	1	16.67%	1	16.67%	1	16.67%	1	16.67%	1	16.67%	1	16.67%	1	16.67%	1	16.67%
Siempre																
Total	6	100.00%	6	100.00%	6	100.00%	6	100.00%	6	100.00%	6	100.00%	6	100.00%	6	100.00%

Fuente: Frecuencia grupo de control (base de datos)

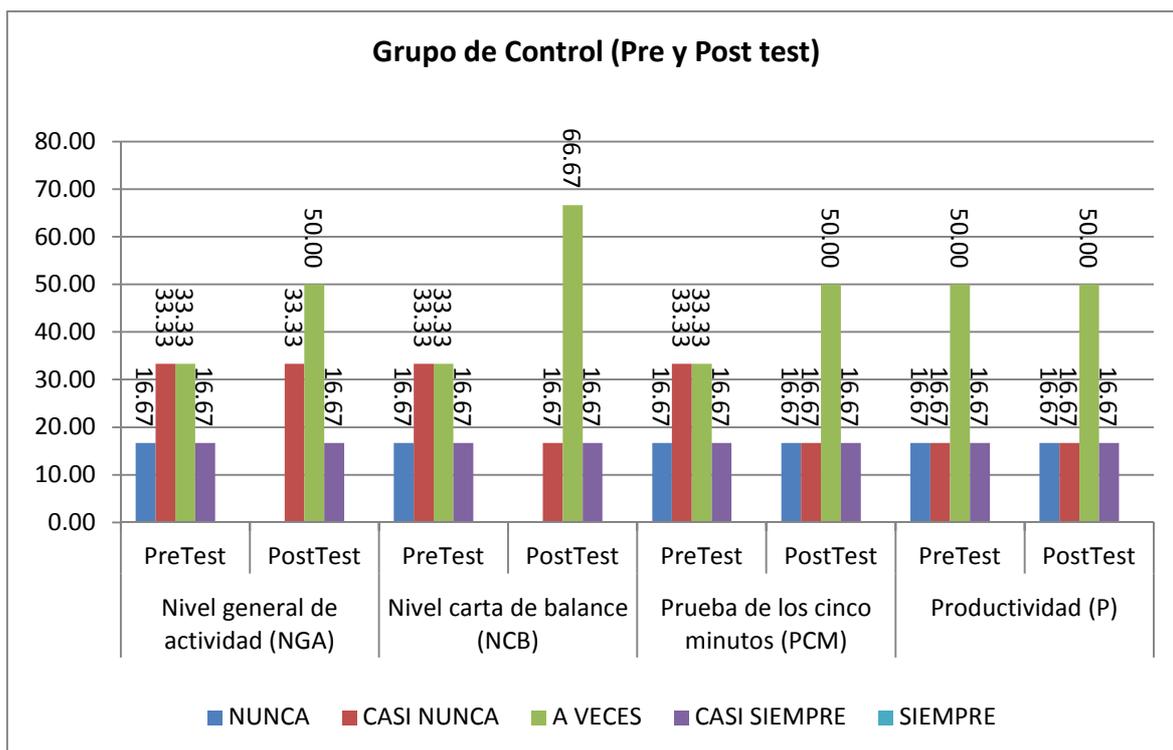


Figura 22. Consolidado de frecuencias del grupo de control (pre y post test)

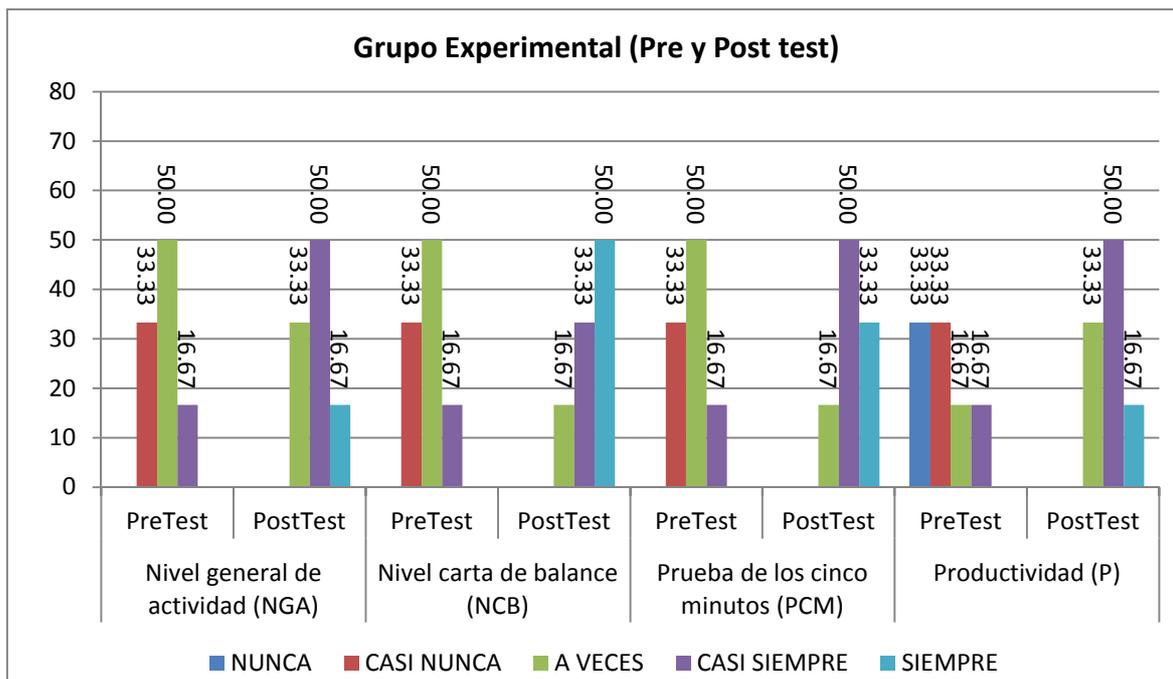
Según la Tabla 29 y Figura 23, se muestra los resultados del consolidado para la comparación del pre y post test; del grupo experimental, aplicando las propuestas de mejora, se muestra una variación estadísticamente significativa en las tres dimensiones.

Tabla 29

*Consolidado de frecuencias del grupo experimental (pre y post test)*

Descripción	Nivel general de actividad				Nivel carta de balance				Prueba de los cinco minutos				Productividad			
	PreTest		Post Test		PreTest		Post Test		PreTest		Post Test		PreTest		Post Test	
	fi	(%)	fi	(%)	fi	(%)	fi	(%)	fi	(%)	fi	(%)	fi	(%)	fi	(%)
Nunca													2	33.33%		
Casi nunca	2	33.33%			2	33.33%			2	33.33%			2	33.33%		
A veces	3	50.00%	2	33.33%	3	50.00%	1	16.67%	3	50.00%	1	16.67%	1	16.67%	2	33.33%
Casi siempre	1	16.67%	3	50.00%	1	16.67%	2	33.33%	1	16.67%	3	50.00%	1	16.67%	3	50.00%
Siempre			1	16.67%			3	50.00%			2	33.33%			1	16.67%
Total	6	100.00%	6	100.00%	6	100.00%	6	100.00%	6	100.00%	6	100.00%	6	100.00%	6	100.00%

Fuente: Frecuencia del grupo experimental (base de datos)



*Figura 23.* Consolidado de frecuencias del grupo experimental (pre y post test)

En el pre test se muestra que se tiene dificultad en la aplicación de las técnicas de lean construction respecto al nivel general de actividad, nivel de carta de balance, prueba de los cinco minutos y los valores de la productividad, esto influye para determinar los tiempos de pérdidas de los procesos para elaborar propuestas de mejoramiento y seguimiento para el control de los procesos.

Al comparar las puntuaciones del grupo experimental ha resultado en el post test con puntuaciones relativamente mayores que el grupo de control, debido a la aplicación de las teorías y técnicas de lean construction, comprobando las mejoras propuestas.

### 3.3. Comprobación de hipótesis general y específica.

Hernández et al. (2006) expone que para la comprobación de la hipótesis existen dos tipos de análisis estadísticos:

- Análisis paramétrico.
- Análisis no paramétricos.

Hernández et al. (2006), expone que para el caso de esta investigación se presenta un análisis paramétrico ya que se cumple con las siguientes características:

1. El universo tiene una distribución normal.
2. El nivel de medición de la variable dependiente es por intervalos o razón.
3. Las poblaciones poseen dispersiones similares (p. 452).

Esto se debe a que la población es del mismo giro o actividad, por lo que se espera una dispersión similar

### **3.3.1 Prueba t de student del post test entre el grupo de control y experimental.**

Hernández et al. (2006) indico que “es una prueba estadística para evaluar si dos grupos difieren entre sí de manera significativa respecto a sus medias” (p. 460).

Para poder aplicar la prueba de hipótesis es necesario saber si tienen normalidad y/o homogeneidad de varianzas; sabiendo ello podemos emplear una determina prueba de hipótesis estadístico.

#### **1ro. Comprobar supuesto de normalidad de los datos.**

KOLMOGOROV-SMIRNOV; para muestras grandes ( $\geq 30$  ó 50)

CHAPIRO WILK; para muestras menores ( $< 30$  ó 50).

Se utilizó el programa estadístico SPSS Versión 22 y Shapiro-Wilk, debido a que es menor a 30 datos cada grupo.

#### ***Supuestos de normalidad:***

Ho = El conjunto de dato se aproximan a una distribución normal.

H1 = Los datos no provienen de una distribución normal.

#### ***Criterio de decisión para comprobar la normalidad (prueba bilateral):***

Si Sig.  $\geq \alpha=0.05$ ; entonces aceptar la hipótesis nula (Ho).

Si Sig.  $< \alpha=0.05$ ; entonces aceptar la hipótesis alterna (H1)

**Conclusión estadística:**

Se muestran los resultados de la prueba de normalidad del post test, de la variable independiente y sus tres dimensiones, de acuerdo al criterio el Sig. o p-valor (ver Tabla 30) son mayores a  $\alpha=0.05$ ; por lo tanto se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ) es decir todos los datos provienen de una distribución normal.

Tabla 30

**Pruebas de normalidad del post test (G.C. y G.E.)**

Grupo	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
PreTest_NivelGeneralActividad	Control	0.183	6	,200 <sup>*</sup>	0.960	6	<b>0.820</b>
	Experimental	0.254	6	,200 <sup>*</sup>	0.866	6	<b>0.212</b>
PostTest_NivelGeneralActividad	Control	0.254	6	,200 <sup>*</sup>	0.866	6	<b>0.212</b>
	Experimental	0.254	6	,200 <sup>*</sup>	0.866	6	<b>0.212</b>
PreTest_NivelCartaBalanza	Control	0.183	6	,200 <sup>*</sup>	0.960	6	<b>0.820</b>
	Experimental	0.254	6	,200 <sup>*</sup>	0.866	6	<b>0.212</b>
PostTest_NivelCartaBalanza	Control	0.333	6	0.036	0.827	6	<b>0.101</b>
	Experimental	0.293	6	0.117	0.822	6	<b>0.091</b>
PreTest_PruebaCincoMinutos	Control	0.183	6	,200 <sup>*</sup>	0.960	6	<b>0.820</b>
	Experimental	0.254	6	,200 <sup>*</sup>	0.866	6	<b>0.212</b>
PostTest_PruebaCincoMinutos	Control	0.293	6	0.117	0.915	6	<b>0.473</b>
	Experimental	0.254	6	,200 <sup>*</sup>	0.866	6	<b>0.212</b>

Fuente: Resultados del SPSS del pre y post test del grupo de control y experimental.

**2do. Comprobar supuesto de Homocedasticidad (igualdad de varianzas)**

Se utiliza el programa estadístico SPSS versión 22 y la Prueba de Levene para la igualdad de varianzas:

**Supuestos de igualdad de varianzas:**

$H_0$  = Las varianzas son iguales.

$H_1$  = Si existe diferencia significativa entre las varianzas

**Criterio de decisión para comprobar la homocedasticidad (prueba bilateral):**

Si Sig.  $\geq \alpha=0.05$ ; entonces aceptar la hipótesis nula ( $H_0$ ).

Si Sig.  $< \alpha=0.05$ ; entonces aceptar la hipótesis alterna ( $H_1$ )

Tabla 31

*Prueba de homogeneidad de varianzas del post test (G.C. y G.E.)*

	Estadístico de Levene	df1	df2	Sig.
PreTest_NivelGeneralActividad	1.000	1	10	<b>0.341</b>
PostTest_NivelGeneralActividad	0.000	1	10	<b>1.000</b>
PreTest_NivelCartaBalance	1.000	1	10	<b>0.341</b>
PostTest_NivelCartaBalance	1.667	1	10	<b>0.226</b>
PostTest_PruebaCincoMinutos	1.000	1	10	<b>0.341</b>
PreTest_PruebaCincoMinutos	0.552	1	10	<b>0.475</b>

Fuente: Resultados del SPSS del pre y post test del grupo de control y experimental.

**Conclusión estadística:**

Se muestran los resultados de la prueba del estadístico de Levene del post test, de la variable independiente y sus tres dimensiones, de acuerdo al criterio el p-valor (ver Tabla 31) son mayores a  $\alpha=0.05$ ; por lo tanto se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ) es decir las varianzas son iguales.

**3ro. Prueba t student para muestras independientes**

Para esta investigación, se realizarón (3) cuatro pruebas t student, para muestras independientes, una por cada dimensión de la variable independiente (aplicación de Lean Construction) para la comprobación o no de las hipótesis específicas del investigador.

De los datos para el cálculo de la prueba “t” de student para muestras independientes. Se aplicó al caso de estudio (grupo de control y grupo experimental), obtuvieron los siguientes resultados para la comprobación de las hipótesis propuestas.

Tabla 32

*Prueba t student para muestras independientes (pre y post test)*

		Prueba de Levene de calidad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias							
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		
										Inferior	Superior
PreTest_NivelGeneralActividad	Se asumen varianzas iguales	1.000	0.341	-0.632	10	0.541	-0.333	0.527	-1.508	0.841	
	No se asumen varianzas iguales			-0.632	9.071	0.543	-0.333	0.527	-1.524	0.858	
PostTest_NivelGeneralActividad	Se asumen varianzas iguales	0.000	1.000	-2.301	10	<b>0.044</b>	-1.000	0.435	-1.968	-0.032	
	No se asumen varianzas iguales			-2.301	10.000	0.044	-1.000	0.435	-1.968	-0.032	
PreTest_NivelCartaBalance	Se asumen varianzas iguales	1.000	0.341	-0.632	10	0.541	-0.333	0.527	-1.508	0.841	
	No se asumen varianzas iguales			-0.632	9.071	0.543	-0.333	0.527	-1.524	0.858	
PostTest_NivelCartaBalance	Se asumen varianzas iguales	1.667	0.226	-3.162	10	<b>0.010</b>	-1.333	0.422	-2.273	-0.394	
	No se asumen varianzas iguales			-3.162	9.412	0.011	-1.333	0.422	-2.281	-0.386	
PreTest_PruebaCincoMinutos	Se asumen varianzas iguales	1.000	0.341	-0.632	10	0.541	-0.333	0.527	-1.508	0.841	
	No se asumen varianzas iguales			-0.632	9.071	0.543	-0.333	0.527	-1.524	0.858	
PostTest_PruebaCincoMinutos	Se asumen varianzas iguales	0.552	0.475	-2.875	10	<b>0.017</b>	-1.500	0.522	-2.663	-0.337	
	No se asumen varianzas iguales			-2.875	9.143	0.018	-1.500	0.522	-2.677	-0.323	

Fuente: Resultados del SPSS del pre y post test del grupo de control y experimental.

Tabla 33

*Post test valores de "t" calculados y valores "t" según tablas.*

Variables / Dimensiones	Grados de libertad	Valor de "t" calculado	Valor de "t" en tablas
Nivel general de actividad	6	-2.301	2.0150
Carta de balance de cuadrilla	6	-3.162	2.0150
Prueba de cinco minutos	6	-2.875	2.0150

Fuente: Anexo 6. Tabla de distribución "t" de student ( $\alpha = 0.05$ ).

**3.3.1.1 Hipótesis específicas.**

Se realizó el análisis con la prueba "t" de student para muestras independientes para las tres dimensiones de la variable independiente y se obtuvieron los siguientes resultados del contraste de las hipótesis específicas.

### 3.3.1.1.1 Comprobación del nivel general de actividad de obra.

#### a) Planteamiento de Hipótesis

**Hipótesis Nula ( $H_0$ ):** La aplicación del nivel general de actividad de obra, no influye significativamente en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017.

**Hipótesis Alternativa ( $H_1$ ):** La aplicación del nivel general de actividad de obra, influye significativamente en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017.

#### b) Nivel de significancia o riesgo

Con un valor de significancia = 0.05 para probar la hipótesis, donde se estima que el 95% de posibilidades de que los grupos difieran entre sí, con este valor y los grados de libertad se verifica el valor en tablas de " $t_c$ " crítico (Ver Anexo 6) y se compara con el calculado de acuerdo a la Tabla 33.

Nivel de significancia ( $\alpha$ )= 0.05

Valor crítico de " $t_c$ "

Tamaño de la muestra para la variable:  $N= 6$

Grados de libertad:  $N - 1= 6 - 1 = 5$

Valor crítico de  $t_c$  (tablas)= 2.0150

#### c) Regla de decisión

Si Sig. < 0,05; entonces rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ )

Si Sig.  $\geq$  0,05; entonces NO rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ )

#### d) Cálculo del estadístico de prueba del post test

Según la Tabla 33, de la prueba del post test para la dimensión nivel general de actividad se tiene  $t = -2.301$  y un p-valor = 0.044.

**e) Decisión estadística**

Según el análisis de la prueba t, se concluye que con un nivel de significancia del 5%, el valor de  $t = -2.301$ , cae fuera del área de aceptación de  $\pm 2.015$ . Así mismo el p-valor calculado es menor al valor de significancia=0.05, según la regla de decisión ( $0.044 < 0.05$ ); por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis específica de la investigación ( $H_1$ ).

**f) Conclusión estadística:**

Se concluye que la aplicación del nivel general de actividad de obra, influye significativamente en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017.

*3.3.1.1.2 Comprobación del nivel de carta de balance de cuadrilla.*

**a) Planteamiento de Hipótesis**

**Hipótesis Nula ( $H_0$ ):** La aplicación del nivel de carta de balance de cuadrilla, influye significativamente en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017.

**Hipótesis Alterna ( $H_2$ ):** La aplicación del nivel de carta de balance de cuadrilla, influye significativamente en la productividad durante la ejecución

**b) Nivel de significancia o riesgo**

Con un valor de significancia  $\alpha = 0.05$  para probar la hipótesis, donde se estima que el 95% de posibilidades de que los grupos difieran entre sí, con este valor y los grados de libertad se verifica el valor en tablas de " $t_c$ " crítico (Ver Anexo 6) y se compara con el calculado de acuerdo a la Tabla 33.

Nivel de significancia ( $\alpha$ )= 0.05

Valor crítico de " $t_c$ "

Tamaño de la muestra para la variable:  $N = 6$

Grados de libertad:  $N - 1 = 6 - 1 = 5$

Valor crítico de  $t_c$  (tablas): 2.0150

**c) Regla de decisión**

Si  $\text{Sig.} < 0,05$ ; entonces rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ )

Si  $\text{Sig.} \geq 0,05$ ; entonces NO rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ )

**d) Cálculo del estadístico de prueba del post test**

Según la Tabla 33, de la prueba del post test para la dimensión nivel de carta de balance de cuadrilla se tiene  $t = -3.162$  y un  $p\text{-valor} = 0.010$ .

**e) Decisión estadística**

Según el análisis de la prueba  $t$ , se concluye que con un nivel de significancia del 5%, el valor de  $t = -3.162$ , cae fuera del área de aceptación de  $\pm 2.0150$ . Así mismo el  $p\text{-valor}$  calculado es menor al valor de significancia = 0.05, según la regla de decisión ( $0.010 < 0.05$ ); por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis específica de la investigación ( $H_2$ ).

**f) Conclusión estadística:**

Se concluye que el la aplicación del nivel de carta de balance de cuadrilla, influye significativamente en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017.

*3.3.1.1.3 Comprobación de la prueba de los cinco minutos.*

**a) Planteamiento de Hipótesis**

**Hipótesis Nula ( $H_0$ ):** La aplicación de la prueba de cinco minutos, influye significativamente en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017.

**Hipótesis Alternativa (H<sub>3</sub>):** La aplicación de la prueba de cinco minutos, no influye significativamente en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017.

**b) Nivel de significancia o riesgo**

Con un valor de significancia = 0.05 para probar la hipótesis, donde se estima que el 95% de posibilidades de que los grupos difieran entre sí, con este valor y los grados de libertad se verifica el valor en tablas de “t<sub>c</sub>” crítico (Ver Anexo 6) y se compara con el calculado de acuerdo a la Tabla 33.

Nivel de significancia ( $\alpha$ )= 0.05

Valor crítico de “t<sub>c</sub>”

Tamaño de la muestra para la variable: N= 6

Grados de libertad:  $N - 1 = 6 - 1 = 5$

Valor crítico de t<sub>c</sub> (tablas): 2.0150

**c) Regla de decisión**

Si Sig. < 0,05; entonces rechazar la hipótesis nula (H<sub>0</sub>)

Si Sig. ≥ 0,05; entonces NO rechazar la hipótesis nula (H<sub>0</sub>)

**d) Cálculo del estadístico de prueba del post test**

Según la Tabla 33, de la prueba del post test para la dimensión prueba de cinco minutos se tiene  $t = -2.875$  y un p-valor = 0.017.

**e) Decisión estadística**

Según el análisis de la prueba t, se concluye que con un nivel de significancia del 5%, el valor de  $t = -2.875$ , cae fuera del área de aceptación de  $\pm 2.0150$ . Así mismo el p-valor calculado es menor al valor de significancia = 0.05, según la regla de decisión ( $0.017 < 0.05$ ); por lo tanto se rechaza la hipótesis nula (H<sub>0</sub>) y se acepta la hipótesis específica de la investigación (H<sub>3</sub>).

**f) Conclusión estadística:**

Se concluye que la aplicación de la prueba de cinco minutos, influye significativamente en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017.

**3.4. Análisis de productividad del caso de estudio**

Se tomó de manera estadística una muestra de 384 mediciones con el fin de evaluar la productividad y el rendimiento de obra en el sector de la construcción.

En el caso de la productividad, las mediciones se realizaron de forma aleatoria en el caso de estudio, dichas mediciones se hicieron durante todos los días que se laboraron y en diferentes horas de la jornada laboral.

**3.4.1. Resultados de la medición del nivel general de actividad.**

Para la medición de la productividad se realizaron mediciones aleatorias de todas las actividades realizadas en la obra (acero, encofrado y concreto) durante 6 días para determinar el nivel general de actividad actual de la obra (diagnóstico inicial) que permite compararnos con los estándares nacionales e internacionales, estas mediciones también nos servirán para identificar y detectar cuáles son las principales pérdidas, cuantificarlas y reducirlas.

**3.4.1.1. Diagnóstico actual de la productividad de la obra.**

A continuación se presentan el proceso medido del caso de estudio, las cantidades y las fechas de las mediciones que se hicieron en obra.

Para el muestreo del tipo de trabajo se inició con fecha 20-marzo-17 que representa el día 1, se realizó mediante el formato del nivel general de actividad, en la cual se puede observar que se han tomado datos cada 15 minutos observando las actividades realizadas en campo como el acero, encofrado y concreto. Esta información sirvió para generar nuevas condiciones con la finalidad de establecer nuevas propuestas para ser aplicadas en los procesos que se continuaron desarrollando.

<b>D-1</b>	<b>D-2</b>	<b>D-3</b>	<b>D-4</b>	<b>D-5</b>	<b>D-6</b>
20-mar	21-mar	22-mar	23-mar	24-mar	25-mar
1er medición	2da medición	3er medición	4ta medición	5ta medición	6ta medición

**a) Datos recopilados en campo día 01.**

Tabla 34

*Leyenda de planilla de ingreso de datos*

<b>Clasificación</b>	<b>Código</b>	<b>Actividad</b>
<b>TC</b>	1	Transporte de elementos
	2	Lectura de planos, mediciones
	3	Limpieza
	4	Instrucciones (recibir o dar)
	5	Preparación de mezcla
	6	Andamios y/o protección
	7	Desplazamiento
	8	Desencofrados
	9	Colocación de separador concreto
	10	Otros
<b>TNC</b>	1	Descanso
	2	Espera
	3	Trabajos rehechos
	4	Necesidades fisiológicas
	5	Tiempo ocioso
	6	Viajes
	7	Otros

Tabla 35

*Formato del nivel general de actividad*

REGISTRO																	Revisión: 1							
GESTIÓN DE PROYECTOS																	Fecha: 20-mar-17							
NIVEL GENERAL DE ACTIVIDAD																	Página: 1 de 1							
Proyecto 1: "Instalación del centro de promoción y vigilancia comunal del cuidado integral de la madre y el niño en las localidades de Antamachay, Chillama, Atuna-Quihuay y Eccana, Distrito de Seclla-Angaraes-Huancavelica"											Actividad: ACERO-ENCOFRADO-CONCRETO													
Área / Departamento:											Descripción:													
Muestreador:											Hora inicio: 8:30 a.m.		Intervalo de tiempo: 0.25 hr											
Clima: Soleado											Hora fin: 5:00 p.m.													
MEDICIONES DEL TRABAJO PARA NIVEL GENERAL DE ACTIVIDAD																								
N° trabaj.	TP	TC	TNC	Total	Trabajo contributivo (TC)										Trabajo no contributivo (TNC)							Observaciones	Codificación de las actividades	
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7		Cod.	TC
1	13	4	11	28		2	2	2								2	2	2	1	1	3		1	Transporte de elementos
2	11	7	10	28	2		2	1		2					1	5				1	3		2	Lectura de planos, mediciones
3	11	7	10	28				5						2		2	2	2	2	2	2		3	Limpieza
4	11	8	9	28		2	2	6						1	2	2			1	3		4	Instrucciones (recibir o dar)	
5	12	6	10	28	2				2				2		4	1			1	4		5	Preparación de mezcla	
6	11	8	9	28			3						5		1	3	2		1	2		6	Andamios y/o protección	
7	11	9	8	28	3	2	4							1	2	1	1	1	1	2		7	Desplazamiento	
8	13	7	8	28	1	2	3	1						2	4	3			1	4		8	Desenclavados	
9	9	8	11	28	2	4	1	1						1	4	3			1	2		9	Colocación de separador concreto	
10	11	7	10	28		4		2						2	2	2	1	2	3			10	Otros	
11	13	7	8	28	3		2	1		1					2	3			1	2				
12	12	7	9	28	1	2		2		1	1			1	1	3	1	1	3					
13	10	9	9	28	2	3				2		2		1	2	1	2	1	3					
14	14	5	9	28		1		2		1				1	1	2		1	4					
15	11	9	8	28	2	3	2	1			2			1	1	2			1	3				
16	13	7	8	28	2	4				1				1	1	2			2	3				
17	13	8	7	28	1	1	3			1	2			1	3	2				1				
18	10	8	10	28	3	2	1	1			1			1	2	1	1	1	4					
Total	209	131	164	504	22	35	31	14	0	10	13	4	2	0	12	41	32	9	19	51	0			
	41.5%	26.0%	32.5%																					

CONSOLIDADO																	Revisión: 1	
NIVEL GENERAL DE ACTIVIDAD																	Página: 1 de 1	
Proyecto 1: "Instalación del centro de promoción y vigilancia comunal del cuidado integral de la madre y el niño en las localidades de Antamachay, Chillama, Atuna-Quihuay y Eccana, Distrito de Seclla-Angaraes-Huancavelica"											Actividad: ACERO-ENCOFRADO-CONCRETO							
Área / Departamento:											Descripción:							
Muestreador:											Fecha:		Intervalo de tiempo: 0.25hr					
											Hora inicio: 8:30 a.m.		Hora fin: 5:00 p.m.					
RESUMEN NIVEL GENERAL DE ACTIVIDAD (NGA)																		
<p>Distribución del trabajo</p> <p>TP: 41% TC: 26% TNC: 33%</p>																	ACTIVIDAD: ACERO-ENCOFRADO-CONCRETO FECHA: SEMANA 18 CONDICIÓN CLIMATOLÓGICA: SOLEADO LUGAR: CONSTRUCCIÓN DE MÓDULOS N° DE MEDICIONES: 1 N° DE MUESTREOS: 504	
CONSOLIDADO NIVEL GENERAL DE ACTIVIDAD																	TRABAJO PRODUCTIVO: TP 41% TRABAJO CONTRIBUTIVO: TC 26% TRABAJO NO CONTRIBUTIVO: TNC 33%	

En la Tabla 35, se muestra el formato del muestreo del trabajo para la medición de la productividad del nivel general de actividad de obra y los datos obtenidos en campo para su procesamiento.

Tabla 36

*Resumen del nivel general de actividad (día 1)*

<b>Código</b>	<b>Actividad</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Total</b>	<b>Porcentaje</b>
1	Acero-encofrado-concreto	TP	209	41.47%
1	Transporte de elementos	TC	22	4.37%
2	Lectura de planos, mediciones	TC	35	6.94%
3	Limpieza	TC	31	6.15%
4	Instrucciones (recibir o dar)	TC	14	2.78%
5	Preparación de mezcla	TC	0	0.00%
6	Andamios y/o protección	TC	10	1.98%
7	Desplazamiento	TC	13	2.58%
8	Desencofrados	TC	4	0.79%
9	Colocación de separador concreto	TC	2	0.40%
10	Otros	TC	0	0.00%
1	Descanso	TNC	12	2.38%
2	Espera	TNC	41	8.13%
3	Trabajos rehechos	TNC	32	6.35%
4	Necesidades fisiológicas	TNC	9	1.79%
5	Tiempo ocioso	TNC	19	3.77%
6	viajes	TNC	51	10.12%
7	Otros	TNC	0	0.00%
			504	100.00%

**b) Análisis e interpretación de los resultados (consolidado 6 días datos)**

Se efectuó para todas las actividades, en forma similar se realiza para los demás días de muestreo.

Tabla 37

*Resultado promedio del nivel general de actividad actual*

Descripción	D-1	D-2	D-3	D-4	D-5	D-6	Promedio
	20-mar	21-mar	22-mar	23-mar	24-mar	25-mar	
Trabajo Productivo (TP)	41%	39%	24%	34%	28%	22%	<b>31%</b>
Trabajo Contributorio (TC)	26%	43%	56%	38%	46%	40%	<b>41%</b>
Trabajo No Contributorio (TNC)	33%	18%	20%	28%	26%	38%	<b>27%</b>

Fuente: Elaboración propia

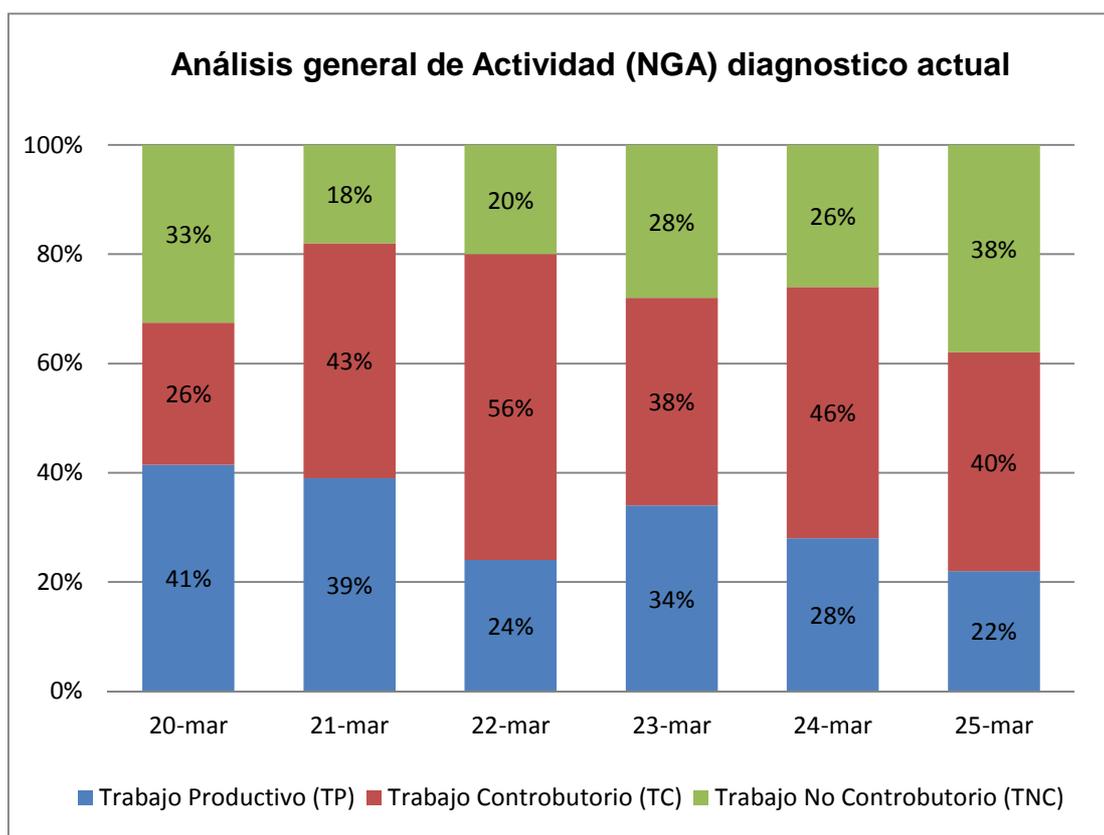
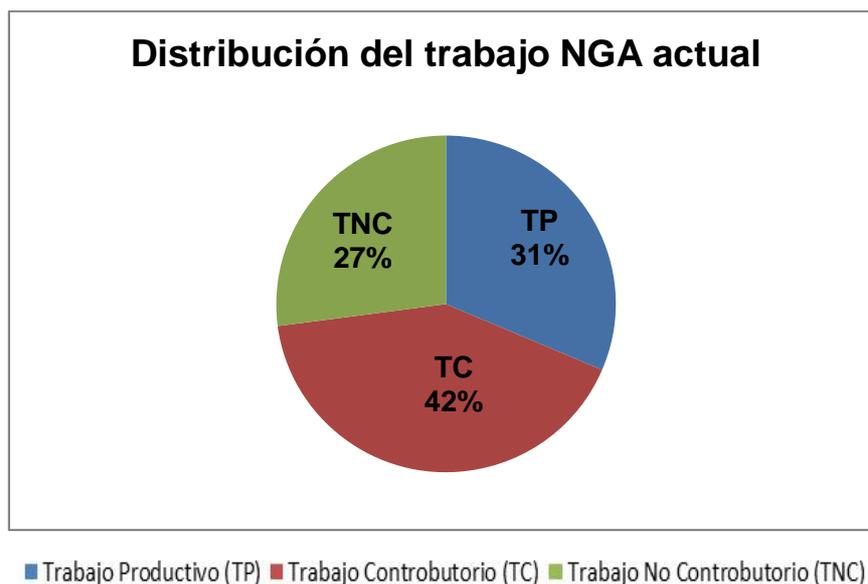


Figura 24. Tendencia del nivel general de actividad (diagnostico actual)



*Figura 25. Consolidación de la distribución del trabajo (diagnostico actual)*

### c) Medición de los trabajos productivos, contributorio y no contributorio

De la información procesada y realizado los cálculos respectivos, el promedio general del estudio del trabajo para la obra analizada proporcionó un resultado del 31% de trabajo productivo. El trabajo no contributivo arrojó un resultado del 27% y el trabajo contributivo del 41%. En comparación con la estadística de productividad de Virgilio Ghio "productividad en obras de construcción", se muestra que se ha superado pero se demuestra que se está muy por debajo del porcentaje óptimo que sería del 60% del TP, 15% de TNC y 25% de TC.

Tabla 38

*Nivel general de actividad versus porcentajes estadísticos de productividad*

Tipo de trabajo	Porcentaje actual	Virgilio Ghio	Porcentaje Optimo
Trabajo productivo (TP)	31%	28%	60%
Trabajo contributorio (TC)	41%	36%	25%
Trabajo no contributorio (TNC)	27%	36%	15%

Fuente: Tabla comparativa de porcentaje de trabajo en obra y los porcentajes de productividad (Ghio, 2001, "productividad en obras de construcción").

### 3.3.1.2 Análisis de los factores influyentes en la no productividad.

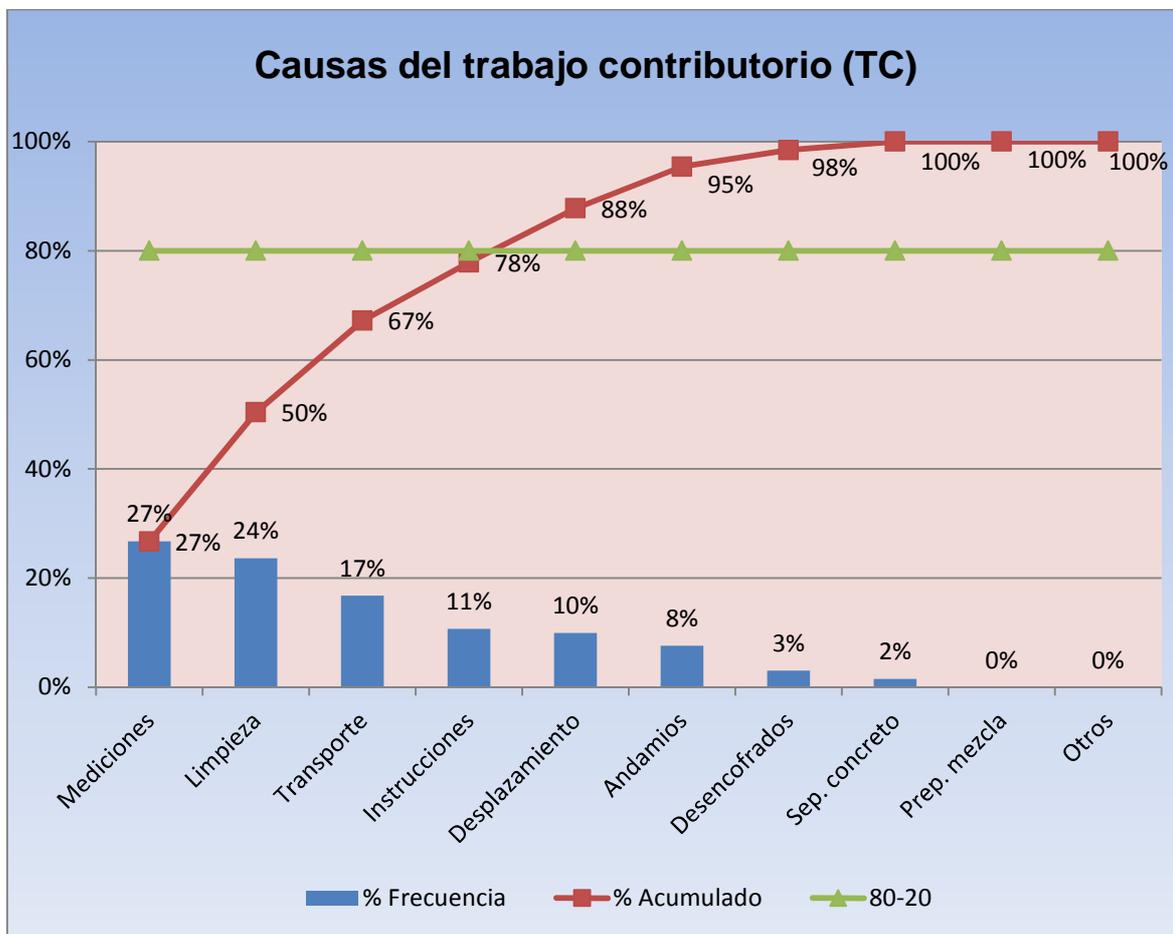


Figura 26. Diagrama de Pareto para el trabajo contributorio

Del diagrama de Pareto, se analiza e identifica que las mayores causas de los trabajos contributorios (TC); mediciones representa un 27%, limpieza con 24%, transporte con 17% y las instrucciones con 11%, se deben plantear las mejoras para la reducción de los tiempos de las actividades.

El día de la medición el tiempo que dedicaba los trabajadores en comparación con los otros días, son la limpieza en general, porque se estaban realizando trabajos de encofrado y vaciado de concreto en vigas de cimentación por etapas dejando juntas, los cuales se deben preparar previos al vaciado siguiente que genere los diversos trabajos de limpieza.

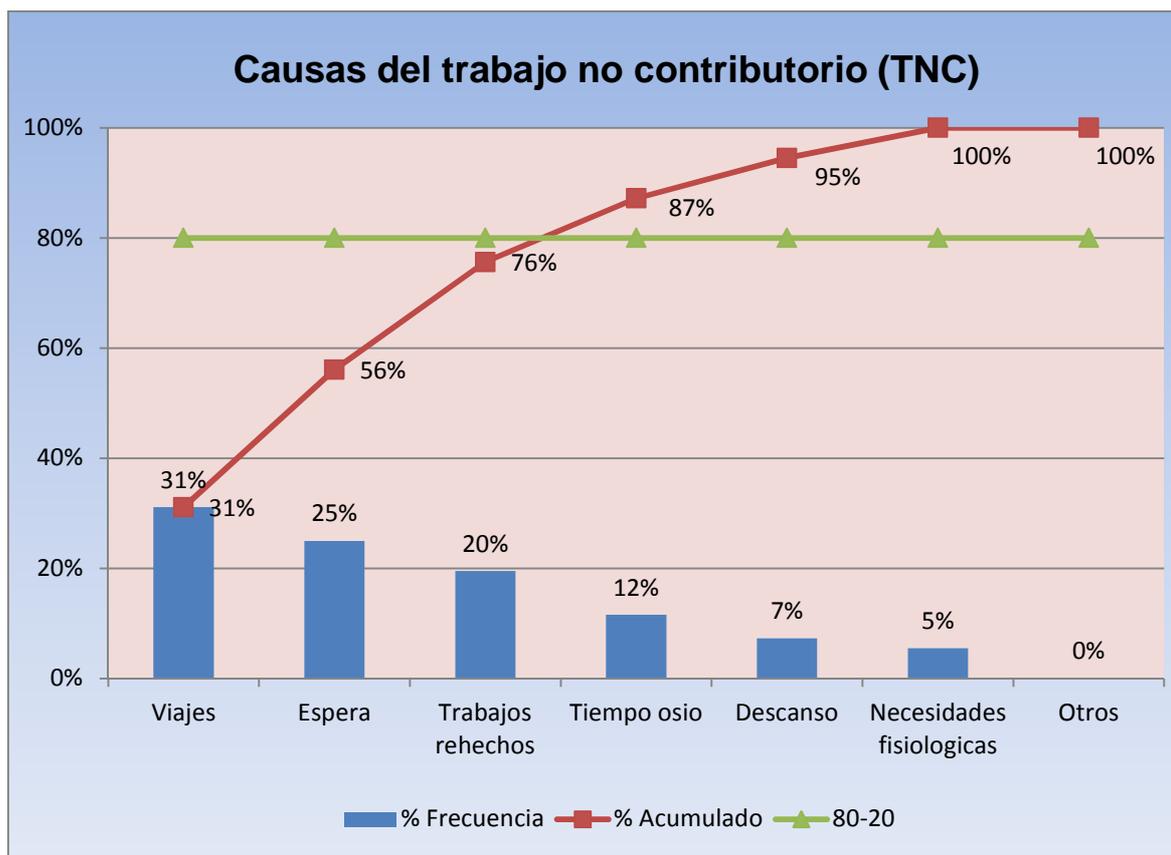


Figura 27. Diagrama de Pareto para el trabajo no contributorio

Del diagrama de Pareto, se analiza e identifica que la mayor causa de los trabajos no contributorios (TNC) representan los viajes con 31%, esperas con 25% y los trabajos rehechos con 20%, se deben plantear las mejoras para la reducción los tiempos de las actividades.

El día de la medición el tiempo de trabajo, la mayor pérdida que se realizó son los viajes en general, los cuales se enuncia los viajes producidos por el acarreo de los materiales, viajes al almacén, viajes a la zona de almacenamiento del encofrado.

#### **3.4.1.2. Propuesta de mejora de la investigación.**

Considerando la gran cantidad de tareas diferentes que se realizan en los proyectos, se seleccionó aquellas más complejas, costosas o más consumidoras de recursos.

Por consiguiente se propuso comenzar evaluando las actividades de:

- Habilitación de acero
- Encofrado/desencofrado con madera.
- Vaciado de concreto in situ y premezclado.

En función de las actividades relevadas como resultado del muestreo del trabajo, tanto contributorias como no contributorias, se propusieron medidas para minimizar los efectos de las pérdidas en obra, disminuir los trabajos no productivos y las detenciones o esperas, que se han considerado pueden ser controladas. A continuación un listado de las mismas.

- Considerar una mejor coordinación con los proveedores de materiales, a fin de evitar tiempos improductivos de personal y equipos.
- Planificar en forma realista las tareas, a fin de solicitar solo el personal que efectivamente desempeñará trabajos dentro de la obra.
- Elaborar por parte del ingeniero encargado del frente, en coordinación con el capataz del área, un “Inventario de Trabajos Ejecutables”, el cual contendrá todas aquellas actividades que no tienen restricciones y que su desarrollo aportará avance a la obra.
- Evaluar la posibilidad de abastecer de líquido por medio de bebederos o dispensadores a los trabajadores, a fin de evitar que estos se movilicen fuera de la obra para adquirir bebidas y para evitar también la aparición de basura o desechos.
- De no darse la propuesta anterior, Implementar contenedores de basura o escombros en cada sector o nivel de trabajo para concentrar las actividades de limpieza.
- Definir sectores específicos para acopio de materiales cercano a los lugares de trabajo.
- Mejorar el control sobre aquellas tareas definidas como críticas.
- Premiar la productividad.
- Plantear “tareas” a ejecutar y terminar por día o semana.

Cabe anotar que algunas de las propuestas anteriores citadas son basadas en un estudio realizado por la Facultad de Ingeniería de la Universidad de UNCuyo – Mendoza, Argentina.

### 3.4.1.3. Diagnóstico final después de aplicar la mejora.

Así mismo, con el propósito de demostrar que luego de la aplicación de la propuesta anterior se podían obtener resultados positivos, se propuso al ingeniero encargado del frente la reorganización y estandarización de los procesos estudiados a fin de evaluar nuevamente el nivel de actividad en obra, obteniéndose los siguientes resultados

Tabla 39

*Resultado del nivel general de actividad mejorado*

Descripción	D-1	D-2	D-3	D-4	D-5	D-6	Promedio
	24-abr	25-abr	26-abr	27-abr	28-abr	29-abr	
Trabajo Productivo (TP)	41%	43%	37%	40%	39%	36%	<b>39%</b>
Trabajo Contributorio (TC)	32%	39%	43%	36%	36%	35%	<b>37%</b>
Trabajo No Contributorio (TNC)	27%	18%	20%	24%	25%	29%	<b>24%</b>

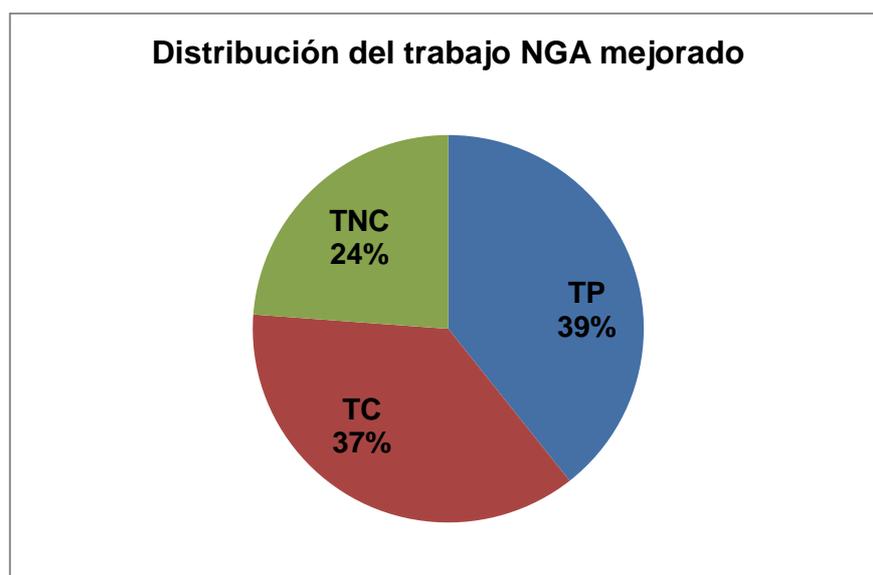


Figura 28. Nivel general de actividad posterior a la propuesta de mejora

Tabla 40

*Nivel general de actividad mejorado vs porcentajes estadísticos de productividad*

Tipo de trabajo	Porcentaje actual	Porcentaje mejorado	Virgilio Ghio	Porcentaje Optimo
Trabajo productivo (TP)	31%	39%	28%	60%
Trabajo contributorio (TC)	41%	37%	36%	25%
Trabajo no contributorio (TNC)	27%	24%	36%	15%

Como se puede apreciar, en nuestro gráfico de nivel de actividad, el trabajo productivo se incrementó en 8%. Este valor, superando el obtenido por Virgilio Ghio, en su estudio de productividad, es un porcentaje importante considerando el hecho de que las mejoras propuestas fueron implementadas progresivamente en un periodo de 3 semanas. Si bien se logró disminuir el porcentaje de trabajo no contributorio, se deben continuar implementando en un 100% las propuestas en obra a fin de que se puedan obtener mejores resultados de optimización.

#### **3.4.2. Resultados de la medición del nivel de carta de balance.**

A continuación se presentan el proceso medido del caso de estudio, las cantidades y las fechas de las mediciones que se hicieron en obra.

#### **Proceso: Vaciado de concreto (camión mixer y bombeo)**

Proyecto 1: “Instalación del centro de promoción y vigilancia comunal del cuidado integral de la madre y el niño en las localidades de Antamachay, Chillama, Atuna-Quihuay y Eccana, Distrito de Secclla-Angaraes-Huancavelica”

Mediciones realizadas: 2 cartas de balance (antes y después de la productividad):

Diagnostico actual productividad (antes): Primera medición

Fecha: 23-marzo-2017

1° Camión Hora inicio: 14:44 Hora término: 15:01

2° Camión Hora inicio: 15:55 Hora término: 16:19

Tiempo total de muestreo: 40 min

Diagnostico final productividad (después): Segunda medición

Fecha: 6-abril-2017

1° Camión Hora inicio: 14:59 Hora término: 15:16

2° Camión Hora inicio: 15:32 Hora término: 15:54

Tiempo total de muestreo: 38 min

Los elementos para realizar el vaciado de concreto corresponde a los muros de concreto y columnas de albañilería confinada. El 23 de marzo, para la cuadrilla de vaciado de concreto, era la primera vez que se realizaba esta actividad que combina estos dos tipos de estructuras, anteriormente solo se había trabajado en construcciones con muros de armados.

Este proceso es realizado en su totalidad por trabajadores del proyecto en estudio. El 23 de marzo la cuadrilla estaba formada por 6 trabajadores: 1 vaciador, 1 vibrador, 1 ayudante de vibrador, 2 acomodadores y 1 ayudante.

El 6 de abril se prescindió de los servicios del ayudante, por lo que la actividad estaba conformado por: 5 trabajadores: 1 vaciador, 1 vibrador, 1 ayudante de vibrador y 2 acomodadores.

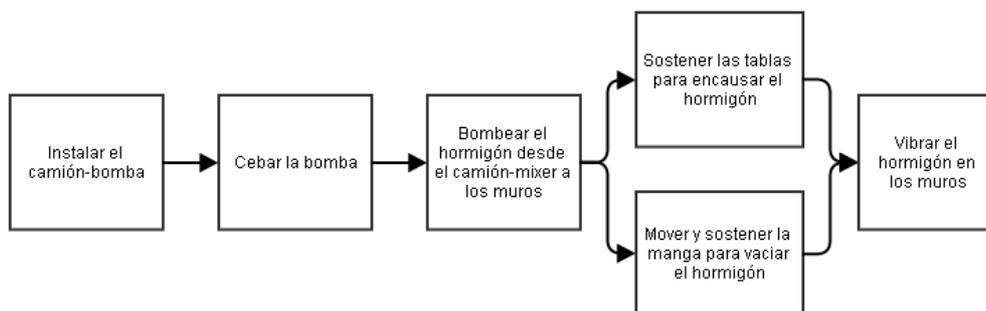


Figura 29. Secuencia del proceso del vaciado del concreto en muros

La secuencia constructiva empieza cuando (ver Figura 29) llega el camión-mixer y el camión-bomba el cual se instala (tiene un sistema de 4 miembros que necesitan estar bien apoyadas para mantener la estabilidad) y luego se ceba la bomba. El camión-mixer de concreto pasa a su posición contiguo al camión-

bomba, para proceder al bombeado, el vaciador sostiene y mueve la manga, los acomodadores sostienen las tablas para que el concreto sea encausado y no se desparrame fuera del encofrado (moldaje). De ahí entra el vibrador y su ayudante, finalmente el acomodador nivela el concreto dando el acabado final.

En las fechas donde se realizó las mediciones del 23 de marzo y el 6 de abril se midió desde que comenzó el vaciado del hormigón (el momento que empieza a salir el concreto u hormigón por la manga de la bomba) hasta que se vació completamente el camión mixer. Los camiones de la primera medición el volumen era de 7.50 m<sup>3</sup> de concreto y en la segunda medición su volumen era de 8.00 m<sup>3</sup>.

#### **3.4.2.1. Diagnóstico actual del proceso de estudio.**

En el diagnóstico inicial, se establece la situación actual de la actividad en estudio, se realizó el muestreo del tipo de trabajo, resultando que el trabajo no contributivo (TNC) de la cuadrilla es 34% (ver Figura 21) y el trabajador con más bajo nivel de actividad real (N.A.R.) fue el ayudante (trabajador T6) con un 10% (ver Tabla 41). Esto último es lo que más afecta para aumentar el trabajo no contributivo, el nivel de actividad real promedio de los 5 trabajadores, sin contar al T6 Ayudante, es de 75%. Sus intervenciones fueron vaciar concreto por el exterior de la construcción y luego vibrarlo, entre otras tareas menores. El vaciado de concreto comenzó 1h 50min más tarde de lo planificado, este retraso fue porque no llegaron a la hora ni el camión mixer ni el camión-bomba. También hubo problemas para que se instalara el camión-bomba. Demoraron 18 minutos en vaciar el primer camión mixer y 24 minutos el segundo camión mixer. Pasaron 45 minutos entre que se fue el primer camión y llegó el segundo, y cuando llegó este hubo problemas con la bomba por lo que estuvo 10 minutos más esperando.

#### **3.4.2.2. Propuesta de mejora del ciclo de trabajo de estudio.**

Analizando los porcentajes de muestreo de los trabajadores que conforman la cuadrilla y por los puntos anteriormente indicados, se plantea las propuestas de mejora:

- Primero: Al trabajador T6 Ayudante, asignarlo a otras actividades o cuadrilla, porque no cumple la labor asignada su aporte es mínimo.
- Segundo: Se debe disponer en campo un área libre de obstáculos para el traslado y la ubicación del camión mixer y la bomba de concreto. También se debe estar preparado la cuadrilla y los recursos necesarios para que logren una eficiente labor cuando lleguen los camiones (mixer y bomba) para no tener retrasos tan amplios como 1h 50min que sucedió al inicio.

### 3.4.2.3. *Diagnostico final después de la mejora.*

Para la diagnostico final después de la propuesta de mejora se realiza la segunda medición (después) y se muestra los resultados.

Tabla 41

*Nivel de actividad real y participación (diagnostico actual y después de la mejora)*

Trabajador	Nivel de actividad real		Coeficiente de participación		Nivel de actividad relativo	
	1er medición (23-03-17)	2da medición (06-04-17)	1er medición (23-03-17)	2da medición (06-04-17)	1er medición (23-03-17)	2da medición (06-04-17)
T1 Vaciador	81%	82%	0.98	0.99	81%	81%
T2 Vibrador	92%	80%	0.97	0.99	87%	80%
T3 Ayudante de Vibrador	90%	76%	0.97	0.99	86%	75%
T4 Acomodador 1	66%	68%	0.96	1.00	61%	67%
T5 Acomodador 2	62%	68%	0.97	0.99	62%	67%
T6 Ayudante	10%	-	0.96	-	10%	-
Total	67%	75%	0.97	0.99	65%	74%

Fuente: Muestreo del trabajo de la primera y segunda medición (antes y después).

De acuerdo con las mejoras planteada admitidas por el área técnica, se prescindió de los servicios del trabajador T6 Ayudante como se recomendó por lo que el nivel de actividad real (N.A.R.) subió de 67% (23 de marzo) a 75% en esta medición (ver Tabla 41). El trabajo no contributorio bajó de 33% a 24% (ver Figura

30). La velocidad de avance no se vio afectada al disminuir el tamaño de la cuadrilla, el primer camión demoró 17 minutos en ambas mediciones en ser vaciado. La cuadrilla demoró 21 minutos el 23 de marzo y 23 minutos el 6 de abril en vaciar el segundo camión mixer.

Tabla 42

*Medición de productividad NCB (diagnostico actual y después de la mejora).*

Fecha de la actividad	Mano de obra (MO)	Horas hombre (HH)	Concreto vaciado (m3)	Productividad (m3/HH)	Rendimiento (HH/m3)
Diagnostico actual (antes): 23-marzo	5.00	4.05 HH	15.00 m3	3.70	0.27
Diagnostico final (después-mejora): 6-abril	6.00	3.17 HH	16.00 m3	5.05	0.20

Fuente: Mediciones del trabajo de la primera y segunda medición (antes y después).

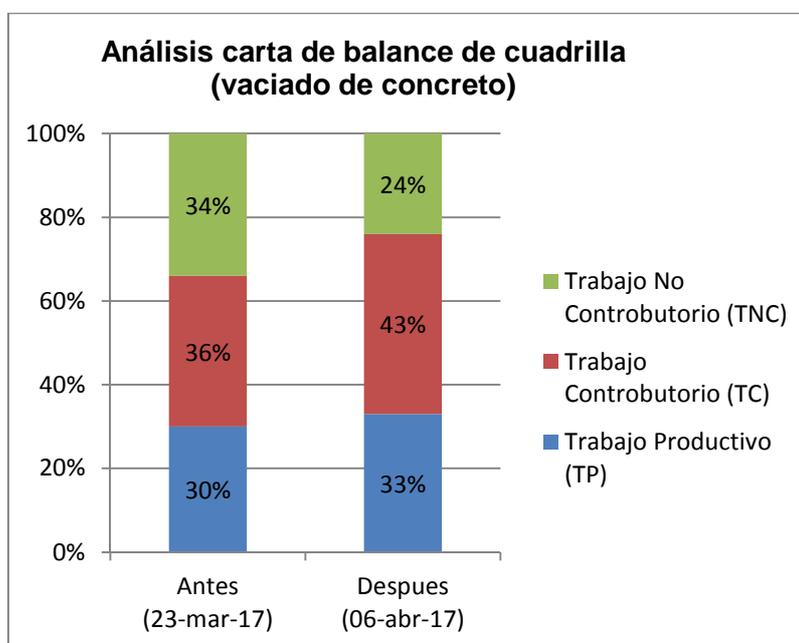


Figura 30. Nivel de carta de balance de actividad promedio

Se disminuyó en 17% la cantidad de HH para esta actividad sin afectar la velocidad de avance y sin aumentar la carga de trabajo del resto de la cuadrilla (77% el 23 de marzo y 75% el 6 de abril).

La productividad aumentó 36%, pasando de 3.70 a 5.05 (m3 vaciados/HH) (ver Tabla 42).

#### **3.4.2.4. Resumen del caso de estudio.**

<b>Proyecto</b>	<b>Oportunidad de mejora</b>	<b>Resultado</b>
* Productividad	* Cuadrilla de vaciado de concreto: Disminuir el número de trabajadores de 6 a 5.	* El nivel de actividad real de la cuadrilla aumenta de 67% a 76% y la productividad aumenta 36%.
* Vaciado de concreto en muro mediante bombeo		* 117 min (2HH) para realizar las mediciones.
* Medición: 2 cartas de balance (antes y después)		

## **IV. DISCUSIÓN**

Según Sánchez, Cruz y Benavides (2014), en la tesis “Implementación del sistema Lean Construction para la mejora de productividad en la ejecución de los trabajos de estructuras en obras de edificación de viviendas” menciona en una de sus conclusiones sobre el diagnóstico de la obra, se utilizó la herramienta de la filosofía lean “nivel general de actividad” para medir los (TP, TC, TNC), se obtuvo un promedio un TP 35%, TC 41%, TNC 24%. Se comprobó que con solo implementar el uso de las herramientas de planificación y control de la filosofía Lean construction en la obra, se incrementó el trabajo productivo (TP) hasta el orden del 44% promedio, TC 38% y TNC 18%. Si gestionamos algunos trabajos contributivos (TC), reducimos o eliminamos, o eliminar algunos trabajos no contributivos (TNC) utilizando la gráfica de Pareto, podríamos llegar a niveles superiores de productividad. Para llegar a niveles óptimos de TP 60%, TC 25% y TNC 15%, en los próximos proyectos.

En este trabajo de investigación, los resultados obtenidos mediante la utilización de las técnicas de lean construction como el nivel de general de actividad de obra, donde se realizó el muestreo de trabajo de todas las actividades en ejecución para medir los tres tipos de trabajo, en el diagnóstico inicial se obtuvo que el 31% del tiempo analizados corresponde al trabajo productivo, el 41% del trabajo contributivo y el 27% del trabajo no contributivo. Mediante la utilización del gráfico de Pareto se identifican las pérdidas o desperdicios planteando las mejoras del proceso. Se realiza la medición nuevamente y se comprobó mediante caso de estudio los resultados siguientes TP 39%, TC 37%, TNC 24%, comprobando que optimizando los procesos constructivos se logra mejorar la productividad.

Según Castro y Ruiz (2014), con la tesis “Optimización del desempeño del proyecto de edificación nuevo centro de salud a desarrollarse en el distrito de Luya - Luya - Amazonas, aplicando la metodología Lean Construction” utilizó la herramienta de la filosofía lean “carta de balance” para medir la actividad de asentado de ladrillo obteniendo los resultados TP 36%, TC 48%, TNC 16%, es planteo una alternativa para optimizar los procesos e índice de productividad

reconformando la cuadrilla de modo que el trabajo contributivo aumento a TP 45%, TC 44%, TNC 11%, verificando la mejora del proceso.

Durante el desarrollo de la presente investigación, se logró utilizar la técnica de lean construction como el nivel de carta de balance de cuadrilla, se estudió la actividad del vaciado de concreto en muros, en el diagnóstico inicial se obtuvo que el 30% del tiempo analizados corresponde al trabajo productivo, el 36% del trabajo contributivo y el 34% del trabajo no contributivo. El diagnostico final después de la mejora se obtuvo que el trabajo productivo TP 33%, TC 43% y TNC 24%, con una buena planificación del proceso apoyada con el uso de las herramientas lean construction se logra optimizar los recursos y se mejora la productividad del proyecto.

Sánchez et al. (2014) explica en su estudio que la adecuación de las técnicas de Lean Construction, se debe motivar y concientizar a todos los involucrados en el proceso de construcción, empezando de la alta gerencia, los ingenieros, técnicos y personal de obra, para el logro de los objetivos establecidos en la línea base del proyecto tanto en costo, calidad, tiempo y seguridad.

En las actividades estudiadas en este proyecto, se propone las mejoras en los procesos constructivos que son realizados por los ingenieros, área técnica y personal de obra, se debe establecer y desarrollar la programación a corto plazo, destinados a establecer la dotación de los recursos importantes para realizar los procesos sin ningún inconveniente, reduciendo la variabilidad y mejor control de la obra.

Según Cisneros (2011), con la tesis "Metodología para la reducción de pérdidas en la etapa de ejecución de un proyecto de construcción" menciona en una de una de sus conclusiones, los resultado de las encuestas un 50% de las constructoras tienen entre un 5% y 10% de pérdidas considerables, una de las razones, las constructoras no cuentan con un sistemas de producción establecido, la elaboración de un sistema que disminuya las pérdidas proporcionará un método de administración fundamentado en las teorías y herramientas de Lean

Construction, que se aplicara en la etapa de construcción reduciendo de esta manera la incertidumbre de los procesos y las perdidas generando el incremento de la productividad de la obra.

En el caso de estudio de la presente investigación, en la evaluación y diagnóstico, se pudo comprobar la inexistencia formal de procedimiento de producción, se programaba en base a la experiencia de los ingenieros y personal técnico además, de que es una situación conocida y aceptada por los participantes del proyecto, de igual forma se pudo visualizar la baja productividad producto de una inadecuada organización así como la falta de rigurosidad en el control del cumplimiento de los programas de trabajo, con la aplicación de las herramientas de lean construcción y la aplicación de la propuesta de mejoramiento desarrollada, contribuyó a mejorar el desempeño y control de las actividades planificadas.

## **V. CONCLUSIONES**

Primero. Se comprueba la hipótesis específica número 1, la aplicación del nivel general de actividad de obra, influye significativamente en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017, obtenido del grupo experimental con un p-valor calculado inferior ( $0.044 < \alpha=0.05$ ) al valor del nivel de significancia 0.05 y  $t = -2.301$ .

Segundo. Se comprueba la hipótesis específica número 2, la aplicación del nivel de carta de balance de cuadrilla, influye significativamente en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017, obtenido del grupo experimental con un p-valor calculado inferior ( $0.010 < \alpha=0.05$ ) al valor del nivel de significancia 0.05 y  $t = -3.162$ .

Tercero. Se comprueba la hipótesis específica número 3, La aplicación de la prueba de cinco minutos, influye significativamente en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017, obtenido del grupo experimental con un p-valor calculado inferior ( $0.017 < \alpha=0.05$ ) al valor del nivel de significancia 0.05 y  $t = -2.875$ .

## **VI. RECOMENDACIONES**

Primero. Que se propicie a utilizar el nivel general de actividad, porque permite evaluar la productividad y el rendimiento de obra en el sector de la construcción. Así como el estudio de tiempos por cada trabajador de manera aleatoria, que estaba realizando en ese mismo instante. Con una adecuada planificación y el uso de un buen método para optimizar los recursos asegura el éxito de un proyecto.

Segundo. Utilizar la carta de balance de cuadrilla, cuando se quiera innovar en alguna proceso constructivo o cuando se realice por primera vez un trabajo que se repetirá varias veces en el futuro, permite dimensionar adecuadamente la cuadrilla y realizar el estudio del tiempo del trabajo de una actividad e identificando las pérdidas (diagrama de Pareto), y plantear mejoras de la actividad. Esto ocurrió en el caso de estudio de productividad, era la primera vez que se realizaba el proceso de vaciado de concreto que combinaba muros de albañilería y armado, se observó claramente en la carta de balance que el tamaño de la cuadrilla no era el óptimo.

Tercero. Se recomienda realizar la prueba de los cinco minutos, porque su aplicación, nos permite analizar cuáles son las frecuencias de las causas de los tiempos productivos, contributivos y no contributivos, a partir de estas estadísticas tomar decisiones de mejora para reducir las pérdidas del proceso en estudio. Se sugiere continuar investigando este tema y seguir proponiendo mejoras para obtener procedimiento que permita reducir las pérdidas mejorando la productividad de la obra.

## **VII. REFERENCIAS**

**Libros:**

- Botero L. (2006). *Construcción sin pérdidas: Análisis de procesos y filosofía Lean Construcción*. (2ª Ed.). Colombia: LEGIS S.A.
- Cantu A, Moreno J, Gallina M. y García G, (2009). *Productividad Real en obras Civiles: Análisis de un caso*. Argentina: Facultad de Ingeniería - Centro Universitario (5500) Mendoza.
- Ghio, V. (2000). *Diagnóstico y evaluación de la productividad en la construcción de obras en Lima Metropolitana*. Lima: Fondo Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Ghio, V. (2001). *Productividad en obras de construcción: Diagnostico, crítica y propuesta*. Lima: Fondo Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. (5ª Ed.). México: Mc Graw-Hill.
- Soibelman, L. (2000). *Material de desperdicio en la industria de la construcción: Incidencia y control*. México: Cuaderno FICA.

**Artículos:**

- Alarcón, F. (1997). Herramientas para la Reducción de Pérdidas en Proyectos de Construcción. *Revista de Ingeniería*, (15)(1), 37-45.
- Ballard, G. y Howell, G. (1998). Shielding production: Essential step in production control. *Journal of Management in Engineering*, (1), 11–17.
- Botero, L. y Álvarez M. (2003). Identificación de pérdidas en el proceso productivo de la construcción. *Revista Universidad EAFIT N° 130*, (1), 66-78.
- Botero, L. y Álvarez M. (2004) Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda (lean construction como estrategia de mejoramiento). *Revista Universidad EAFIT N° 130*, (1), 50-64.
- Formoso, C., Dos Santos, A. y Powell, J. (2002). An exploratory study on the applicability of process transparency in construction sites. *Journal for Construction Research*. (3)(1), 35-54.
- Howell, G. (1999). What is Lean Construction. *Proceeding 7th Annual Conference International Group Of Lean Construction*, (1), 26-28
- Koskela, L. (1992). Application of the New Production Philosophy to Construction.

*Technical Report No. 72, Center for integrated facility engineering CIFE. Department of civil, Stanford University, (1), 75.*

Izquierdo, J. (2012). *Taller de conceptos Lean en la industria de la construcción.* Conferencia presentada en el 1er. Congreso Nacional Lean Construction, Perú.

Koskela, L. (1999). Management of production in Construction: A Theoretical View. *Proceedings of the 7th International Group for Lean Construction Conference, (1), 26-28.*

Ohno, T. (1993). Production System: Beyond Large-Scale Production. *Productivity Press, Portland, (1), 143.*

Serpell B. y Verbal R. (1990). Análisis de operaciones mediante cartas de balance. *Revista Ingeniería de Construcción N°9, (1), 1-16.*

Shingo, S. (1988). *Non-stock production.* Productivity Press. England: University Cambridge, (1), 454.

Skoyles, E. (1982). *Waste and the stimator.* England: Chartered Institute of Building.

#### **Tesis Doctorales:**

Picchi, F. (1993). *Sistemas de Qualidade: Uso em empresas de construção de edifícios.* Tesis de Doctor en Ingeniería. Sao Paulo, Brasil.

Koskela, L. (1992). *Application of the New Production Philosophy to Construction.* Technical Report No. 72, Stanford, CIFE, Stanford University.

Koskela, L. (2000). *An exploration towards a production theory and its application to construction* Ph.D. Thesis, Helsinki University of Technology, Helsinki, Finland.

Tsao, C. (2005). *Use of Work Structuring To Increase Performance of Project-Based Production Systems,* Doctoral Dissertation, University of California, Berkeley, EE.UU.

#### **Tesis de Maestría:**

Castro Paico P. y Ruiz Dávila P. (2014), *Optimización del desempeño del proyecto de edificación nuevo centro de salud a desarrollarse en el distrito de Luya - Luya - Amazonas, aplicando la metodología Lean Construction,*

Tesis de Magíster en Gerencia de la Construcción, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.

Cisneros Vela L., (2011), *Metodología para la reducción de pérdidas en la etapa de ejecución de un proyecto de construcción*, Tesis de Magíster en Ingeniería de la Construcción, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Martínez Ribón J., (2011), *Propuesta de metodología para la implementación de la Filosofía Lean (Construcción Esbelta) en proyectos de construcción*, Tesis de Magíster en Administración, Universidad Nacional de Colombia, Colombia.

Pinto De La Sota Navarro S., (2010), *Evaluación y mejoramiento de los sistemas de producción en proyectos de construcción*, Tesis de Magíster en Ciencias de la Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile.

Sánchez Cusihuamán A., Rosa Cruz D. y Benavides Salazar P. (2014), *Implementación del sistema Lean Construction para la mejora de productividad en la ejecución de los trabajos de estructuras en obras de edificación de viviendas*, Tesis de Magíster en Gerencia de la Construcción, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.

## **VIII. ANEXOS**

### Anexo 1: Matriz de consistencia

**Título: APLICACIÓN DE LEAN CONSTRUCTION PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA EJECUCIÓN DE OBRAS DE EDIFICACIÓN, HUANCVELICA, 2017.**

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES				
<p><b>Problema general:</b> ¿De qué manera influye la aplicación de la técnica de Lean Construction en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017?</p> <p><b>Problemas específicos</b> 1. ¿De qué manera influye la aplicación del Nivel General de Actividad de obra, en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017? 2. ¿De qué manera influye la aplicación del Nivel de Carta de Balance de cuadrilla, en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017? 3. ¿De qué manera influye la aplicación de la prueba de los cinco minutos, en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017?</p>	<p><b>Objetivo general:</b> Determinar la influencia de la aplicación de la técnica de Lean Construction en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017.</p> <p><b>Objetivos Específicos</b> 1. Determinar la influencia de la aplicación del Nivel General de Actividad de obra, en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017. 2. Determinar la influencia de la aplicación del Nivel de Carta de Balance de cuadrilla, en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017. 3. Determinar la influencia de la aplicación de la prueba de los cinco minutos, en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017.</p>	<p><b>Hipótesis general:</b> La aplicación de la técnica de Lean Construction influye significativamente en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017.</p> <p><b>Hipótesis específicos</b> 1. La aplicación del Nivel General de Actividades de obra, influye significativamente en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017. 2. La aplicación del Nivel de Carta de Balance de cuadrilla, influye significativamente en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017. 3. La aplicación de la prueba de los cinco minutos, influye significativamente en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017.</p>	Variable Independiente: Lean Construction.				
			Dimensiones	Indicadores	Ítems	Escala de medición	Niveles o rangos
			<p>1 Nivel general de actividad de obra (NGA).</p> <p>2 Nivel de Carta de balance de cuadrilla (NCB).</p> <p>3 Prueba de cinco minutos (PCM)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formato de campo para el muestreo del trabajo por categorías.</li> <li>• Tabulación por categoría de trabajo e identificación de la magnitud de las pérdidas de las actividades (diagnóstico actual).</li> <li>• Análisis de la información y propuestas de mejoras.</li> <li>• Control y seguimiento de las mejoras propuestas.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Formato de campo para el muestreo de la actividad de estudio.</li> <li>• Registro de datos por categoría de trabajo e identificación de pérdidas (diagnóstico actual).</li> <li>• Análisis de la información y propuestas de mejora de la actividad</li> <li>• Implementación de las mejoras y seguimiento para evaluar la efectividad del proceso.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Formato de control de los tiempos de tipo de trabajos.</li> <li>• Registros de la actividad a medir.</li> <li>• Evaluación de las pérdidas y frecuencias de los tiempos de trabajo.</li> <li>• Planteamiento de mejoras y seguimiento de las actividades.</li> </ul>	<p>P1, P2 P3, P4, P5, P6 P7, P8 P9, P10, P11, P12 P13, P14, P15, P16, P17</p>	<p>1 Nunca 2 Casi Nunca 3 A veces 4 Casi Siempre 5 Siempre</p>	<p>1= [0 - 5] 2= [6 - 10] 3= [11 - 13] 4= [14 - 17] 5= [18 - 20]</p>

Variable dependiente: Productividad en obras de edificación.					
Dimensiones	Indicadores	Ítems	Escala de valores	Niveles o rangos	
1 Promedio general de productividad en obras Peruanas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentaje estadístico de productividad de los trabajos productivos, contributorio y no contributorio en obras Peruanas (Ghio, 2001).</li> <li>• Comparar el porcentaje de productividad con el nivel general de actividad (NGA).</li> </ul>	P18			
2 Promedio óptimo de productividad en obras a nivel internacional.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentaje óptimo de productividad de los trabajos productivos, contributorio y no contributorio (Serpell, 2002).</li> <li>• Comparar el porcentaje de productividad con el nivel general de actividad (NGA).</li> </ul>	P19	1 Nunca	1= [0 - 5]	
			2 Casi Nunca	2= [6 - 10]	
			3 A veces	3= [11 - 13]	
			4 Casi Siempre	4= [14 - 17]	
3 Promedio general de productividad en obras a nivel internacional.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentaje estadístico de productividad de los trabajos productivos, contributorio y no contributorio en obras Chilenas (Serpell, 2002).</li> <li>• Porcentaje estadístico de productividad de los trabajos productivos, contributorio y no contributorio en obras Colombianas (Botero, 2002).</li> <li>• Comparar el porcentaje de productividad con el nivel general de actividad (NGA).</li> </ul>	P20	5 Siempre	5= [18 - 20]	

Tipo y diseño de investigación	Población y muestra	Técnicas e instrumentos	Estadística a utilizar
<p><b>Tipo de investigación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Según su finalidad:</i> Aplicada.</li> <li>• <i>Según su carácter:</i> <b>Explicativa</b> (causa y efecto).</li> <li>• <i>Según su naturaleza (enfoque):</i> Cuantitativa.</li> <li>• <i>Según el alcance temporal:</i> Transversal.</li> <li>• <i>Según la orientación que asume:</i> Es una investigación orientada a la aplicación.</li> </ul> <p><b>Nivel de investigación:</b> <b>Explicativo.</b></p> <p><b>Tipos de estudio:</b> <b>Experimental:</b> Porque la variable independiente ha sido manipulada por el investigador, por lo que se tiene el mayor control y evidencia de la causa-efecto.</p> <p><b>Diseño de investigación:</b> <b>Tipo de diseño: Cuasi-experimentales</b>, los grupos ya están asignados, se dispone de un grupo de control y experimental. Esquema: GE: 01 X 02 GC: 01 02 Dónde: X: Aplicación de Lean Construction GE: Grupo experimental GC: Grupo de control 01: Pre Test 02: Post Test</p> <p><b>Método de investigación:</b> <b>Hipotético-Deductivo</b> (es la vía primera de inferencias lógicas deductivas para arribar a conclusiones particulares a partir de la Hipótesis, que después se pueden comprobar experimentalmente).</p>	<p><b>Población:</b> Conformado por 12 trabajadores del plantel técnico de una empresa constructora en edificaciones en el Departamento de Huancavelica 2017.</p> <p><b>Tipo de muestreo:</b> Muestreo no probabilístico, intencional o dirigida.</p> <p><b>Tamaño de muestra (Unidad de análisis):</b> La muestra por ser pequeña, se toma a la misma población. Grupo experimental: 2 residentes de obra, 2 asistentes de obra y 2 ingenieros de producción. Grupo de control: 2 maestros de obra y 4 capataces. Caso de estudio: "Instalación del Centro de Promoción y Vigilancia Comunal del Cuidado Integral de la Madre e el Niño en las Localidades de Antamachay, Chillama, Atuna-Quihuay y Eccana, Distrito de Secclla-Angaraes-Huancavelica".</p>	<p><b>Variable Independiente:</b> Aplicación de Lean Construction. <b>Técnica de recolección de información:</b> Encuesta, observación y análisis de documentos. <b>Instrumento de recolección de información:</b> Cuestionario tipo de Lickert, guía de observación y análisis de documentos. <b>Instrumentos de medición:</b> Fichas de campo o formatos de control, cámara fotográfica, cronometro. Autor: Raúl Ernesto Quispe Mitma Año: 2017 Monitoreo: Variable independiente. Ámbito de aplicación: Empresa constructora Forma de Administración: Indirecto.</p> <hr/> <p><b>Variable Dependiente:</b> Productividad en obras de edificación <b>Técnica de recolección de información:</b> Encuesta, observación y análisis de documentos. <b>Instrumento de recolección de información:</b> Cuestionario tipo de Lickert, guía de observación y análisis de documentos. <b>Instrumentos de medición:</b> Fichas de campo o formatos de control, cámara fotográfica, cronometro. Autor: Raúl Ernesto Quispe Mitma Año: 2017 Monitoreo: Variable dependiente. Ámbito de aplicación: Empresa constructora Forma de Administración: Indirecto</p>	<p><b>DESCRIPTIVA:</b> Los datos serán tratados mediante el método de la <i>estadística descriptiva</i> porque se realiza la recolección de datos, ordenar, analizar los resultados mediante la construcción de histograma o gráficas de barras y circulares, representados mediante porcentajes.</p> <p>Se utiliza el programa estadístico SPSS versión 22, para la comprobación de las hipótesis del investigador. Prueba de normalidad, prueba de Levene (igualdad de varianzas) y la prueba t student para muestras independientes.</p>

## **Anexo 2: Documentos para validar los instrumentos de medición a través de juicio de expertos**

### **Definición conceptual de las variables y dimensiones**

#### **Variable (1):**

##### **Aplicación de Lean Construction**

El enfoque Lean Construction, apunta a generar a través de la planificación de la producción, un flujo de trabajo más confiable así como resolver en equipo las causas de la variabilidad en los procesos (Ballard, 1999).

#### **Dimensiones de las variables:**

##### **Dimensión 1**

###### **Nivel general de actividad (NGA).**

Es un indicador que representa el nivel de productividad del personal, en función al tiempo que demanda realizar algún tipo de trabajo clasificado en productivo, contributorio y no contributorio (Serpell, 2002).

##### **Dimensión 2**

###### **Nivel de Carta de balance de cuadrilla (NCB)**

El objetivo de la carta de balance o carta de equilibrio de cuadrilla es analizar la eficiencia del método constructivo empleado, más que la eficiencia de los obreros, de modo que no se pretende conseguir que trabajen más duro, sino en forma más inteligente. El número mínimo de mediciones puntuales para obtener un resultado estadístico confiable es de 384 observaciones, con un margen de error del 5% y confiabilidad del 95% (Serpell, 2002).

##### **Dimensión 3**

###### **Prueba de los cinco minutos (P5M)**

Es un indicador que mide los tiempos de la actividad que se está realizando, el objetivo de la prueba es tomar durante cinco (5) minutos el tiempo dedicado por

un trabajador a actividades productivas, contributivas o no contributivas. (Serpell, 2002).

### **Variable (2):**

#### **Productividad en obras de edificación**

La Productividad puede definirse como la medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un producto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado (Serpell, 2002).

### **Dimensiones de las variables:**

#### **Dimensión 4**

##### **Promedio generales de productividad en obras Peruanas**

Estadística Nacional publicada sobre los Porcentajes del trabajo Productivo, Contributorio y No Contributorio, mediante el estudio del estado de la construcción en Lima analizando 50 obras de la capital.

Fuente: Productividad en Obras de Construcción, Diagnostico, Critica y Propuesta (Ghio, 2001)

#### **Dimensión 5**

##### **Promedio óptimo de productividad en obras a nivel internacional**

Estadística Internacional publicada sobre los Porcentajes del trabajo Productivo, Contributorio y No Contributorio en algunos países de Sudamérica.

Fuente: Productividad en Obras de Construcción, Diagnostico, Critica y Propuesta (Ghio, 2001)

#### **Dimensión 6**

##### **Promedio generales de productividad en obras a nivel internacional.**

Estadística Internacional publicada sobre los Porcentajes del trabajo Productivo, Contributorio y No Contributorio en algunos países de Sudamérica.

Fuente: Productividad en Obras de Construcción, Diagnostico, Critica y Propuesta (Ghio, 2001).

## Matriz de operacionalización de las variables

### Variable Independiente: Lean Construction

Dimensiones	Indicadores	Ítems	Escala de medición	Niveles o rangos
<b>Variable Independiente: Lean Construction</b>				
1.- Nivel general de actividad de obra (NGA)	1.1 Formato de campo para el muestreo del trabajo por categorías.	P1, P2		
	1.2 Tabulación por categoría de trabajo e identificación de la magnitud de las pérdidas de las actividades (diagnóstico actual).	P3, P4		
	1.3 Análisis de la información y propuestas de mejoras.	P5		
	1.4 Control y seguimiento de las mejoras propuestas.	P6		
2.- Nivel de carta de balance de cuadrilla (NCB).	2.1 Formato de campo para el muestreo de la actividad de estudio.	P7, P8		
	2.2 Registro de datos por categoría de trabajo e identificación de pérdidas (diagnóstico actual).	P9, P10	1 = Nunca 2 = Casi Nunca 3 = A veces 4 = Casi Siempre 5 = Siempre	1= [0 - 5] 2= [6 - 10] 3= [11 - 13] 4= [14 - 17] 5= [18 - 20]
	2.3 Análisis de la información y propuestas de mejora de la actividad	P11		
	2.4 Implementación de las mejoras y seguimiento para evaluar la efectividad del proceso.	P12		
3.- Prueba de los cinco minutos (P5M).	3.1 Formato de control de los tiempos de tipos de trabajo.	P13, P14		
	3.2 Registros de la actividad a medir.	P15		
	3.3 Evaluación de las pérdidas y frecuencias de los tiempos de trabajo.	P16		
	3.3 Planteamiento de mejoras y seguimiento de las actividades.	P16		

### Variable dependiente: Productividad en obras.

Dimensiones	Indicadores	Ítems	Escala de medición	Niveles o rangos
<b>Variable Dependiente: Productividad en construcción</b>				
1.- Promedio general de productividad en obras Peruanas.	1.1 Porcentaje estadístico de productividad de los trabajos productivos, contributorio y no contributorio en obras Peruanas (Ghio, 2001).	P17		
	1.2 Comparar el porcentaje de productividad con el nivel general de actividad.			
2.- Promedio óptimo de productividad en obras a nivel internacional.	2.2 Porcentaje óptimo de productividad de los trabajos productivos, contributorio y no contributorio (Serpell, 2002).	P18	1 = Nunca 2 = Casi Nunca 3 = A veces 4 = Casi Siempre 5 = Siempre	1= [0 - 5] 2= [6 - 10] 3= [11 - 13] 4= [14 - 17] 5= [18 - 20]
	2.2 Comparar el porcentaje de productividad con el nivel general de actividad.			
3.- Promedio general de productividad en obras a nivel internacional.	3.1 Porcentaje estadístico de productividad de los trabajos productivos, contributorio y no contributorio en obras Chilenas (Serpell, 2002).	P19		
	3.2 Porcentaje estadístico de productividad de los trabajos productivos, contributorio y no contributorio en obras Colombianas (Botero, 2002).	P20		
	3.3 Comparar el porcentaje de productividad con el nivel general de actividad.			

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE: VARIABLE INDEPENDIENTE Y DEPENDIENTE**

**TÍTULO: APLICACIÓN DE LEAN CONSTRUCTION PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA EJECUCIÓN DE OBRAS DE EDIFICACIÓN, HUANCVELICA, 2017.**

Nº	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	<b>DIMENSIÓN 1: Nivel general de actividades (NGA).</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	
1	¿Se mide la productividad actual de las actividades de construcción mediante el nivel general de actividad?	X		X		X		
2	¿Se elabora fichas diseñados para el muestreo de datos de las tres principales categorías de trabajo productivo, contributorio y no contributorio?	X		X		X		
3	¿Se realiza la tabulación de las mediciones para la obtención de la estadística sobre las pérdidas más frecuentes en cada uno de los procesos constructivos?	X		X		X		
4	¿Se identifica los porcentajes de perdidas mediante la descomposición del trabajo contributorio y no contributorio para su evaluación y reducir las actividades que no generen valor?	X		X		X		
5	¿Se analiza la información y se proponen mejoras para reducir las pérdidas en las actividades del trabajo contributorio y no contributorio?	X			X	X		
6	¿Se aplican las mejoras y se realiza el seguimiento con nuevas mediciones para evaluar la efectividad de la estrategia, realizando la mejora continua de los procesos?	X		X		X		
	<b>DIMENSIÓN 2: Nivel de Carta de balance de cuadrilla (NCB).</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	
7	¿Se analiza la eficiencia del método constructivo de la actividad mediante la carta de balance de cuadrilla?	X		X		X		
8	¿Se elabora fichas diseñadas para el muestreo de la actividad identificando las tres categorías de trabajo productivo, contributorio y no contributorio?	X		X		X		
9	¿Se registra y tabula las condiciones reales de trabajo de los recursos para la identificación de las pérdidas más frecuentes de la actividad?	X		X		X		
10	¿Se descompone la cuadrilla por trabajo contributorio y no contributorio para reducir las actividades que no generen valor?	X		X		X		
11	¿Se analiza la información y se plantean las mejoras de la actividad estudiada para reducir las pérdidas del trabajo contributorio y no contributorio?	X			X	X		
12	¿Se aplica las mejoras y se realiza el seguimiento con nuevas mediciones del muestreo del trabajo para evaluar la efectividad, realizando la mejora continua del proceso de estudio?	X		X		X		
	<b>DIMENSIÓN 3: Prueba de los cinco minutos (P5M)</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	
13	¿Se analiza el control del método constructivo de la actividad mediante la prueba de cinco minutos?	X		X		X		

14	¿Se elabora formatos y registro de los tiempos de los trabajo productivo, contributorio y no contributorio de la actividad a medir?	X		X		X	
15	¿Se cuantifica los tiempos productivos o de pérdidas, analizando cuáles son las frecuencias de las causas de estos tiempos?	X		X		X	
16	¿Se realiza la mejora mediante iteraciones de medición y análisis de los datos, procurando disminuir o eliminar los tiempos contributivos y no contributivos de cada actividad?	X		X		X	
17	¿Se realiza el control y seguimiento de las mejoras propuestas de la actividad?						
	<b>DIMENSIÓN 4: Promedio general de productividad en obras Peruanas.</b>	Si	No	Si	No	Si	No
18	¿Se compara el índice de nivel general de obra (NGA) con los porcentajes estadístico de productividad por categoría de trabajo (TP=28%, TC=36% y TNC=36%) a nivel nacional (Ghio, 2001)?	X		X		X	
	<b>DIMENSIÓN 5: Promedio óptimo de productividad en obras a nivel internacional.</b>	Si	No	Si	No	Si	No
19	¿Se compara el índice de nivel general de obra (NGA) con los estándares óptimos de productividad por categoría de trabajo (TP=60%, TC=25% y TNC=15%) para la industria de la construcción (Serpell, 2002)?	X		X		X	
	<b>DIMENSIÓN 6: Promedio general de productividad en obras a nivel internacional.</b>	Si	No	Si	No	Si	No
20	¿Se compara el índice de nivel general de obra (NGA) con los estándares internacionales de productividad por categoría de trabajo de obras Chilenas TP=38%, TC=36% y TNC=26%, (Serpell, 2002) y de obras Colombianas TP=49%, TC=28% y TNC=23%, (Botero, 2002)?	X		X		X	

Observaciones (precisar si hay suficiencia): \_\_\_\_\_

Opinión de aplicabilidad:    Aplicable []    Aplicable después de corregir [ ]    No aplicable [ ]

Apellidos y nombres del juez validador. Dr/ Mg: ANGEL N. DURAN TARAZONA    DNI: 32031216

Especialidad del validador: GESTION EDUCATIVA

<sup>1</sup>**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

<sup>2</sup>**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup>**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

**Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Lima, Noviembre del 2016

  
 ING. ANGEL N. DURAN TARAZONA  
 DNI: 32031216

Firma del Experto-1 Informante.

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE: VARIABLE INDEPENDIENTE Y DEPENDIENTE**

**TÍTULO: APLICACIÓN DE LEAN CONSTRUCTION PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA EJECUCIÓN DE OBRAS DE EDIFICACIÓN, HUANCAMELICA, 2017.**

Nº	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	<b>DIMENSIÓN 1: Nivel general de actividades (NGA).</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	
1	¿Se mide la productividad actual de las actividades de construcción mediante el nivel general de actividad?	X		X		X		
2	¿Se elabora fichas diseñados para el muestreo de datos de las tres principales categorías de trabajo productivo, contributorio y no contributorio?	X		X		X		
3	¿Se realiza la tabulación de las mediciones para la obtención de la estadística sobre las pérdidas más frecuentes en cada uno de los procesos constructivos?	X		X		X		
4	¿Se identifica los porcentajes de perdidas mediante la descomposición del trabajo contributorio y no contributorio para su evaluación y reducir las actividades que no generen valor?	X		X		X		
5	¿Se analiza la información y se proponen mejoras para reducir las pérdidas en las actividades del trabajo contributorio y no contributorio?	X		X		X		
6	¿Se aplican las mejoras y se realiza el seguimiento con nuevas mediciones para evaluar la efectividad de la estrategia, realizando la mejora continua de los procesos?	X		X		X		
	<b>DIMENSIÓN 2: Nivel de Carta de balance de cuadrilla (NCB).</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	
7	¿Se analiza la eficiencia del método constructivo de la actividad mediante la carta de balance de cuadrilla?	X		X		X		
8	¿Se elabora fichas diseñadas para el muestreo de la actividad identificando las tres categorías de trabajo productivo, contributorio y no contributorio?	X		X		X		
9	¿Se registra y tabula las condiciones reales de trabajo de los recursos para la identificación de las pérdidas más frecuentes de la actividad?	X		X		X		
10	¿Se descompone la cuadrilla por trabajo contributorio y no contributorio para reducir las actividades que no generen valor?	X		X		X		
11	¿Se analiza la información y se plantean las mejoras de la actividad estudiada para reducir las pérdidas del trabajo contributorio y no contributorio?	X		X		X		
12	¿Se aplica las mejoras y se realiza el seguimiento con nuevas mediciones del muestreo del trabajo para evaluar la efectividad, realizando la mejora continua del proceso de estudio?	X		X		X		
	<b>DIMENSIÓN 3: Prueba de los cinco minutos (P5M)</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	
13	¿Se analiza el control del método constructivo de la actividad mediante la prueba de cinco minutos?	X		X		X		

14	¿Se elabora formatos y registro de los tiempos de los trabajo productivo, contributorio y no contributorio de la actividad a medir?	X		X		X	
15	¿Se cuantifica los tiempos productivos o de pérdidas, analizando cuáles son las frecuencias de las causas de estos tiempos?	X		X		X	
16	¿Se realiza la mejora mediante iteraciones de medición y análisis de los datos, procurando disminuir o eliminar los tiempos contributivos y no contributivos de cada actividad?	X		X		X	
17	¿Se realiza el control y seguimiento de las mejoras propuestas de la actividad?	X		X		X	
	<b>DIMENSIÓN 4: Promedio general de productividad en obras Peruanas.</b>	Si	No	Si	No	Si	No
18	¿Se compara el índice de nivel general de obra (NGA) con los porcentajes estadístico de productividad por categoría de trabajo (TP=28%, TC=36% y TNC=36%) a nivel nacional (Ghio, 2001)?	X		X		X	
	<b>DIMENSIÓN 5: Promedio óptimo de productividad en obras a nivel internacional.</b>	Si	No	Si	No	Si	No
19	¿Se compara el índice de nivel general de obra (NGA) con los estándares óptimos de productividad por categoría de trabajo (TP=60%, TC=25% y TNC=15%) para la industria de la construcción (Serpell, 2002)?	X		X		X	
	<b>DIMENSIÓN 6: Promedio general de productividad en obras a nivel internacional.</b>	Si	No	Si	No	Si	No
20	¿Se compara el índice de nivel general de obra (NGA) con los estándares internacionales de productividad por categoría de trabajo de obras Chilenas TP=38%, TC=36% y TNC=26%, (Serpell, 2002) y de obras Colombianas TP=49%, TC=28% y TNC=23%, (Botero, 2002)?	X		X			X

Observaciones (precisar si hay suficiencia): \_\_\_\_\_

Opinión de aplicabilidad:    Aplicable [  ]    Aplicable después de corregir [  ]    No aplicable [  ]

Apellidos y nombres del juez validador. Dr/ Mg: DR. WILFREDO PAUCAR SANCHEZ ..... DNI: 31624236 .....

Especialidad del validador:..... GESTIÓN EDUCATIVA. .....

<sup>1</sup>**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

<sup>2</sup>**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup>**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

**Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Lima, Noviembre del 2016

  
Dr. Wilfredo Paucar Sanchez  
 D. C. 31624236

Firma del Experto-2 Informante.

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE: VARIABLE INDEPENDIENTE Y DEPENDIENTE**

**TÍTULO: APLICACIÓN DE LEAN CONSTRUCTION PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA EJECUCIÓN DE OBRAS DE EDIFICACIÓN, HUANCVELICA, 2017.**

Nº	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	<b>DIMENSIÓN 1: Nivel general de actividades (NGA).</b>							
1	¿Se mide la productividad actual de las actividades de construcción mediante el nivel general de actividad?	X		X		X		
2	¿Se elabora fichas diseñados para el muestreo de datos de las tres principales categorías de trabajo productivo, contributorio y no contributorio?	X		X		X		
3	¿Se realiza la tabulación de las mediciones para la obtención de la estadística sobre las pérdidas más frecuentes en cada uno de los procesos constructivos?	X		X		X		
4	¿Se identifica los porcentajes de perdidas mediante la descomposición del trabajo contributorio y no contributorio para su evaluación y reducir las actividades que no generen valor?	X		X		X		
5	¿Se analiza la información y se proponen mejoras para reducir las pérdidas en las actividades del trabajo contributorio y no contributorio?	X		X		X		
6	¿Se aplican las mejoras y se realiza el seguimiento con nuevas mediciones para evaluar la efectividad de la estrategia, realizando la mejora continua de los procesos?	X		X		X		
	<b>DIMENSIÓN 2: Nivel de Carta de balance de cuadrilla (NCB).</b>	Si	No	Si	No	Si	No	
7	¿Se analiza la eficiencia del método constructivo de la actividad mediante la carta de balance de cuadrilla?	X		X		X		
8	¿Se elabora fichas diseñadas para el muestreo de la actividad identificando las tres categorías de trabajo productivo, contributorio y no contributorio?	X		X		X		
9	¿Se registra y tabula las condiciones reales de trabajo de los recursos para la identificación de las pérdidas más frecuentes de la actividad?	X		X		X		
10	¿Se descompone la cuadrilla por trabajo contributorio y no contributorio para reducir las actividades que no generen valor?	X		X		X		
11	¿Se analiza la información y se plantean las mejoras de la actividad estudiada para reducir las pérdidas del trabajo contributorio y no contributorio?	X		X		X		
12	¿Se aplica las mejoras y se realiza el seguimiento con nuevas mediciones del muestreo del trabajo para evaluar la efectividad, realizando la mejora continua del proceso de estudio?	X		X		X		
	<b>DIMENSIÓN 3: Prueba de los cinco minutos (P5M)</b>	Si	No	Si	No	Si	No	
13	¿Se analiza el control del método constructivo de la actividad mediante la prueba de cinco minutos?	X		X		X		

14	¿Se elabora formatos y registro de los tiempos de los trabajo productivo, contributorio y no contributorio de la actividad a medir?	X		X		X	
15	¿Se cuantifica los tiempos productivos o de pérdidas, analizando cuáles son las frecuencias de las causas de estos tiempos?	X		X		X	
16	¿Se realiza la mejora mediante iteraciones de medición y análisis de los datos, procurando disminuir o eliminar los tiempos contributivos y no contributivos de cada actividad?	X		X		X	
17	¿Se realiza el control y seguimiento de las mejoras propuestas de la actividad?						
	<b>DIMENSIÓN 4: Promedio general de productividad en obras Peruanas.</b>	Si	No	Si	No	Si	No
18	¿Se compara el índice de nivel general de obra (NGA) con los porcentajes estadístico de productividad por categoría de trabajo (TP=28%, TC=36% y TNC=36%) a nivel nacional (Ghio, 2001)?	X		X		X	
	<b>DIMENSIÓN 5: Promedio óptimo de productividad en obras a nivel internacional.</b>	Si	No	Si	No	Si	No
19	¿Se compara el índice de nivel general de obra (NGA) con los estándares óptimos de productividad por categoría de trabajo (TP=60%, TC=25% y TNC=15%) para la industria de la construcción (Serpell, 2002)?	X		X		X	
	<b>DIMENSIÓN 6: Promedio general de productividad en obras a nivel internacional.</b>	Si	No	Si	No	Si	No
20	¿Se compara el índice de nivel general de obra (NGA) con los estándares internacionales de productividad por categoría de trabajo de obras Chilenas TP=38%, TC=36% y TNC=26%, (Serpell, 2002) y de obras Colombianas TP=49%, TC=28% y TNC=23%, (Botero, 2002)?	X		X		X	

Observaciones (precisar si hay suficiencia): \_\_\_\_\_

Opinión de aplicabilidad:   Aplicable    Aplicable después de corregir [ ]   No aplicable [ ]

Apellidos y nombres del juez validador. Dr/ Mg: Victor Celestino Rodriguez Tuza ..... DNI: 32264256 .....

Especialidad del validador: Gestion Educativa .....

<sup>1</sup>Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

<sup>2</sup>Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup>Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

**Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Lima, Noviembre del 2016

  
 Ing. Victor Celestino Rodriguez Tuza  
 DNI: 32264256

Firma del Experto-3 Informante.

### Anexo 3. Validación del contenido por juicio de expertos

#### Matriz de datos del juicio de experto

Ítem	Descripción	Número de experto			Valor promedio
		Experto 1	Experto 2	Experto 3	
1	Pregunta 1. NGA 1	1	1	1	3
2	Pregunta 2. NGA 2	1	1	1	3
3	Pregunta 3. NGA 3	1	1	1	3
4	Pregunta 4. NGA 4	1	1	1	3
5	Pregunta 5. NGA 5	0	1	1	2
6	Pregunta 6. NGA 6	1	1	1	3
7	Pregunta 1. NCB 1	1	1	1	3
8	Pregunta 2. NCB 2	1	1	1	3
9	Pregunta 3. NCB 3	1	1	1	3
10	Pregunta 4. NCB 4	1	1	1	3
11	Pregunta 5. NCB 5	0	1	1	2
12	Pregunta 6. NCB 6	1	1	1	3
13	Pregunta 1. PCM 1	1	1	1	3
14	Pregunta 2. PCM 2	1	1	1	3
15	Pregunta 3. PCM 3	1	1	1	3
16	Pregunta 4. PCM 4	1	1	1	3
17	Pregunta 5. PCM 5	1	1	1	3
18	Pregunta 1. PROD.OP.1	1	1	1	3
19	Pregunta 1. PROD.OPT.I.1	1	1	1	3
20	Pregunta 2. PROD.GOI.1-2	1	0	1	2
Total		18	19	20	57

#### Prueba binomial

		Categoría	N	Prop. observada	Prop. de prueba	Significación exacta (bilateral)
Experto1.JE	Grupo 1	SI	18	,90	,50	,000
	Grupo 2	NO	2	,10		
	Total		20	1,00		
Experto2.JE	Grupo 1	SI	19	,95	,50	,000
	Grupo 2	NO	1	,05		
	Total		20	1,00		
Experto3.JE	Grupo 1	SI	20	1,00	,50	,000
	Total		20	1,00		

La prueba binomial para el juicio de expertos, indica que el instrumento de medición es válido en su contenido, porque se encuentra en la región de aceptación ( $p$ -valor = 0.000 < 0.05).

## Anexo 4. Instrumento de recolección de datos

### Cuestionario sobre la aplicación de lean construction y productividad.

#### Objetivos e instrucciones:

A continuación usted encontrará un conjunto de 20 preguntas que están relacionados sobre la utilización de las técnicas de Lean Construction y la productividad en obra, marque con (X) en la hoja de respuesta de manera libre y directa la que considere más conveniente de acuerdo a la escala de valorización, es imprescindible para la investigación que las respuestas se basen en la realidad de la empresa.

Escala de valorización					
Calificación	Nunca	Casi Nunca	A veces	Casi Siempre	Siempre
Índice	1	2	3	4	5
Rango	[0 - 5]	[6 - 10]	[11 - 13]	[14 - 17]	[18 - 20]

Es importante destacar que el cuestionario es estrictamente anónimo, es decir, no debe colocar su nombre o el de la empresa encuestada, solo se solicitará determinada información con fines de la investigación. La información proporcionada será manejada en estricta confidencialidad y utilizada con fines académicos.

Gracias por dedicarle su valioso tiempo a este valioso instrumento de investigación. Por favor, tener presentes las siguientes nomenclaturas.

TP: Trabajo productivo (actividades que agregan valor).

TC: Trabajo contributorio (actividades de soporte).

TNC: Trabajo no contributorio (perdidas).

Ítem	Preguntas	Puntuación				
		1	2	3	4	5
	<b>DIMENSIÓN 1: Nivel general de actividad (NGA)</b>					
1	¿Se mide la productividad actual de las actividades de construcción mediante el nivel general de actividad?	1	2	3	4	5
2	¿Se elabora fichas diseñados para el muestreo de datos de las tres principales categorías de trabajo productivo, contributorio y no contributorio?	1	2	3	4	5
3	¿Se realiza la tabulación de las mediciones para la obtención de la estadística sobre las pérdidas más frecuentes en cada uno de los procesos constructivos?	1	2	3	4	5
4	¿Se identifica los porcentajes de pérdidas mediante la descomposición del trabajo contributorio y no contributorio para su evaluación y reducir las actividades que no generen valor?	1	2	3	4	5
5	¿Se analiza la información y se proponen mejoras para reducir las pérdidas en las actividades del trabajo contributorio y no contributorio?	1	2	3	4	5

6	¿Se aplican las mejoras y se hace el seguimiento realizando nuevas mediciones para evaluar la efectividad de la estrategia, realizando la mejora continua del proceso?	1	2	3	4	5
<b>DIMENSIÓN 2: Nivel de carta de balance (NCB)</b>						
7	¿Se analiza la eficiencia del método constructivo de la actividad mediante la carta de balance de cuadrilla?	1	2	3	4	5
8	¿Se elabora fichas diseñadas para el muestreo de la actividad identificando las tres categorías de trabajo productivo, contributorio y no contributorio?	1	2	3	4	5
9	¿Se registra y tabula las condiciones reales de trabajo de los recursos para la identificación de las pérdidas más frecuentes de la actividad?	1	2	3	4	5
10	¿Se descompone la cuadrilla por trabajo contributorio y no contributorio para reducir las actividades que no generen valor?	1	2	3	4	5
11	¿Se analiza la información y se plantean las mejoras de la actividad estudiada para reducir las pérdidas del trabajo contributorio y no contributorio?	1	2	3	4	5
12	¿Se aplica las mejoras y se realiza el seguimiento con nuevas mediciones del muestreo del trabajo para evaluar la efectividad, realizando la mejora continua del proceso?	1	2	3	4	5
<b>DIMENSIÓN 3: Prueba de los cinco minutos (PCM)</b>						
13	¿Se analiza el control del método constructivo de la actividad mediante la prueba de cinco minutos?	1	2	3	4	5
14	¿Se elabora formatos y registro de los tiempos de los trabajo productivo, contributorio y no contributorio de la actividad a medir?	1	2	3	4	5
15	¿Se cuantifica los tiempos productivos o de pérdidas, analizando cuáles son las frecuencias de las causas de estos tiempos?	1	2	3	4	5
16	¿Se realiza la mejora mediante iteraciones de medición y análisis de los datos, procurando disminuir o eliminar los tiempos contributivos y no contributivos de cada actividad?	1	2	3	4	5
17	¿Se realiza la mejora mediante iteraciones de medición y análisis de los datos, procurando disminuir o eliminar los tiempos contributivos y no contributivos de cada actividad?	1	2	3	4	5
18	¿Se realiza el control y seguimiento de las mejoras propuestas de la actividad?	1	2	3	4	5
<b>DIMENSIÓN 4: Promedio general de productividad en obras Peruanas</b>						
18	¿Se compara el índice de nivel general de obra (NGA) con los porcentajes estadístico de productividad por categoría de trabajo (TP=28%, TC=36% y TNC=36%) a nivel nacional (Ghio, 2001)?	1	2	3	4	5
<b>DIMENSIÓN 5: Promedio óptimo de productividad en obras a nivel internacional</b>						
19	¿Se compara el índice de nivel general de obra (NGA) con los estándares óptimos de productividad por categoría de trabajo (TP=60%, TC=25% y TNC=15%) para la industria de la construcción (Serpell, 2002)?	1	2	3	4	5
<b>DIMENSIÓN 6: Promedio general de productividad en obras a nivel internacional</b>						
20	¿Se compara el índice de nivel general de obra (NGA) con los estándares internacionales de productividad por categoría de trabajo de obras Chilenas TP=38%, TC=36% y TNC=26%, (Serpell, 2002) y de obras Colombianas TP=49%, TC=28% y TNC=23%, (Botero, 2002)?	1	2	3	4	5

### Anexo 5. Matriz de datos pre test y post test

#### Matriz de valores en base a los resultados del Pre-test (Grupo de control)

Item	Preguntas	Escala de valores										GRUPO DE CONTROL	
		Pre Test Control					Post Test Control					Pre Test Control	Post Test Control
1	Pregunta 1. NGA 1	X	2	3	4	5	1	2	X	4	5	1	3
2	Pregunta 2. NGA 2	1	2	3	X	5	1	2	3	X	5	4	4
3	Pregunta 3. NGA 3	1	X	3	4	5	1	X	3	4	5	2	2
4	Pregunta 4. NGA 4	1	X	3	4	5	1	X	3	4	5	2	2
5	Pregunta 5. NGA 5	1	2	X	4	5	1	2	X	4	5	3	3
6	Pregunta 6. NGA 6	1	2	X	4	5	1	2	X	4	5	3	3
7	Pregunta 1. NCB 1	X	2	3	4	5	1	2	X	4	5	1	3
8	Pregunta 2. NCB 2	1	2	3	X	5	1	2	3	X	5	4	4
9	Pregunta 3. NCB 3	1	X	3	4	5	1	X	3	4	5	2	2
10	Pregunta 4. NCB 4	1	X	3	4	5	1	2	X	4	5	2	3
11	Pregunta 5. NCB 5	1	2	X	4	5	1	2	X	4	5	3	3
12	Pregunta 6. NCB 6	1	2	X	4	5	1	2	X	4	5	3	3
13	Pregunta 1. PCM 1	X	2	3	4	5	1	X	3	4	5	1	2
14	Pregunta 2. PCM 2	1	2	3	X	5	1	2	3	X	5	4	4
15	Pregunta 3. PCM 3	1	X	3	4	5	1	2	X	4	5	2	3
16	Pregunta 4. PCM 4	1	2	X	4	5	1	2	X	4	5	3	3
17	Pregunta 4. PCM 5	1	2	X	4	5	1	2	X	4	5	3	3
18	Pregunta 1. PROD.OPT.I.1	1	2	X	4	5	1	2	3	X	5	3	4
19	Pregunta 1. PROD.GOI.1	1	X	3	4	5	1	2	X	4	5	2	3
20	Pregunta 2. PROD.GOI.1-2	X	2	3	4	5	X	2	3	4	5	1	1

Muestra (grupo control): 6 (2 maestros de obra y 4 capataces)

Encuesta	Nivel General de Actividad (NGA)		Nivel Carta Balance (NCB)		Prueba de Cinco Minutos (PCM)		Productividad (P)	
	Pre Test Control	Post Test Control	Pre Test Control	Post Test Control	Pre Test Control	Post Test Control	Pre Test Control	Post Test Control
1	1	3	1	3	1	2	3	4
2	4	4	4	4	4	4	2	3
3	2	2	2	2	2	3	1	1
4	2	2	2	3	3	3	3	2
5	3	3	3	3	3	3	3	3
6	3	3	3	3	2	1	4	3

**Matriz de valores en base a los resultados del Post-test  
(Grupo experimental)**

Item	Preguntas	Escala de valores										GRUPO EXPERIMENTAL	
		Pre Test Expimental					Post Test Experimental					Pre Test Experimental	Post Test Experimental
1	Pregunta 1. NGA 1	1	2	X	4	5	1	2	3	4	X	3	5
2	Pregunta 2. NGA 2	1	2	3	X	5	1	2	3	X	5	4	4
3	Pregunta 3. NGA 3	1	X	3	4	5	1	2	X	4	5	2	3
4	Pregunta 4. NGA 4	1	X	3	4	5	1	2	X	4	5	2	3
5	Pregunta 5. NGA 5	1	2	X	4	5	1	2	3	X	5	3	4
6	Pregunta 6. NGA 6	1	2	X	4	5	1	2	3	X	5	3	4
7	Pregunta 1. NCB 1	1	2	X	4	5	1	2	3	4	X	3	5
8	Pregunta 2. NCB 2	1	2	3	X	5	1	2	3	X	5	4	4
9	Pregunta 3. NCB 3	1	X	3	4	5	1	2	3	X	5	2	4
10	Pregunta 4. NCB 4	1	X	3	4	5	1	2	X	4	5	2	3
11	Pregunta 5. NCB 5	1	2	X	4	5	1	2	3	4	X	3	5
12	Pregunta 6. NCB 6	1	2	X	4	5	1	2	3	4	X	3	5
13	Pregunta 1. PCM 1	1	2	X	4	5	1	2	3	X	5	3	4
14	Pregunta 2. PCM 2	1	2	3	X	5	1	2	3	X	5	4	4
15	Pregunta 3. PCM 3	1	X	3	4	5	1	2	X	4	5	2	3
16	Pregunta 4. PCM 4	1	2	X	4	5	1	2	3	4	X	3	5
17	Pregunta 4. PCM 5	1	2	X	4	5	1	2	3	4	X	3	5
18	Pregunta 1. PROD.OP.1	1	2	X	4	5	1	2	3	X	5	3	4
19	Pregunta 1. PROD.OPT.I.1	1	2	3	X	5	1	2	3	4	X	4	5
20	Pregunta 2. PROD.GOI.1-2	X	2	3	4	5	1	2	X	4	5	1	3

Muestra (grupo experimetnal): 6 (personal técnico: 2 residentes de obra, 2 asistentes de obra, 2 ing. campo)

Encuesta	Nivel General de Actividad (NGA)		Nivel Carta Balance (NCB)		Prueba de Cinco Minutos (PCM)		Productividad (P)	
	Pre Test Experimental	Post Test Experimental	Pre Test Experimental	Post Test Experimental	Pre Test Experimental	Post Test Experimental	Pre Test Experimental	Post Test Experimental
1	3	5	3	5	3	4	3	4
2	4	4	4	4	4	4	4	5
3	2	3	2	4	2	3	1	3
4	2	3	2	3	3	5	2	3
5	3	4	3	5	3	5	2	4
6	3	4	3	5	2	4	1	4

### Anexo 6. Percentiles de la distribución t de Student - grados de libertad.

$n$	$t_{0.995}$	$t_{0.990}$	$t_{0.975}$	$t_{0.950}$	$t_{0.900}$	$t_{0.800}$	$t_{0.750}$	$t_{0.700}$	$t_{0.600}$	$t_{0.550}$
1	63.655898	31.820964	12.706150	6.3137486	3.0776846	1.3763815	1.0000008	0.7265430	0.3249193	0.1583845
2	9.9249883	6.9645466	4.3026557	2.9199873	1.8856190	1.0606595	0.8164966	0.6172138	0.2886748	0.1421336
3	5.8408477	4.5407069	3.1824493	2.3533630	1.6377453	0.9784719	0.7648919	0.5843901	0.2766706	0.1365981
4	4.6040805	3.7469363	2.7764509	2.1318465	1.5332057	0.9409644	0.7406970	0.5686491	0.2707225	0.1338304
5	4.0321174	3.3649303	2.5705776	2.0150492	1.4758848	0.9195435	0.7266868	0.5594296	0.2671811	0.1321752
6	3.7074278	3.1426680	2.4469136	1.9431809	1.4397551	0.9057032	0.7175584	0.5533809	0.2648346	0.1310758
7	3.4994810	2.9979492	2.3646226	1.8945775	1.4149236	0.8960296	0.7111419	0.5491097	0.2631668	0.1302931
8	3.3553806	2.8964678	2.3060056	1.8595483	1.3968156	0.8888901	0.7063863	0.5459339	0.2619208	0.1297076
9	3.2498428	2.8214345	2.2621589	1.8331139	1.3830288	0.8834036	0.7027222	0.5434799	0.2609556	0.1292528
10	3.1692616	2.7637725	2.2281392	1.8124615	1.3721842	0.8790573	0.6998118	0.5415279	0.2601848	0.1288902
11	3.1058153	2.7180795	2.2009863	1.7958837	1.3634303	0.8755296	0.6974449	0.5399374	0.2595561	0.1285940
12	3.0545380	2.6809903	2.1788128	1.7822867	1.3562180	0.8726090	0.6954826	0.5386175	0.2590326	0.1283473
13	3.0122828	2.6503039	2.1603682	1.7709317	1.3501722	0.8701511	0.6938296	0.5375040	0.2585909	0.1281387
14	2.9768489	2.6244925	2.1447886	1.7613092	1.3450313	0.8680547	0.6924171	0.5365519	0.2582124	0.1279608
15	2.9467265	2.6024827	2.1314509	1.7530510	1.3406054	0.8662448	0.6911966	0.5357288	0.2578849	0.1278062
16	2.9207877	2.5834925	2.1199048	1.7458842	1.3367571	0.8646668	0.6901325	0.5350103	0.2575990	0.1276715
17	2.8982322	2.5669397	2.1098185	1.7396064	1.3333795	0.8632787	0.6891946	0.5343776	0.2573472	0.1275521
18	2.8784416	2.5523786	2.1009237	1.7340631	1.3303907	0.8620486	0.6883636	0.5338154	0.2571232	0.1274464
19	2.8609429	2.5394820	2.0930247	1.7291313	1.3277281	0.8609504	0.6876212	0.5333141	0.2569232	0.1273520
20	2.8453360	2.5279769	2.0859625	1.7247180	1.3253407	0.8599648	0.6869544	0.5328627	0.2567424	0.1272667
21	2.8313661	2.5176450	2.0796142	1.7207435	1.3231875	0.8590746	0.6863525	0.5324551	0.2565798	0.1271900
22	2.8187605	2.5083227	2.0738753	1.7171442	1.3212366	0.8582663	0.6858050	0.5320851	0.2564320	0.1271201
23	2.8073373	2.4998735	2.0686548	1.7138700	1.3194608	0.8575296	0.6853065	0.5317474	0.2562967	0.1270564
24	2.7969509	2.4921610	2.0638981	1.7108823	1.3178351	0.8568554	0.6848495	0.5314382	0.2561734	0.1269979
25	2.7874376	2.4851033	2.0595371	1.7081402	1.3163458	0.8562358	0.6844300	0.5311540	0.2560597	0.1269444
26	2.7787246	2.4786277	2.0555308	1.7056163	1.3149725	0.8556651	0.6840429	0.5308914	0.2559545	0.1268950
27	2.7706847	2.4726614	2.0518291	1.7032880	1.3137037	0.8551376	0.6836854	0.5306492	0.2558579	0.1268489
28	2.7632632	2.4671408	2.0484094	1.7011303	1.3125259	0.8546476	0.6833528	0.5304241	0.2557675	0.1268063
29	2.7563874	2.4620203	2.0452308	1.6991271	1.3114345	0.8541917	0.6830442	0.5302144	0.2556840	0.1267665
30	2.7499846	2.4572637	2.0422704	1.6972604	1.3104159	0.8537677	0.6827554	0.5300194	0.2556055	0.1267296
40	2.7044553	2.4232577	2.0210746	1.6838521	1.3030763	0.8506993	0.6806727	0.5286057	0.2550388	0.1264618
50	2.6777889	2.4032670	2.0085599	1.6759054	1.2987130	0.8488689	0.6794278	0.5277604	0.2546994	0.1263015
100	2.6258931	2.3642133	1.9839717	1.6602348	1.2900750	0.8452309	0.6769511	0.5260762	0.2540219	0.1259809
120	2.6174166	2.3578286	1.9799290	1.6576496	1.2886460	0.8446273	0.6765401	0.5257965	0.2539093	0.1259275
200	2.6006273	2.3451321	1.9718937	1.6525087	1.2857981	0.8434222	0.6757182	0.5252377	0.2536842	0.1258206
500	2.5856934	2.3338271	1.9647177	1.6479066	1.2832470	0.8423410	0.6749804	0.5247352	0.2534819	0.1257251
999	2.5807640	2.3300890	1.9623440	1.6463810	1.2823989	0.8419812	0.6747354	0.5245681	0.2534148	0.1256933
$\infty$	2.5758345	2.3263419	1.9599611	1.6448530	1.2815508	0.8416214	0.6744904	0.5244010	0.2533466	0.1256615

El último renglón ( $\infty$  grados de libertad) corresponde a la distribución normal estándar

## Anexo 7. Definición de términos

**Calidad:** Es el conjunto de características o especificaciones de un producto que determina el grado de satisfacción cumpliendo las exigencias de un cliente.

**Cliente:** Agente que requiere un producto para cubrir una necesidad.

**Valor:** Es todo aquel que ayude a alcanzar sus objetivos, también este término es definido por el cliente y generado por el constructor.

**Flujo de trabajo:** Es el movimiento de información y materiales a través de la red de unidades de producción.

**Pérdidas:** Es toda aquella actividad que tiene un costo, pero que no le agrega valor al producto y por tanto innecesario.

**Productividad:** Es la relación entre lo producido y lo gastado en ello. Donde productividad es igual a cantidad producida entre los recursos empleados.

**Trabajo productivo (TP):** Acción de un trabajador o una actividad que agrega valor, y este se ve reflejado en el producto final.

**Trabajo contributivo (TC):** Trabajo de apoyo que debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo pero que no agrega valor al producto.

**Trabajo no contributivo (TNC):** Cualquier actividad que no agrega valor al producto. Son actividades que no son necesarias y tienen un costo.

**Ejecutor:** Persona o conjunto de personas que realizan una tarea.

**Partida:** Conjunto de procesos agrupados con la finalidad de llevar un control de costos y ejecución de un proyecto.

**Cuadrilla:** Grupo pequeño de trabajadores destinados a cumplir una tarea específica en la construcción.

## **Anexo 8. Artículo Científico**

### **Aplicación de lean construction para mejorar la productividad en la ejecución de obras de edificación, Huancavelica, 2017.**

Raúl Ernesto, Quispe Mitma

raul.eqm@gmail.com

Universidad Cesar Vallejo (Lima – Perú)

#### **Resumen**

El proyecto de investigación, tiene como objetivo determinar la influencia de la aplicación de las técnicas de Lean Construction en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017, la investigación es de tipo explicativo; corte transversal; tipo de estudio experimental; diseño cuasi experimental; se ha empleado una población muestral no probabilístico conformado por dos grupos, a los cuales se les aplico mediante técnica de la encuesta, a través de un cuestionario con 20 preguntas dirigidas, de manera adecuada a la realidad de la población en estudio, la recolección de datos se aplicó la técnica de la observación de campo y el análisis de documentación.

Para efectos de contrastar las hipótesis formuladas se aplicó la prueba de t student para muestras independiente, se determinó que si existe influencia estadísticamente significativa de la técnica nivel general de actividad, nivel de carta de balance, la prueba de los cinco minutos.

#### ***Palabras clave***

*Productividad, Lean Construcción.*

#### **Abstract**

The research project aims to determine the influence of the application of Lean Construction techniques on productivity during the execution of building works in the Huancavelica area in the period 2017, the research is of an explanatory nature; cross-section; type of experimental study; quasi-experimental design; a non-probabilistic sample population consisting of two groups was used, to which they were applied by means of the survey technique, through a questionnaire with 20 questions addressed, in a manner appropriate to the reality of the population

under study, the collection of Data was applied field observation technique and documentation analysis.

For the purposes of testing the hypotheses formulated, the student t-test for independent samples was applied; it was determined that if there is a statistically significant influence of the technique, the general level of activity, the level of the balance sheet, the test of the five minutes.

**keywords**

*Productivity, Lean Construction.*

## **1. Introducción**

### **1.1. Fundamentación científica**

***Principios de lean construction.***

Koskela (1992) explica que la filosofía Lean Construction, propone una base de estudio de nueve principios claves para el correcto control y la administración de la producción los cuales son:

1. Reducir las actividades que no agregan valor (Koskela, 1994).
2. Incrementar el valor del producto a través de la consideración sistemática de los requerimientos del cliente.
3. Reducir la variabilidad.
4. Reducir el tiempo del ciclo.
5. Simplificar mediante minimización de pasos y partes.
6. Incrementar la transparencia en los procesos.
7. Enfocar el control al proceso completo.
8. Introducir el mejoramiento continuo de los procesos.
9. Referenciar permanentemente los procesos (Benchmarking)

### **1.2. Fundamentación técnica.**

**Productividad en la construcción.**

Serpell (2002), explica que la “productividad es una medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un producto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado” (p. 29).

***Mejoramiento de productividad en la construcción.***

Botero y Álvarez (2004), propusieron que teniendo en cuenta los factores que inciden negativamente en la productividad, se recomienda seguir el ciclo de

mejoramiento de la productividad.

- *Medición de la productividad*, toma de datos y procesamiento.
- *Evaluación de la productividad*, diagnosticar la situación de la obra.
- *Implementación de planos de mejoramiento*, formulando las acciones de mejoramiento, con seguimiento para evaluar la eficacia y los resultados.

### **1.3. Problema**

#### **Problema general.**

¿De qué manera influye la aplicación de las técnicas de lean construction en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017?

#### **Problemas específicos.**

- ¿De qué manera influye la aplicación del nivel general de actividad de obra, en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017?
- ¿De qué manera influye la aplicación del nivel de carta de balance de cuadrilla, en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017?
- ¿De qué manera influye la aplicación de la prueba de los cinco minutos, en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017?

### **1.4. Objetivos**

#### **Objetivo General.**

Determinar la influencia de la aplicación de las técnicas de lean construction en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017.

#### **Objetivos Específicos.**

- Determinar la influencia de la aplicación del nivel general de actividad de obra, en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017.
- Determinar la influencia de la aplicación del nivel de carta de balance de cuadrilla, en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017.

- Determinar la influencia de la aplicación de la prueba de los cinco minutos, en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017.

## 2. Metodología

### 2.1. Tipos de estudio

El presente estudio es del tipo experimental, de corte transversal, porque son estudios que se realizan con la manipulación de la variable independiente, ejerciendo el máximo control. (Hernández, 2010).

### 2.2. Diseño

El diseño es cuasi experimental. Según Oseda (2011, p. 216) diagrama:

Esquema:                      GE: O<sub>1</sub>   X   O<sub>2</sub>  
    GC: O<sub>1</sub>        O<sub>2</sub>

Dónde:

GE: Grupo experimental                      GC: Grupo control

O<sub>1</sub>: Medición del pre test.                      O<sub>2</sub>: Medición del post test.

X: Manipulación de la variable independiente (técnicas de lean construction).

### 2.3. Población, muestra y muestreo

**Población:** Conformado por 12 personas de una empresa constructora de edificación en el Departamento de Huancavelica.

**Muestra:** Muestreo no probabilístico, conformado por 6 personal técnico (G.E.) y 6 mando medio (G.C.).

### 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

**Técnicas:** Encuesta y observación.

**Instrumentos:** Cuestionario y ficha de observación.

### 2.5. Métodos de análisis de datos

El contraste de las hipótesis se efectúa la prueba t student para muestras independientes.

## 3. Resultados

### 3.1. Resultados del pre y post test del grupo de control y experimental.

Según la Tabla 1 y Figura 1, se muestra los resultados del consolidado para la comparación del pre y post test; del grupo de control, la variación no es estadísticamente significativa.



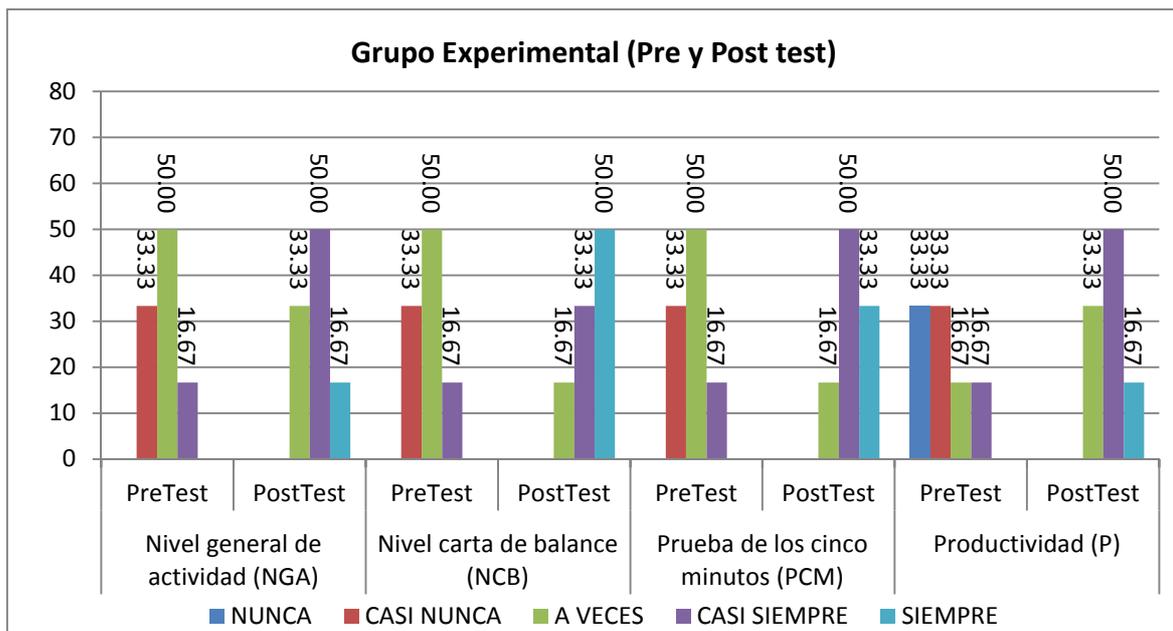


Figura 2. Consolidado de frecuencias del grupo experimental (pre y post test)

Según la Tabla 2 y Figura 2, se muestra los resultados del consolidado para la comparación del pre y post test del grupo experimental; aplicada las propuestas de mejora, se muestra una variación estadísticamente significativa en el post test para las tres dimensiones comprobando las hipótesis del investigador.

### 3.2. Comprobación de hipótesis específicas.

Tabla 3

*Prueba t student para muestras independientes del post test (grupo experimental)*

		Prueba de Levene de calidad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
PreTest_NivelGeneralActividad	Se asumen varianzas iguales	1.000	0.341	-0.632	10	0.541	-0.333	0.527	-1.508	0.841
	No se asumen varianzas iguales			-0.632	9.071	0.543	-0.333	0.527	-1.524	0.858
PostTest_NivelGeneralActividad	Se asumen varianzas iguales	0.000	1.000	-2.301	10	<b>0.044</b>	-1.000	0.435	-1.968	-0.032
	No se asumen varianzas iguales			-2.301	10.000	0.044	-1.000	0.435	-1.968	-0.032
PreTest_NivelCartaBalance	Se asumen varianzas iguales	1.000	0.341	-0.632	10	0.541	-0.333	0.527	-1.508	0.841
	No se asumen varianzas iguales			-0.632	9.071	0.543	-0.333	0.527	-1.524	0.858
PostTest_NivelCartaBalance	Se asumen varianzas iguales	1.667	0.226	-3.162	10	<b>0.010</b>	-1.333	0.422	-2.273	-0.394
	No se asumen varianzas iguales			-3.162	9.412	0.011	-1.333	0.422	-2.281	-0.386
PreTest_PruebaCincoMinutos	Se asumen varianzas iguales	1.000	0.341	-0.632	10	0.541	-0.333	0.527	-1.508	0.841
	No se asumen varianzas iguales			-0.632	9.071	0.543	-0.333	0.527	-1.524	0.858
PostTest_PruebaCincoMinutos	Se asumen varianzas iguales	0.552	0.475	-2.875	10	<b>0.017</b>	-1.500	0.522	-2.663	-0.337
	No se asumen varianzas iguales			-2.875	9.143	0.018	-1.500	0.522	-2.677	-0.323

Mediante el estadístico la prueba t de student para muestras independientes, se contrastó la hipótesis general y se obtuvo el siguiente resultado del post test del grupo experimental.

Se muestra la Tabla 3, los valores del p-valor resulta menor al nivel de significancia ( $p\text{-valor} < \alpha=0.05$ ); entonces se acepta hipótesis alternativa; se concluye que la aplicación de las técnicas de lean construction influye significativamente en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017.

#### 4. Conclusiones

Se concluye con respecto a las hipótesis formuladas:

- Se comprueba la hipótesis específica número 1, 2 y 3 que la aplicación de las técnicas de lean construction, si influye significativamente en la productividad.

#### 5. Referencias

- Botero y Álvarez (2004) Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda (lean construction como estrategia de mejoramiento). *Revista Universidad EAFIT N° 130*, 50-64.
- Botero L. (2006). *Construcción sin perdidas: Análisis de procesos y filosofía Lean Construcción*. (2ª Ed.). Colombia: LEGIS S.A.
- Ghio, V. (2000). *Diagnóstico y evaluación de la productividad en la construcción de obras en Lima Metropolitana*. Lima: Fondo Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Ghio, V. (2001). *Productividad en obras de construcción: Diagnostico, crítica y propuesta*. Lima: Fondo Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Hernández, Fernández y Baptista (2010). *Metodología de la Investigación*. (5ª Ed.). México: Mc Graw-Hill.
- Koskela, L. (1992). Application of the New Production Philosophy to Construction. *Technical Report No. 72, Center for integrated facility engineering CIFE. Department of civil, Stanford University, (1), 75.*