

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**“EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN TÉCNICA Y SU RELACIÓN CON  
LA PRODUCTIVIDAD Y EFICIENCIA EN LA EJECUCIÓN EN OBRAS  
DE CONSTRUCCIÓN VIAL EN LA CIUDAD DE PUNO, EJECUTADAS  
POR LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PUNO-2019”**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**ANTHONY SAMUEL ARDILES HERRERA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**PUNO – PERÚ**

**2020**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN TÉCNICA Y SU RELACIÓN CON  
LA PRODUCTIVIDAD Y EFICIENCIA EN LA EJECUCIÓN EN OBRAS  
DE CONSTRUCCIÓN VIAL EN LA CIUDAD DE PUNO, EJECUTADAS  
POR LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PUNO-2019”**

**TESIS PRESENTADA POR:**

ANTHONY SAMUEL ARDILES HERRERA

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:**

INGENIERO CIVIL

**APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:**



**PRESIDENTE :** \_\_\_\_\_  
ING. GUILLERMO NESTOR FERNANDEZ SILA

**PRIMER MIEMBRO :** \_\_\_\_\_  
ING. JOSE LUIS CUTIPA ARAPA

**SEGUNDO MIEMBRO :** \_\_\_\_\_  
ING. GLENY ZOILA DE LA RIVA TAPIA

**DIRECTOR / ASESOR :** \_\_\_\_\_  
DR. SAMUEL HUAQUISTO CACERES

**Área :** Construcciones

**Tema :** Productividad en ejecución de Obras

**Línea de investigación:** Construcciones y Gerencia

## DEDICATORIA

*A mi familia, a mi padre por su apoyo incondicional, a mi hijito por darme fuerza y ánimo para continuar este camino, a mi madre por su apoyo, a mi hermano, y a mi mamá Dorita por ser esa imagen de amor y respeto.*

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco a Dios, por todas las cosas buenas de mi vida, entre ellas este Logro. A mis padres Marco y Marianela, a mi mamá María por sus oraciones, a mi hijo Adriano.*

*Agradezco también, a todas las personas que me apoyaron en algún momento de mi vida, entre ellas a mis tías Amparo y Magda Ardiles, a la señora Susana, a Marycruz y a Luz Anyela. Así también a los docentes de nuestra Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por sus enseñanzas.*

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS .....	6
ÍNDICE DE TABLAS .....	8
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS .....	9
RESUMEN .....	10
ABSTRACT .....	11
CAPÍTULO I .....	12
1. INTRODUCCIÓN .....	12
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	12
1.2. PROBLEMA GENERAL .....	14
1.3. OBJETIVOS .....	14
1.3.1. OBJETIVO GENERAL .....	14
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
1.4. HIPÓTESIS .....	15
1.4.1. HIPÓTESIS GENERAL .....	15
1.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS .....	15
CAPÍTULO II .....	16
2. REVISIÓN DE LITERATURA .....	16
2.1. ANTECEDENTES .....	16
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES .....	16
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES .....	18
2.2. MARCO TEÓRICO .....	20
2.2.1. PRODUCTIVIDAD .....	20
2.2.2. VARIABILIDAD .....	24
2.2.3. CURVA DE APRENDIZAJE .....	25
2.2.4. METODOLOGÍA LEAN .....	27
2.2.5. MODELO DE CONVERSIÓN DE PROCESOS VERSUS MODELO DE FLUJO DE PROCESOS .....	27
2.2.6. CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDAS (LEAN CONSTRUCTION) .....	33
2.2.7. TEORÍA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR (LAST PLANNER) .....	35
2.2.8. PLANIFICACIÓN MAESTRA .....	40
2.2.9. LÍNEAS DE BALANCE .....	41
2.2.10. LOOK AHED PLANNING .....	43
2.2.11. PROGRAMACIÓN SEMANAL .....	44

2.2.12. PROGRAMACIÓN DIARIA .....	45
2.2.13. LA TEORÍA DE LAS RESTRICCIONES .....	46
2.2.14. SECTORIZACIÓN .....	47
2.2.15. TREN DE ACTIVIDADES .....	48
2.2.16. BUFFERS .....	49
2.2.17. DIMENSIONAMIENTO DE CUADRILLAS MEDIANTE CIRCUITO FIEL	51
2.2.18. NIVEL GENERAL DE ACTIVIDAD .....	55
2.2.19. NORMATIVA DEL RÉGIMEN DE CONSTRUCCIÓN CIVIL .....	58
CAPÍTULO III .....	62
3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	62
3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	62
3.2. TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN .....	70
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA .....	70
3.4. INSTRUMENTOS .....	72
CAPÍTULO IV .....	75
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	75
4.1. NIVEL DE GESTIÓN DE LAS OBRAS EVALUADAS .....	75
4.2. PRODUCTIVIDAD EN LAS OBRAS EVALUADAS .....	77
4.3. INCIDENCIA DE LA MANO DE OBRA EN EL PRESUPUESTO .....	103
4.4. RELACIÓN DEL TIPO DE GESTIÓN CON EL NIVEL DE PRODUCTIVIDAD .....	106
4.5. RELACIÓN DEL TIPO DE GESTIÓN CON LA EFICIENCIA EN EL EMPLEO DE MANO DE OBRA .....	110
CAPÍTULO V .....	113
5. CONCLUSIONES .....	113
CAPÍTULO VI .....	115
6. RECOMENDACIONES .....	115
CAPÍTULO VII .....	117
7. REFERENCIAS .....	117
ANEXOS .....	120

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Cuadrante de eficiencia y eficacia.</i> .....	21
<i>Figura 2: Principales categorías de pérdidas de productividad.</i> .....	22
<i>Figura 3: Tabla de porcentaje de actividades predecesoras.</i> .....	25
<i>Figura 4: Tiempo requerido para fabricación de partes de avión.</i> .....	26
<i>Figura 5: Curva de Tiempo de ejecución versus número de repeticiones.</i> .....	26
<i>Figura 6: Modelo de conversión de procesos</i> .....	28
<i>Figura 7: Modelo de flujo de procesos.</i> .....	29
<i>Figura 8: Modelo de transformación clásico.</i> .....	30
<i>Figura 9: Modelo de Flujo</i> .....	31
<i>Figura 10: Modelo de Flujos eficientes</i> .....	32
<i>Figura 11: Modelo de flujos de procesos eficientes.</i> .....	33
<i>Figura 12: Formulación de las asignaciones con Last Planner</i> .....	36
<i>Figura 13: Diagrama de flujo de planificación Lean, en obras de construcción.</i> ..	37
<i>Figura 14: Formula de porcentaje de plan cumplido.</i> .....	38
<i>Figura 15: Esquema del último planificador.</i> .....	39
<i>Figura 16: Ejemplo de Diagrama Gantt.</i> .....	42
<i>Figura 17: Ejemplo de Líneas de Balance.</i> .....	43
<i>Figura 18: Formato de Look Ahead Plannig.</i> .....	44
<i>Figura 19: Esquema representativo del estudio de restricciones.</i> .....	47
<i>Figura 20: Comparación entre lotes de Producción y Lotes de Transferencia.</i> ....	48
<i>Figura 21: Ejemplo de Tren de actividades.</i> .....	49
<i>Figura 22: Dimensionamiento de cuadrilla con Circuito Fiel.</i> .....	54
<i>Figura 23: Dimensionamiento de cuadrilla con Circuito Fiel N°02</i> .....	55
<i>Figura 24: Planilla de remuneraciones de obreros en la Municipalidad Provincial de Puno 2019</i> .....	69
<i>Figura 25: Ubicación de Obra 02.</i> .....	79
<i>Figura 26: Distribución promedio de la productividad en la Obra 01.</i> .....	81
<i>Figura 27: Distribución de la productividad - Obra 01.</i> .....	81
<i>Figura 28: Distribución de Trabajo productivo – Obra 01.</i> .....	81
<i>Figura 29: Ubicación de Obra 02.</i> .....	82

<i>Figura 30: Distribución promedio de la productividad obra 02.</i> .....	84
<i>Figura 31: Distribución de la productividad – Obra 02</i> .....	84
<i>Figura 32: Distribución del trabajo productivo – Obra 02.</i> .....	85
<i>Figura 33: Ubicación de obra 03</i> .....	86
<i>Figura 34: Distribución promedio de la productividad Obra 03</i> .....	88
<i>Figura 35: Distribución de la productividad - Obra 03</i> .....	88
<i>Figura 36: Distribución del trabajo productivo – Obra 03.</i> .....	89
<i>Figura 37: Ubicación de la Obra 04</i> .....	90
<i>Figura 38: Distribución promedio de la productividad Obra 04</i> .....	92
<i>Figura 39: Distribución de la productividad - Obra 04.</i> .....	92
<i>Figura 40: Distribución del trabajo productivo - Obra 04.</i> .....	93
<i>Figura 41: Ubicación del proyecto 05.</i> .....	94
<i>Figura 42: Distribución promedio de la productividad Obra 05</i> .....	95
<i>Figura 43: Distribución de la productividad - Obra 05.</i> .....	96
<i>Figura 44: Distribución del trabajo productivo - Obra 05</i> .....	96
<i>Figura 45: Ubicación de la Obra 06</i> .....	97
<i>Figura 46: Distribución promedio de la productividad Obra 06.</i> .....	99
<i>Figura 47: Distribución de la productividad - Obra 06.</i> .....	99
<i>Figura 48: Distribución del trabajo productivo - Obra 06</i> .....	100
<i>Figura 49: Niveles de TP en las Obras visitadas.</i> .....	101
<i>Figura 50: Niveles de TC en las Obras visitadas.</i> .....	102
<i>Figura 51: Niveles de TNC en las obras visitadas.</i> .....	102
<i>Figura 52: Incidencia presupuestal-obreros.</i> .....	104
<i>Figura 53: Relación entre gestión técnica y productividad</i> .....	109

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Distribución de Categorías de Trabajo en Perú 2001.</i> .....	23
<i>Tabla 2: Evolución de la productividad en Chile.</i> .....	23
<i>Tabla 3: Evolución de la productividad en Colombia.</i> .....	24
<i>Tabla 4: Formato de Nivel General de Actividad.</i> .....	56
<i>Tabla 5: Resumen de toma de datos NGA.</i> .....	58
<i>Tabla 6: Jornal del personal obrero.</i> .....	59
<i>Tabla 7: Analisis de Costos Unitarios de partida de concreto Obra 02.</i> .....	66
<i>Tabla 8: Incidencia de mano de obra por metrado ejecutado.</i> .....	66
<i>Tabla 9: Control de Asistencia del personal obrero para cálculo de remuneraciones.</i> .....	68
<i>Tabla 10: Cálculo de remuneraciones según planilla de la Municipalidad Provincial de Puno.</i> .....	68
<i>Tabla 11: Relación de Obras Muestreadas.</i> .....	71
<i>Tabla 12: Parámetros de clasificación en la ejecución, control, etc. para determinar el tipo de gestión.</i> .....	74
<i>Tabla 13: Rangos para clasificación según Sistema de Gestión.</i> .....	76
<i>Tabla 14: Evaluación del Nivel de Gestión en la ejecución de las obras.</i> .....	77
<i>Tabla 15: Resultados de la productividad promedio de las Obras evaluadas.</i> ...	100
<i>Tabla 16: Resumen de incidencia en el presupuesto-Obreros.</i> .....	104
<i>Tabla 17: Nivel de Gestión y nivel de productividad por obra.</i> .....	106
<i>Tabla 18: Productividad promedio según Tipo de Gestión.</i> .....	106
<i>Tabla 19: Correlación entre Gestión técnica y productividad.</i> .....	109
<i>Tabla 20: Nivel de gestión y eficiencia.</i> .....	110
<i>Tabla 21: Correlación entre gestión técnica y eficiencia.</i> .....	111

## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

**TP:** Trabajo productivo.

**TC:** Trabajo contributivo.

**TNC:** Trabajo no contributivo.

**NGA:** Nivel General de Actividad.

**LPDS:** Lean Project Delivery System.

**CB:** Carta Balance.

**CPM:** Critical Path Method.

**LCI:** Lean Construction Institute.

**PPC:** Porcentaje de plan cumplido.

**PDM:** Método de diagramas de precedencia.

**PERT:** Técnica de programación, evaluación y revisión.

**LDB:** Método de líneas de balance.

**TOC:** Teoría de Restricciones.

**MPP:** Municipalidad Provincial de Puno.

**ACU:** Análisis de costos unitarios.

**HH:** Horas Hombre.

## RESUMEN

La Ciudad de Puno se encuentra en constante crecimiento y expansión urbana, esto se da de tal manera que varios sectores de la ciudad no cuentan con pavimentos urbanos, siendo este tipo de obras las ejecutadas con mayor frecuencia en nuestra ciudad. El presente trabajo de investigación se realizó con el objetivo de conocer y evaluar la gestión técnica en ejecución, el índice de productividad de la mano, la incidencia en el presupuesto del empleo de mano obra en la ejecución de obras de construcción vial en la ciudad de Puno. Para obtener el nivel gestión de cada obra se realizó encuestas, así como la observación directa por mi persona, de tal manera de que la evaluación sea lo acorde a la realidad en la ejecución de estas obras. Se realizó un muestreo para contabilizar el TP (Trabajo productivo), TC (Trabajo contributorio) y TNP (Trabajo no productivo), de las actividades realizadas en las obras, para ello se empleó herramientas de la filosofía Lean Construction, como lo es el muestreo de actividades con Nivel General de Actividad. Para obtener la incidencia del personal obrero se tomó en cuenta las partidas ejecutadas y el gasto de pago por planilla. El índice de productividad obtenido en la evaluación de las Obra de construcción vial en la ciudad de Puno es de 24.11% en Promedio de todas las obras evaluadas. El nivel de Gestión en las obras de construcción vial en la ciudad de Puno, en 4 obras es del tipo de Gestión IV (Inadecuada Gestión) y en 2 de ellas del tipo Gestión III (Bajo nivel de Gestión). La incidencia de la participación de la mano de Obra en la ejecución de construcción vial en la ciudad de Puno guarda proximidad entre la incidencia de trabajos ejecutados y la planilla de obreros. Se concluye que existe una correlación ( $r - \text{Pearson} = 0.798$ ) positiva y fuerte entre las variables gestión técnica y productividad, además existe una correlación ( $r - \text{Pearson} = -0.155$ ) negativa y escasa entre las variables gestión técnica y eficiencia en el empleo de la mano de obra.

**Palabras Clave:** Productividad, Lean Construction, Nivel de Gestión, Presupuesto.

## ABSTRACT

The Puno City is in constant growth and urban expansion, this occurs in such a way that several sectors of the city do not have urban pavements, being these types of works the most frequently executed in our city. This research work was carried out with the objective of knowing and evaluating the technical management in execution, the index of productivity of the hand, the impact on the budget of the employment of labor in the execution of road construction works in the city of Puno. To obtain the management level of each work, surveys were conducted, as well as direct observation by my person, so that the evaluation is in accordance with the reality in the execution of these works. A sampling was carried out to count the PW (productive work), CW (contributory work) and NPW (non-productive work), of the activities carried out in the works, for this purpose tools of the Lean Construction philosophy were used, such as sampling of activities with General Activity Level. In order to obtain the incidence of the workers' staff, the executed items and the expense of payroll were taken into account. The productivity index obtained in the evaluation of Road Construction Works in the Puno city is 24.11% in Average of all the works evaluated. The level of Management in road construction works in the city of Puno, in 4 works is of the type of Management IV (Inadequate Management) and in 2 of them of the type Management III (Low Level of Management). The incidence of the participation of the workforce in the execution of road construction in the city of Puno is close to the incidence of work performed and the payroll of workers. It is concluded that there is a positive and strong correlation ( $r - \text{Pearson} = 0.798$ ) between the variables technical management and productivity, in addition there is a negative and poor correlation ( $r - \text{Pearson} = -0.155$ ) between the variables technical management and efficiency in the use of workforce.

**Keywords:** Productivity, Lean Construction, Management Level, Budget.

## CAPÍTULO I

### 1. INTRODUCCIÓN

#### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la ejecución de obras es constante, en la gran mayoría, la presencia de carencias en la gestión, planificación y ejecución, ya que no se cumple con el plazo de ejecución ni con el presupuesto de obra, esto entre otros factores, como las fallas en la gestión y distribución de la mano de obra, que es la que presenta el mayor grado de variabilidad en todo proyecto de construcción.

La filosofía Lean construction tiene como principal premisa minimizar o eliminar las pérdidas o desperdicios en la utilización de recursos en la construcción, esta filosofía viene siendo utilizada por grandes empresas a nivel mundial por sus comprobados beneficios en la ejecución de proyectos de construcción. Los tipos de trabajos ejecutados por la mano de obra que pueden ser Productivo (TP), Contributorio (TC), o no Contributorio (TNC), el tercero de estos es considerado como desperdicio o pérdida, dichos trabajos son muestreados en las obras de construcción vial, obteniendo datos reales de como emplea el tiempo la mano de obra en estos proyectos en nuestra ciudad.

La productividad la determina la medición de TP, a manera de índice, como valor numérico que expresa la relación estadística entre varias cantidades referentes a un mismo fenómeno.

Siendo lo que se ha realizado en la presente investigación con formatos que nos ofrece la filosofía Lean para obtener el índice de productividad de la mano de obra en las obras de infraestructura vial en la Ciudad de Puno, que nos permite conocer falencias en la ejecución de este tipo de obras. Si bien es cierto la ejecución de este tipo de obras se

enfrenta a un alto grado de variabilidad en su proceso, no se debe dejar de lado el hecho de saber de que se puede mejorar la ejecución de este tipo de obras, con un control adecuado y una planificación correcta, más allá de que el hecho de ser obras de administración directa, las cuales se enfrentan a otro tipo de dificultades entre ellas trámites burocráticos y logísticos engorrosos. Lo que se propone es que no se deje de lado la mejora de planificación, en este caso con el uso de herramientas que nos ofrece la filosofía Lean. Por ello la necesidad de evaluar el índice de productividad de estas obras, ya que lo que no se mide no se controla y lo que no se controla no se mejora, entonces queda claro que debería implementarse la medición tanto del índice de productividad como otros factores en la ejecución de todas las obras civiles.

Es común en obra, que con la planificación que se realiza, el encargado de la distribución de los recursos es generalmente el maestro de obra y la parte técnica lo que hace es no controlar ni preocuparse por la composición de las cuadrillas ni los procesos constructivos. Este hecho acarrea problemas ya que el maestro de obra, en una obra no tiene la misma capacidad de organización que en otra. Es sabido que por parte del personal obrero en ocasiones hacen actividades, es decir están ocupados haciendo algo todos los días, pero quizás la forma y el orden en que las realizan, ocasiona más pérdida que beneficio; por parte del personal técnico y profesional encargado de obra, comúnmente observa que el personal no avanza según lo esperado, pero sin ofrecer mayor solución respecto a la organización y distribución de los recursos, para mejorar el ritmo de trabajo lo que hacen generalmente es reclamar o presionar al maestro de obra por un mayor avance y este al personal, y no dando mayor solución al problema raíz, suele solucionarse haciendo que el personal se quede horas extras sin mayor remuneración, y también aumentando el número de personal obrero para tratar de cumplir los plazos cuando se ha detectado que al ritmo que se está trabajando no se culminará a tiempo.

Parte fundamental en ejecución de obras es el nivel de gestión y organización por la parte técnica encargada, así como el cumplimiento de los plazos y presupuesto como premisa en toda ejecución. Debiendo llevar tanto el seguimiento y control del avance físico y financiero los cuales se reportan a la entidad en reportes e informes mensuales. Un factor muy importante es el empleo de mano de obra el cual marca el ritmo del avance físico, por ello también debe controlarse la incidencia del personal obrero en el presupuesto, contrastándolo con el avance que se logra con este.

## **1.2. PROBLEMA GENERAL**

¿Cómo se relaciona la gestión técnica con la productividad y eficiencia en la ejecución en obras de construcción vial en la ciudad de Puno, ejecutadas por la Municipalidad Provincial de Puno 2019?

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Describir la relación de la gestión técnica, con la productividad y eficiencia en la ejecución en obras de construcción vial en la ciudad de Puno, ejecutadas por la Municipalidad Provincial de Puno 2019.

### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar el nivel de gestión en la ejecución de las obras de construcción vial en la ciudad de Puno, ejecutadas por la Municipalidad Provincial de Puno 2019.
- Conocer el índice de productividad en las Obras de construcción vial en la ciudad de Puno, ejecutadas por la Municipalidad Provincial de Puno 2019.

- Identificar la eficiencia en el empleo de mano de obra respecto a su incidencia en el presupuesto, en la ejecución de las obras de construcción vial en la ciudad de Puno, ejecutadas por la Municipalidad Provincial de Puno 2019.

## **1.4. HIPÓTESIS**

### **1.4.1. HIPÓTESIS GENERAL**

El nivel de gestión en la ejecución de obras de infraestructura vial en la ciudad de Puno, ejecutadas por la Municipalidad Provincial de Puno-2019, se relaciona directamente con el índice de productividad y la eficiencia en el empleo de la mano de obra.

### **1.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

- El nivel de gestión en la ejecución de obras de construcción vial ejecutadas por la Municipalidad Provincial de Puno 2019, es del nivel inadecuada de gestión
- El índice de Productividad de las obras de construcción vial ejecutadas por la Municipalidad Provincial de Puno 2019, es de baja incidencia.
- La eficiencia en el empleo de mano de obra respecto, a su incidencia en el presupuesto, es deficiente obteniéndose pérdidas respecto al avance físico.

## CAPÍTULO II

### 2. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES

##### 2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Toro (2008) en su tesis para obtener el título de Ingeniero Civil Industrial en la Universidad de Talca (Talca, Chile), titulada: “APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN A UN PROCESO CONSTRUCTIVO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO” tuvo como objetivo General: Proponer la aplicación de herramientas prácticas que permitan monitorear la productividad e identificar pérdidas en los procesos constructivos. Para la realización del estudio, primero se formalizaron los procesos presentes en el sistema constructivo, describiendo y representando gráficamente a cada uno de ellos por medio de cartas de Delineamientos y Diagramas de flujo de Procesos, luego se analizaron las operaciones por medio de Cartas de Balance, y por último se registraron las principales causas que provocaron retrasos o demoras por medio de Planillas de Control. Concluye que se obtuvieron mejoras al formalizar los procesos, además recomienda que se utilicen herramientas de análisis de operaciones para evaluar mejores métodos de trabajo, y que se realice un mejoramiento continuo de los procesos para eliminar o reducir los problemas de detenciones o demoras en el trabajo.

Chacha (2017) en su tesis para obtener el título de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional de Chimborazo (Riobamba, Ecuador), titulada: “DESPERDICIOS (PÉRDIDAS) EN OBRAS VIALES ENFOCADO A LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION” tuvo como objetivo General: Reducir o eliminar las actividades que no agregan valor y optimizar las actividades que sí lo hacen, evidenciándose resultados en una disminución del costo, un aumento de la calidad y una reducción en el plazo de

entrega de las construcciones. Confirmando con los resultados de este estudio que los procesos son afectados por las mismas causas que en otros tipos de proyectos de construcción, aunque en menor porcentaje, pues las obras viales presentan mayor trabajo productivo debido al efecto del sistema de flujo continuo característico de estas obras.

Valencia (2018) en su tesis para obtener el título de Especialista en Gerencia de Empresas Constructoras en la Fundación Universidad de América (Bogotá, Colombia), titulada: “APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN CONSTRUCTION AL SECTOR DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN COLOMBIA” tuvo como objetivo General: Establecer el procedimiento para la implementación de la metodología Lean Construction en el proceso constructivo del sector de infraestructura Vial en Colombia a través de la identificación y mejora de principios Lean para garantizar un producto de calidad y rentabilidad en las empresas y/o proyectos de Colombia. Concluyendo en que a través de la filosofía Lean Construction, se pueden obtener datos reales de producción y toma de medidas oportunas para buscar el logro y mejora en los resultados esperados en los proyectos y de esta manera incrementar el nivel de cumplimiento de las especificaciones técnicas de construcción.

Guamán (2018) en su tesis para obtener el grado de Magister en Ciencias de la Ingeniería con énfasis en Gerencia de la Construcción en la Universidad Central de Ecuador (Quito, Ecuador), titulada: “LA FILOSOFÍA LEAN APLICADA EN LA GERENCIA DE PROYECTOS PARA CONSTRUCCIONES VIALES” tuvo como objetivo General: Minimizar los costos excesivos generados a causa de los tiempos no productivos, ocasionados por la falta de gestión y planificación de los gerentes de las constructoras viales de Ecuador, esto Aplicando la filosofía LEAN en la gerencia de proyectos, para construcciones viales con el fin de lograr la ejecución eficiente de estos. Este proyecto, obtuvo mejoras aplicando el modelo de gestión Lean Project Delivery

System (LPDS), para identificar y evaluar el desarrollo de un proyecto de construcción fortaleciendo los tiempos contributivos y potenciando al máximo los tiempos productivos. Concluyendo con que la filosofía Lean aplicada en la gerencia de proyectos viales, nos garantiza una mejor rentabilidad en dichos proyectos, al minimizar los tiempos no productivos, lo cual permite mejorar la eficiencia y la productividad de cara al futuro.

### **2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES**

Burneo (2013), en su tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil En la Universidad de Piura, titulada: “MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL MANTENIMIENTO RUTINARIO DE UNA CARRETERA APLICANDO FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION” tuvo como objetivo general: Mejorar la productividad en el mantenimiento rutinario en la ejecución de Conservación Vial por Niveles de Servicio de la carretera Sullana-Macará, las pérdidas están ligadas al incumplimiento de los Niveles de servicio, lo que se asocia a problemas de productividad en los procesos. La filosofía Lean Construction ha sido aplicada con éxito en la construcción de edificaciones, sin embargo, en el presente trabajo se aplicó este, concepto de gestión de producción. Concluyendo que con la implementación de la metodología sugerida por lean, se lograron resultados positivos, lo que demuestra la viabilidad de esta filosofía en esta área de trabajo.

Cosi (2017) en su tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil En la Universidad Privada de Tacna (Tacna Perú) titulada: “DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN MEDIANTE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION EN LA CIUDAD DE TACNA” tuvo como objetivo general: Realizar estudios de campo para diagnosticar y evaluar los niveles de productividad de las construcciones, para dar acciones de mejora continua mediante la filosofía Lean Construction de la ciudad de

Tacna. El estudio se enfocó a tres a tres proyectos del sector privado de infraestructura educativa en diferentes etapas de su ejecución. Donde se obtuvo un 41% de trabajo productivo a nivel general que a criterio del autor puede estar hasta un rango de 36%, debido a la información complementaria adquirida durante las mediciones, 34% de trabajo contributivo primordialmente en transporte de material y 25% de trabajo no contributivo que contiene esperas y trabajo rehecho. Concluyendo que se tiene un nivel de productividad con alta pérdida superficial e interna, generando una gran oportunidad para aplicar el modelo propuesto de mejora de la productividad con enfoque en la filosofía Lean.

Vasquez (2018) en su tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil En la Universidad de Huánuco (Huánuco, Perú), titulada: “EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN DEL TIEMPO DE TRABAJO Y PROPUESTA DE MEJORA SEGÚN LA TEORÍA LEAN CONSTRUCTION EN UNA OBRA VIAL DE PISTAS Y VEREDAS, HUÁNUCO, 2018” tuvo como objetivo general: Conocer la composición del tiempo de trabajo en una obra vial de pistas y veredas en el departamento de Huánuco, y elaborar una propuesta de mejora. Propone la utilización y optimización de los recursos empleando la filosofía Lean Construction. Concluyendo en que una vez aplicadas las herramientas de la filosofía Lena Construction se mejoró la productividad cumpliendo con lo planificado por día y semana en las partidas relevantes valorizadas (Concreto) de la obra.

Flores & Ramos (2018), en su tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil En la Universidad Nacional de San Agustín, titulada: “ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD EN OBRAS DE CONSTRUCCIÓN VIAL EN LA CIUDAD DE AREQUIPA” tuvo como objetivo general: Evaluar la productividad y conocer las causas de la baja productividad en las obras de construcción en la ciudad de

Arequipa. Emplean herramientas que sirven para medir la productividad (NGA, Cartas Balance), también muestran la importancia de la gestión de proyectos teniendo como principales herramientas la planificación, calidad y el uso de nuevas tecnologías. Concluyendo que en su investigación se ha encontrado que las obras de infraestructura vial para la ciudad de Arequipa (urbana) se desarrollan con un nivel medio de productividad de 27.7%.

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1. PRODUCTIVIDAD**

La productividad se define como la relación de productos finales obtenidos y los recursos empleados para ese propósito. Ello de tal manera, que una mayor productividad implica una mayor producción empleando la misma cantidad de recursos.

Es importante aclarar que entre producción que se refiere a la actividad de elaborar productos, y productividad hay una notable diferencia ya que esta última se refiere a la eficiencia con que se emplean los recursos para producir. Entonces una mayor producción no necesariamente implica mayor productividad.

Otra manera de definir la productividad es como la combinación de efectividad y eficiencia, ya que la efectividad está relacionada con el desempeño (producto final) y la eficiencia con la utilización de recursos. La efectividad es la capacidad de lograr un efecto deseado o esperado y la eficiencia es la capacidad de lograr el efecto en cuestión con el mínimo de recursos posibles viables. (Flores & Ramos, 2018, pág. 11)

El propósito que debemos tener al buscar una mayor productividad es lograr ser efectivos y eficientes.

Un buen ingeniero de obra debe conocer los factores que afectan la productividad tanto negativamente como positivamente para saber dónde y cómo actuar,

reduciendo o anulando los efectos negativos y promoviendo aquéllos que tienden a mejorar la productividad.



Figura 1: Cuadrante de eficiencia y eficacia.  
Fuente: (Flores & Ramos, 2018)

El efecto de los factores que reducen la productividad puede resumirse en cinco categorías de pérdidas de productividad. (Serpell, 2002, pág. 43).

Algunos ejemplos de factores de pérdida en cada una de estas cinco categorías son los siguientes:

1. Esperas y detenciones: Esperando por materiales, esperando frente, esperando información, etc.
2. Viajes excesivos: demasiados trámites, caminos mal diseñados o poco claros, deficiente distribución de frentes de trabajo, mal cálculo de materiales a emplear.
3. Trabajo lento: obreros poco capacitados, obreros desmotivados, fatiga, clima adverso, exceso de personal, etc.

4. Trabajo inefectivo: cambio continuo de frentes de trabajo del personal, invención de trabajos para mantener ocupado al personal, etc.
5. Trabajo rehecho: reparaciones, fallas en mediciones, cambios de diseño, etc.

Es importante establecer que la productividad incluye la obtención de la calidad requerida para la obra y sus partes. Este aspecto es muy importante, ya que en ocasiones se incentiva la producción, y en su afán de obtener incentivos o cumplir su avance, el trabajador va dejando de lado la calidad. La consecuencia inmediata es la aparición de un factor que es extremadamente negativo para la productividad, y que corresponde a rehacer trabajos. Es por ello que no debe olvidarse que el tiempo, el costo y la calidad son objetivos que generalmente se contraponen. (Serpell, 2002, pág. 42,43).

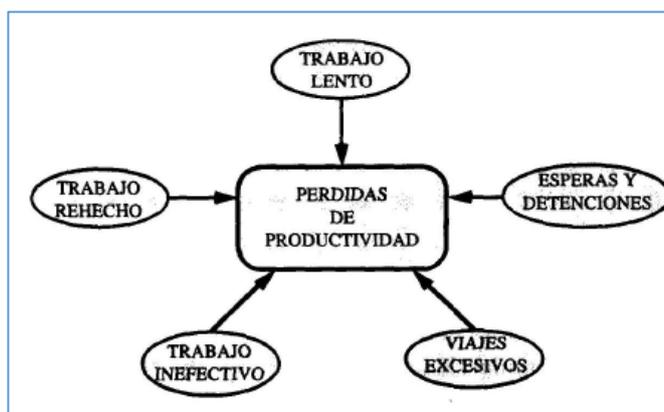


Figura 2: Principales categorías de pérdidas de productividad.  
Fuente: (Serpell, 2002.)

El índice de productividad es un factor importante a medir, que está referido a ver qué cantidad de tiempo es ocupado en realizar trabajo productivo. Se mencionó en los antecedentes a esta investigación, niveles de productividad, además existen otros estudios donde se aplicó la metodología que propone Lean Construction demostrando obtenerse mejores resultados como un índice de productividad superior al 40% como nos muestra la investigación: “APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION EN LA

PLANIFICACIÓN, PROGRAMACIÓN, EJECUCIÓN Y CONTROL DE PROYECTOS”, Tesis de pregrado realizada por Abner Guzmán Tejada, en Lima en el año 2014.

Este tipo de mediciones en obras donde no se aplica la metodología Lean, son inferiores de allí la importancia de la aplicación de Lean, para obtener mejores resultados en ejecución de obra civiles.

Existen investigaciones sobre productividad en Perú. En la ciudad de Lima se realizó una investigación en el año 2001 en las que se midieron los niveles de productividad, los cuales se muestran en el siguiente cuadro.

Tabla 1: Distribución de Categorías de Trabajo en Perú 2001.

<b>Categorías de trabajo</b>	<b>Promedio</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Trabajos Productivos	28%	20%	37%
Trabajos Contributorios	36%	35%	36%
Trabajos no contributorios	36%	26%	45%

Fuente: (Guio, 2001)

En Chile se realizó la Investigación sobre productividad, Liderada por un grupo profesional del departamento de Ingeniería Civil y Gestión de la Construcción de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 2: Evolución de la productividad en Chile.

<b>Categorías de trabajo</b>	<b>1989</b>	<b>1995</b>	<b>2001</b>	<b>2005</b>
Trabajos Productivos	38%	47%	55%	66%
Trabajos Contributorios	38%	28%	25%	15%
Trabajos no contributorios	24%	25%	20%	19%

Fuente: (Alarcón & Diethelm, 2005)

El área de construcción del departamento de Ingeniería Civil de la Universidad Escuela de Administración, Finanzas e Instituto Tecnológico, conjuntamente con un importante grupo de constructores de la ciudad de Medellín, lideró el proyecto de mejoramientos de la productividad, los resultados de la investigación realizada en el año 2002 se muestran en el siguiente cuadro.

*Tabla 3: Evolución de la productividad en Colombia.*

<b>Categorías de trabajo</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>Óptimo 2003</b>
Trabajos Productivos	38%	47%	55%
Trabajos Contributorios	38%	28%	25%
Trabajos no contributorios	24%	25%	20%

*Fuente: (Botero y Álvarez, 2003, 2004)*

### 2.2.2. VARIABILIDAD

Podemos definir la variabilidad en el caso de los proyectos de construcción, como la ocurrencia de eventos distintos a los previstos por efectos internos y externos al sistema. Está presente en todos los proyectos y se incrementa con la complejidad, velocidad, ubicación y magnitud de los mismos. Estos eventos son aleatorios y no se pueden predecir ni eliminar en su totalidad, es decir se puede predecir que ocurrirán imprevistos mas no sabemos de qué tipo ni cuando, aun así, se deben de tomar en cuenta ya que no hacerlo hará que se incrementen significativamente y que generen un impacto mayor en el proyecto.

Para el caso específico de los proyectos de construcción la variabilidad es un gran problema, debido a la cantidad de actividades que se tiene dentro de todo el proceso de construcción. Se sabe que la confiabilidad de una actividad predecesora es del orden del 95%, lo cual es una buena confiabilidad tratándose de un proceso, pero al tener

muchas actividades predecesoras el porcentaje de confiabilidad cae enormemente hasta un valor del 8% para 50 actividades predecesoras.

Actividades predecesoras	Confiabilidad del Proceso	Confiabilidad del Proceso
1	95%	95%
2		90%
5		77%
10		60%
20		36%
30		21%
50		8%

Figura 3: Tabla de porcentaje de actividades predecesoras.  
Fuente: Capítulo Peruano LCI, 2012

### 2.2.3. CURVA DE APRENDIZAJE

El concepto de curva de aprendizaje fue descrito por primera vez por Wright Patterson. Éste fenómeno de Curva de Aprendizaje fue observado en 1920, relacionado con los procesos de ensamble de aviones en la base de la fuerza aérea americana; para documentar sus observaciones, encontró que el ensamble de un segundo avión de cierto tipo gastaba el 80% de las horas–hombre gastadas por el ensamble del primer avión. El cuarto avión gastaba el 80% de las horas del segundo. El octavo avión gastaba el 80% de las horas del cuarto y así sucesivamente hasta llegar a un límite lógico.

Schunk define el aprendizaje como “un cambio perdurable de la conducta o la capacidad de conducirse de manera dada, como resultado de la práctica o de otras formas de experiencia”.

Wright encontró una relación entre el porcentaje de aprendizaje y la disminución de tiempos en el trabajo asignado, afirmando que cuando una persona haga el trabajo el doble de veces ( $2n$ ) el tiempo de ejecución se verá reducido al porcentaje de aprendizaje,

a continuación, se presenta una tabla con los resultados del experimento elaborado por Wright.

N repetitions	Time required to make airplane parts		
	Time / Ratio Unit	$T_n/T_1$	$T_n/T_{n2}$
1	10		
2	8	0.8	0.8
3	7	0.7	
4	6.4	0.64	0.8
5	6	0.6	
6	5.6	0.56	0.8
7	5.3	0.53	
8	5.1	0.51	0.8

Figura 4: Tiempo requerido para fabricación de partes de avión.  
Fuente: (Wright, 1936)

Estos datos se pueden expresar en un gráfico que muestra la reducción del tiempo de ejecución del trabajo a medida que va avanzando el tiempo y por ende incrementando el aprendizaje de los trabajadores, hasta llegar a un nivel de especialización en el cual el tiempo de ejecución del trabajo se mantiene constante. (Guzmán, 2014, pág. 26).

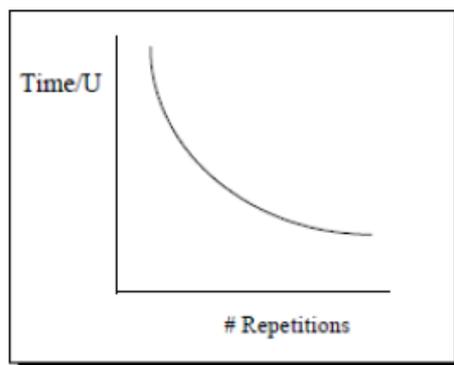


Figura 5: Curva de Tiempo de ejecución versus número de repeticiones.  
Fuente: (Wright, 1936)

Estos conceptos son utilizados por lean construction, ya que se enfoca en asignar trabajos específicos a cada cuadrilla para que los trabajos se hagan repetitivos y así poder aprovechar los beneficios del aprendizaje.

La estandarización permite lograr un mayor desarrollo de la curva de aprendizaje de los obreros lo que da como resultado la reducción del costo en la mano de obra. Los rendimientos se ven afectados positivamente si existe un alto número de repeticiones de actividades realizadas, ya que facilita al obrero desarrollar una curva de aprendizaje.

#### **2.2.4. METODOLOGÍA LEAN**

Lean es una filosofía de trabajo, que promueve la mejora y optimización de un sistema de producción, concentrándose en identificar y disminuir o eliminar todo tipo de desperdicio, que viene a ser todo aquello que no agrega valor al producto.

Es indispensable para mejorar la productividad generar una nueva cultura de la mejora basada en la comunicación y en el trabajo en equipo. En la producción Lean es fundamental la coordinación entre la línea de producción y los proveedores para entregar el producto en el momento justo, cumpliendo los requerimientos del cliente sin inventario.

Lean se enfoca en la minimización de 7 desperdicios: sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimientos y defectos).

Lean es básicamente todo lo que tiene que ver con obtener las cosas correctas en el lugar correcto, en el tiempo correcto, en la cantidad correcta, minimizando el despilfarro, siendo flexible y estando abierto al cambio, hacer más con menos y brindar una manera de hacer el trabajo en un ambiente más agradable y satisfactorio, definitivamente se debe aprender a trabajar en equipo.

#### **2.2.5. MODELO DE CONVERSIÓN DE PROCESOS VERSUS MODELO DE FLUJO DE PROCESOS**

En el modelo de conversión, un proceso de producción es la conversión de una materia prima en un producto terminado. El modelo de conversión de procesos es la forma

clásica en que se representan los trabajos individuales en la construcción. Este es, además, el formato mental mediante el cual muchos representamos el trabajo. Así, este formato se usa para el método CPM (Critical Path Method), y otros formatos estándares de representación del trabajo.

El proceso de conversión, sin embargo, está fundamentalmente errado. Al enfocarse únicamente en conversiones, el modelo no considera el concepto de los flujos físicos que existen entre los procesos de conversión. Estos flujos consisten principalmente de movimientos, esperas e inspecciones. En cierta forma, el modelo de conversión es una idealización correcta. Al menos desde el punto de vista del cliente, tales actividades no son necesarias, ya que estas no le agregan valor al producto terminado. Sin embargo, en la práctica, el modelo ha sido interpretado de tal forma que estas actividades que no agregan valor pueden dejarse de lado y no ser consideradas, o puede pensarse que todas son actividades de conversión, y, por tanto, susceptibles de ser tratadas como actividades que añaden valor al producto (Kokesla, 1992).

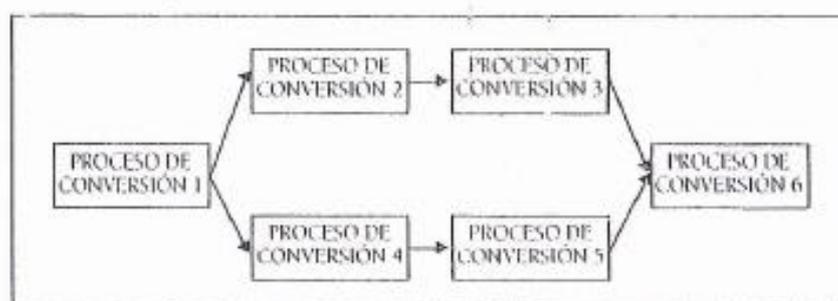


Figura 1.1. Modelo de conversión de procesos

Figura 6: Modelo de conversión de procesos  
Fuente: (Guio, 2001)

El modelo de flujo de procesos, por su parte, ve el trabajo como un flujo de información compuesto por la conversión propiamente dicha, la inspección, los transportes y las esperas. Su principal objetivo se centra en la eliminación de pérdidas y en la reducción de tiempos de cada actividad.

Este enfoque, en el cual se pasa de una visión en la que sólo se considera el proceso de conversión, a un esquema mental donde se toman en cuenta los flujos que conectan el trabajo, permite dividir el trabajo en trabajo productivo (TP), trabajo contributivo (TC) y trabajo no contributivo (TNC) con mayor facilidad. Por otra, parte el modelo de flujos representa con mayor exactitud la realidad.

En el caso del modelo de conversión, sólo se representa la conversión propiamente dicha, obviándose el resto de los trabajos componentes de la actividad total. La conversión en sí, generalmente tiene algún nivel de pérdidas (TC y TNC); sin embargo, la mayor concentración de estas está en el resto de trabajos incluidos principalmente en los flujos. El modelo de conversión, por tanto, se olvida de las pérdidas, lo cual dificulta encontrarlas y eliminarlas en la práctica. Esta es una de las razones teóricas por las que el nivel de TP están bajo en la construcción.

Por ejemplo, en la actividad de asentado de ladrillo, no sólo tenemos el mero asentado del ladrillo y la mezcla. Dentro de la actividad tenemos el transporte de los ladrillos, mezcla desde el punto de recepción y preparación hasta el punto de colocación, la preparación de la mezcla, el mojado de ladrillos, la preparación de los andamios, las esperas, las instrucciones, las mediciones, las inspecciones, la repetición de trabajos mal ejecutados, por solo mencionar algunas actividades. (Guio, 2001, pág. 24).

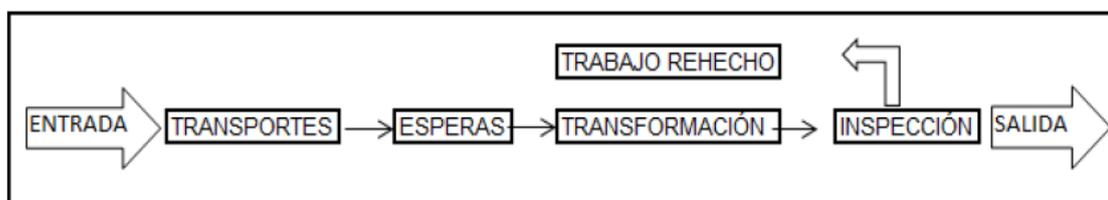


Figura 7: Modelo de flujo de procesos.  
Fuente: (Cháves & De la Cruz, 2014)

En resumen, para el modelo de trabajo tradicional (modelo de conversión de procesos), las actividades de producción son concebidas como un grupo de operaciones

o funciones que son controladas, operación por operación. Para una nueva filosofía de producción, son concebidas como el flujo de procesos de materiales e información, los cuales son controlados para obtener una mínima variabilidad y mínimos tiempos; estos son mejorados continuamente con respecto a la reducción/eliminación de pérdidas y generación de valor.

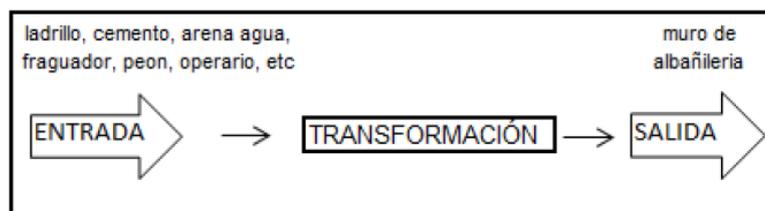


Figura 8: Modelo de transformación clásico.  
Fuente: (Cháves & De la Cruz, 2014)

La filosofía Lean Construction busca dar una solución a los problemas que se tiene en la metodología actual de construcción en lo que respecta al costo, plazo y productividad en las obras, la metodología que propone para lograr dicho objetivo es generar un sistema de producción efectiva, para lo cual se tienen que cumplir con 3 objetivos básicos según orden de prioridad.

a) Asegurar que los flujos no paren:

Esta etapa que es la más importante la filosofía lean construction, propone centrarnos en que el flujo sea continuo, sin preocuparnos de la eficiencia de los flujos y procesos.

Esto se debe a que al tener flujos continuos el trabajo no se detendrá y podremos observar las fallas en cada proceso y los flujos entre estos para eliminarlos como siguiente medida.

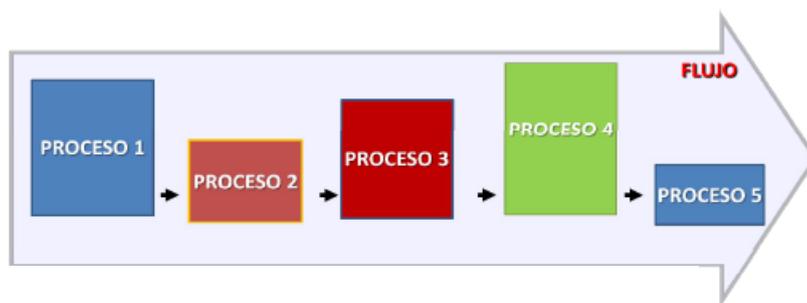


Figura 9: Modelo de Flujo  
Fuente: (Guzmán, 2014)

Como se puede apreciar en la imagen en esta primera etapa se logra continuidad del proceso general, pero salta a la vista que se tienen pérdidas debido a que la capacidad de producción de cada proceso es distinta y por consiguiente también lo son los flujos. Como medidas para lograr este primer objetivo, la filosofía Lean propone el manejo de la variabilidad y el uso de herramientas de planificación como Last Planner. El manejo de la variabilidad es más importante para proyectos de infraestructura alejados, ya que en esos casos la variabilidad es mayor, para lo cual Lean nos ofrece enfrentar este problema con el uso de Buffers.

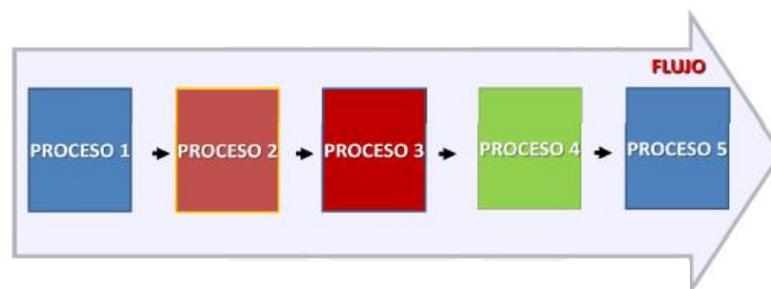
Last planner lo que busca es aumentar la confiabilidad en la planificación en ejecución.

b) Lograr Flujos eficientes:

Es el segundo objetivo que se tiene que cumplir para tener un sistema de producción efectivo y este se logra dividiendo el trabajo total equitativamente entre los procesos para de esa manera tener procesos y flujos balanceados.

Para lograr esto se propone el uso de los principios de física de producción y el tren de actividades.

La física de producción utiliza la teoría de restricciones según los cuales se debe balancear los flujos entre procesos porque todo el sistema está restringido por el proceso que genera el menor flujo, dicho proceso es el que determina la capacidad de producción de todo el sistema. Por otro lado, el tren de actividades propone dividir la cantidad de trabajo en partes iguales que puedan ser ejecutadas por cada proceso en un mismo tiempo, para lo cual se debe balancear los recursos y establecer una secuencia lineal de actividades.



*Figura 10: Modelo de Flujos eficientes*  
Fuente: (Guzmán, 2014)

Al aplicar las herramientas mencionadas se obtiene un flujo continuo y simétrico entre los procesos, como se ve en la imagen.

c) Lograr procesos eficientes:

Con los objetivos anteriores cumplidos el tercer paso para lograr el sistema de producción efectivo, es lograr que los procesos sean eficientes, lo cual se hará en base a la optimización de procesos con las herramientas que propone la filosofía Lean.

Las herramientas que propone Lean para lograr esta optimización de procesos son las cartas balance y el nivel general de actividad (NGA), a partir de las cuales se puede entender el estado de un proceso y la manera de optimizarlo.



Figura 11: Modelo de flujos de procesos eficientes.  
Fuente: (Guzmán, 2014)

Como se ve en la imagen mostrada, lo que se logra es dimensionar adecuadamente los procesos y recursos eliminando el desperdicio dentro de cada proceso y logrando que todo el sistema de producción sea efectivo, ya que se tendrá un flujo continuo de procesos eficientes. (Guzmán, 2014, pág. 14).

Lo que propone Lean referente a este tema es la ganancia de valor por medio de la ganancia de flujo.

#### 2.2.6. CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDAS (LEAN CONSTRUCTION)

Lo que se conoce como construcción sin pérdidas, de acuerdo con el Lean Construction Institute (LCI), es una nueva manera de aplicar la gestión de producción en la industria de la construcción. La filosofía de Lean construction comienza a tomar auge a comienzos de los noventa, mediante el trabajo realizado por el International Group of Lean Construction, el cual congrega a investigadores y a profesionales del medio de la construcción de todo el mundo.

En principio, al igual que la producción sin pérdidas, lo que diferencia a la construcción sin pérdidas de las prácticas convencionales es su enfoque en las pérdidas y en la reducción de las mismas. El segundo punto fundamental es el manejo del modelo de flujos planteado por Kokesla (1992) en contraposición del modelo de conversión. El modelo del 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 vez

de mejorar únicamente los procesos, la nueva filosofía apunta a mejorar tanto los procesos como los flujos. Por tanto, la teoría de construcción sin pérdidas requiere fortalecer los sistemas de gestión, así como los procesos de producción en sí, centrando su trabajo en el manejo de un sistema adecuado de planificación operacional y diseño de procesos (Guio, 2001, pág. 30)

El esquema sugerido por el movimiento de construcción sin pérdidas empieza por estabilizar el flujo de trabajo a través del logro de una planificación confiable que genere una suerte de escudos que protejan las cuadrillas y la producción de las incertidumbres que la administración de obra no puede controlar.

Las técnicas propuestas por la construcción sin pérdidas han sido probadas tanto en diseño como en construcción, en proyectos chicos y grandes, fast track y secuenciales, así como el trabajo de subcontratistas especializados.

En los esquemas convencionales de manejo de obras de construcción, se invierte mucho tiempo y dinero en generar presupuestos y planificaciones de obra para convertir una serie de deseos sobre la forma en que se llevara a cabo un proyecto en realidad. Toda funcionaría bien si viviésemos en un mundo perfecto. La planificación se suele desviar de los planes originales prácticamente el primer día de la obra causando una reacción en cadena que genere la necesidad de replanificar gran parte del proyecto. Al reducirse las holguras dentro de la planificación general, se va generando una presión mayor por terminar más rápido. Esto hace que la ejecución de la obra, se haga por lo general, aún peor. Los costos de mano de obra y equipo suben radicalmente, y por lo general se aplica lo que algunas empresas constructoras conocen como ataque apache. En estos casos se usa una gran cantidad de recursos, a una eficiencia muy baja para lograr culminar la obra en los plazos establecidos. (Ballar, 1994)

Los estudios de Ballar (1994) sobre cuál es el porcentaje de cumplimiento real de las planificaciones de obra han demostrado que aproximadamente 1/3 de las veces no se cumple con la planificación para el lapso de una semana.

Como respuesta la costumbre de planificar y controlar los proyectos de forma global, se ha desarrollado una serie de metodologías para resolver el problema de la falta de confiabilidad en las planificaciones en forma diferente. En principio, el enfoque para resolver el problema es la planificación de horizontes de tiempo más cortos y por tanto más predecibles, más confiables, entre ellas tenemos el Last Planner y Look Ahead Planning, las cuales tienen un potencial demostrado de reducción de costos y plazos.

### **2.2.7. TEORÍA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR (LAST PLANNER)**

Se define al último planificador a la persona o grupo de personas cuya función es la asignación de trabajo directo a los trabajadores. El nombre del último planificador proviene del hecho que este no da instrucciones a ningún otro nivel de planificación posterior, sino que ellas van directamente a terreno, a las operaciones de construcción. Esta herramienta fue publicada por primera vez por Glen Ballard (1994).

El Last planner system es una herramienta de la filosofía Lean construction que se ubica en la fase de control de la producción y engloba otras herramientas de control de producción como la planificación maestra, planificación por fases, look ahead, plan semanal, porcentaje de plan cumplido y causas de no cumplimiento. (Guzmán, 2014, pág.35)

Los obstáculos principales de una adecuada ejecución según Glen Ballard son:

- La planificación no se concibe como un sistema, sino que descansa plenamente en la experiencia del profesional a cargo.
- La gestión se enfoca en el corto plazo, descuidando el largo plazo.

- No se hacen mediciones del desempeño obtenido.
- No se analizan los errores de programación ni las causas que los originan.

El último planificador se enmarca dentro de un esquema de planificación de corto plazo (normalmente de una semana), con el fin de asignar trabajos que sepamos a ciencia cierta que van a cumplirse.

Es común que la función del último planificador la lleven a cabo los capataces, maestros y en algunos casos los ingenieros de obra, aunque por lo general de forma bastante artesanal y precaria. Cuando se usa este tipo de planificación de manera formal se supera el nivel de planificación y rendimiento notablemente, y se entra en un nivel mucho mayor en cuanto a la asignación de volúmenes de trabajo para cada cuadrilla, así como del sistema constructivo a utilizar. Adicionalmente la función del último planificador es lograr que lo que queremos hacer coincida con lo que podemos hacer y finalmente ambas se conviertan en lo que vamos a hacer. Esto se puede relacionar con el siguiente esquema. El tipo de planificación que se formula con esta herramienta se da como se muestra en la siguiente figura.

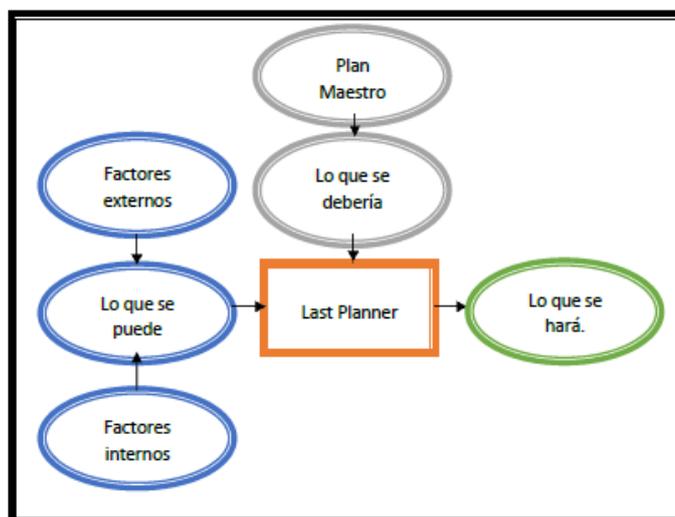


Figura 12: Formulación de las asignaciones con Last Planner  
Fuente: (Guzmán, 2014)

Ballard define la necesidad absoluta de un compromiso profundo con cumplir efectivamente con las actividades planificadas en cada horizonte de una semana. Se establece que el último planificador debe seleccionar las actividades que cuenten con todos los recursos necesarios para que puedan cumplirse. En este sentido, el look ahead planning, es el filtro que nos ayuda a seleccionar las actividades que son factibles de realizar. Dentro del compromiso, debemos exigir que el trabajo que se seleccione para la planificación semanal cumpla con estar en la secuencia correcta, que sea una cantidad proporcional y de acuerdo con la disponibilidad de mano de obra y equipos, y que puedan ser hechos efectivamente. Ballard también plantea, para verificar el cumplimiento de la planificación operacional semanal una herramienta llamada PPC (Percentage, Planned Complete). El PPC compara el número de actividades planificadas cumplidas durante la semana con el total de actividades programadas para la semana. (Guio, 2001, pág. 34)

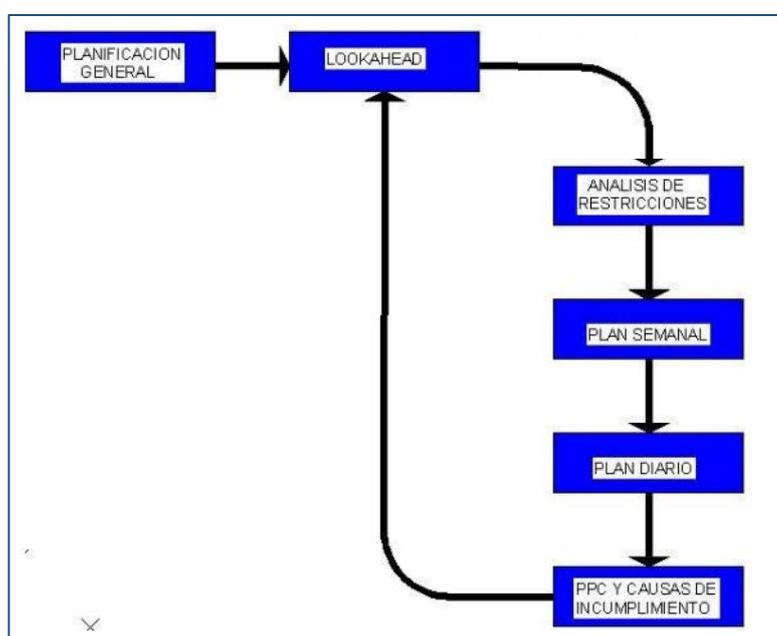


Figura 13: Diagrama de flujo de planificación Lean, en obras de construcción  
Fuente: (Ramos & Rios & Rodriguez, 2014)

El PPC evalúa entonces hasta qué punto el sistema del último planificador fue capaz de anticiparse al trabajo que se hará en la semana siguiente. Es decir, compara lo

que se desea hacer según el plan de trabajo semanal con lo que realmente se hizo, reflejando así la fiabilidad del sistema de planificación de una obra en particular.

En la práctica para muchos resulta sorprendente descubrir que la mayoría de veces solo una fracción menor de lo planificado se cumple. El problema de la planificación tradicional es que, a pesar de que se sabe que muchas actividades no se cumplen, se proyecta como si todas las tareas se fueran a desarrollar, por lo que la productividad colapsa en cadena cuando alguna actividad clave no se logra.

La experiencia recogida hasta la fecha ha demostrado, que si se incrementa sistemáticamente el nivel de cumplimiento de la planificación, es posible lograr un significativo aumento en la productividad y desempeño general del proyecto. La explicación de estos mejoramientos, es que, por medio de un mejor cumplimiento de la planificación, se logra estabilizar el ambiente de trabajo del proyecto, lo que genera un ciclo virtuoso que permite que la producción se realice en forma continua, sin interrupciones y en forma eficiente.

Para obtener el PPC se necesita obtener el número de actividades completadas y el número de actividades programadas en la semana, es por esto que este se realiza para cada programación semanal del proyecto teniendo un resultado por semana a lo largo del proyecto, lo cual genera un resultado acumulado del PPC al final de la obra.

$$\text{PPC} = \frac{\text{Numero de tareas Programadas completadas}}{\text{Numero de tareas Programadas}} \times 100$$

*Figura 14: Formula de porcentaje de plan cumplido.*

*Fuente: Elaboración propia*

El PPC es un análisis de confiabilidad de la programación de trabajos, no busca medir el avance más bien la efectividad del sistema de programación.

Un tema de alta importancia en el esquema del último planificador es activar escudos para la producción. Esto se logra únicamente seleccionando actividades que puedan ser completadas con éxito. (Guio, 2001, pág. 35)

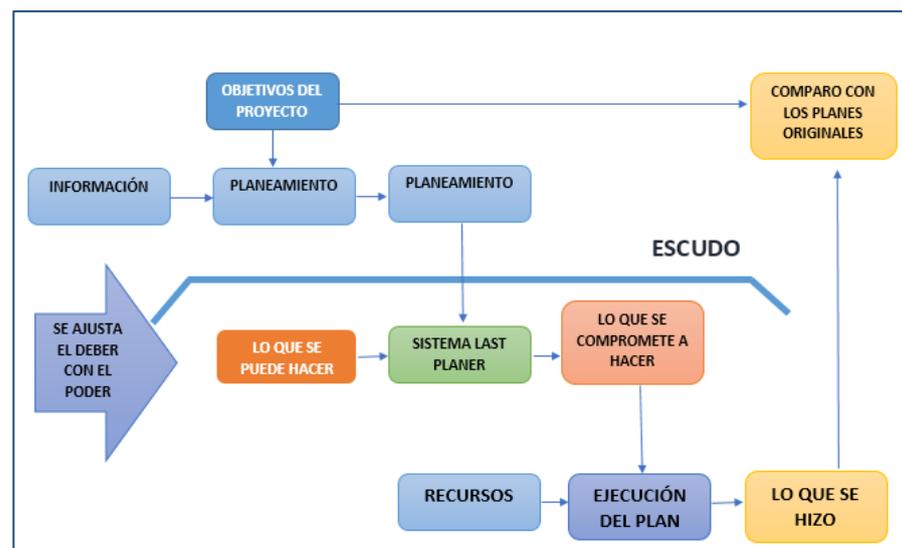


Figura 15: Esquema del último planificador.  
Fuente: (Guio, 2001)

El último planificador proporciona las herramientas para que la programación a largo plazo sea cumplida con éxito, empieza acortando la programación en una de mediano plazo llamada “lookahead”, la cual varía entre periodos de 3 a 5 semanas, además aquí se hace un análisis de las restricciones que presentan las actividades dentro del programa y luego se pasa a una programación más corta que es la semanal, a la cual se llevan todas las actividades libres de restricciones extraídas del lookahead, esto hace que se pueda tener la certeza de que no habrá inconvenientes para cumplir con la programación establecida en la semana.

Con Last Planner se busca programar actividades que puedan realizarse con éxito, creando escudos frente a factores externos como falta de materiales a tiempo, problemas como proveedores, etc.

#### **2.2.8. PLANIFICACIÓN MAESTRA**

La planificación maestra es un plan que identifica los principales acontecimientos o hitos de un proyecto (Inicio, entrega, procura de componentes de largo plazo, movilizaciones en campo, diseño completo, licencias, etc.) y sus fechas. A menudo es la base para los acuerdos en ejecución, entre miembros del equipo de trabajo del proyecto entidad, o cliente. Esta programación es la base para todo el sistema Last Planner, ya que de esta se desprenderán las programaciones de mediano y corto plazo, por lo tanto, es muy importante que esta se realice teniendo en cuenta el desempeño real en obra.

La Planificación Maestra es bastante similar a la Planificación general de obra que se realizaba con la metodología tradicional de construcción porque busca prever lo que pasara durante la ejecución del proyecto. Sin embargo, existe una diferencia fundamental entre los 2 tipos de planificación, lo que le brinda mayor confiabilidad a la planificación maestra. La diferencia que mencionamos es que en la construcción tradicional se usa una planificación general de obra en la cual se extiende hasta el detalle la planificación, según esto se podría saber que elemento estará vaciando en un día cualquiera entre otras cosas. En contraste a esto el Last Planner presenta una planificación por hitos, en los cuales no se entra en tanto detalle para saber qué haremos cada día, sino que se pone hitos (fechas límites) que se tienen que cumplir. Para lograr dicho objetivo propone otras herramientas de planificación más detallada.

### 2.2.9. LÍNEAS DE BALANCE

El método de Líneas de Balance fue desarrollado en la década de 1940, durante la segunda guerra mundial, por un grupo de trabajo encabezado por George E. Fouch que estaba encargado de monitorear la producción de las empresas Goodyear Tire & Rubber Company. A partir de entonces ha sido constantemente aplicada a la construcción, siendo la primera experiencia registrada la de Lumsden en 1998. (Guzmán, 2001, pág. 30).

Actualmente se cuentan con varias opciones para el planeamiento y control de proyectos como CPM (Método de la ruta crítica), PDM (Método de diagramas de precedencias), PERT (Técnica de programación, evaluación y revisión) y LDB (Método de líneas de balance). Sin embargo, cada una de estas tiene características distintas en cuanto al tipo de información que proporcionan y al nivel de detalle que pueden llegar. Con estas técnicas se logra determinar la ruta crítica del proyecto que son las actividades de cuya duración depende la duración total del proyecto.

La Línea de Balance es una técnica de planificación que nos permite mostrar cada actividad a realizarse en un proyecto de construcción como una sola línea en vez de una serie de actividades como se haría en un diagrama de barras, resultante de CPM, PDM o PERT. Este método es recomendable para el caso de proyectos repetitivos, ya sea un edificio o varias unidades de viviendas que requieren el mismo tipo de trabajo a lo largo de todo el proceso de producción, sin embargo, es también aplicable a obras viales.

Los principales beneficios que se pueden obtener de una programación con líneas de balance son las siguientes.

- Las líneas de balance consolidan un grupo de actividades similares en una sola línea por lo que pueden representar un gran número de actividades de una manera más simple que un diagrama de barras.

- Las líneas de balance muestran el ritmo de trabajo, con el que se deben realizar las actividades para cumplir con el cronograma mientras que un diagrama de barras solo muestra la duración de cada actividad a lo largo del proyecto.
- La grafica de Gantt o barras muestra relaciones directas entre actividades a diferencia de una gráfica de líneas de balance que muestra la relación de un grupo de actividades con respecto al grupo subsecuente.
- En un diagrama de barras se tiene 2 dimensiones (tiempo y actividades) con lo cual podemos ver la duración de cada actividad. En un gráfico de líneas de balance se pueden visualizar 3 dimensiones (Tiempo, lugar y actividades) lo cual hace que sea mucho más útil ya que transmite una cantidad mayor de información. Además, le añade un cuarto parámetro que es el ritmo o a que velocidad se realizará la actividad.
- Un cronograma de líneas de balance sirve también para mostrar el ritmo real de trabajo, analizar el estado real de avance del proyecto y la fecha de terminación.

A continuación, se muestra una comparación entre un gráfico de barras y un gráfico de líneas de balance para las mismas actividades.



Figura 16: Ejemplo de Diagrama Gantt.  
Fuente: Elaboración propia.

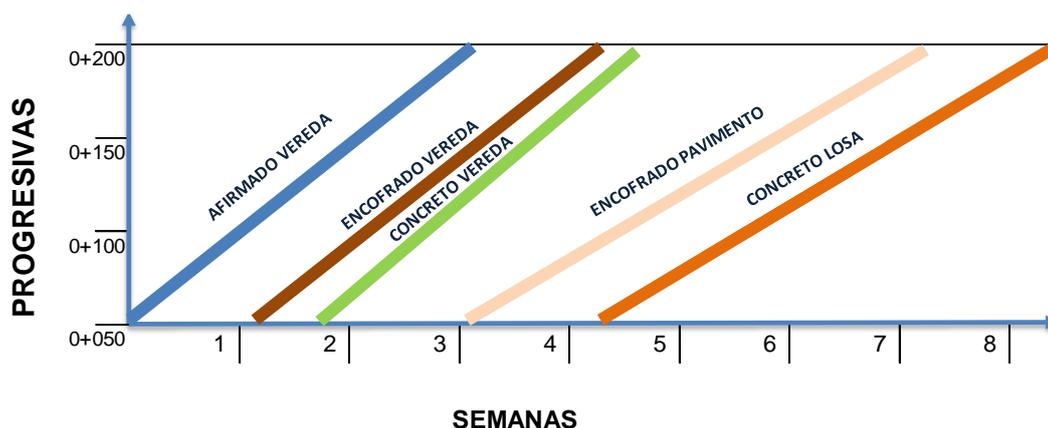


Figura 17: Ejemplo de Líneas de Balance.  
Fuente: Elaboración propia.

Además, se puede reajustar los ritmos de trabajo para obtener una nueva programación de manera muy rápida a diferencia de un gráfico de barras en el cual se puede tener un estado real del proyecto, pero es necesario una gran cantidad de recursos para reprogramar todo el plan.

#### 2.2.10. LOOK AHED PLANNING

De acuerdo con el Lean construcción Institute, el Look ahead planning, es la planificación de jerarquía media, que se encuentra entre la planificación maestra de obra y la planificación semanal, cuyo objetivo es controlar la asignación de mano de obra, materiales, equipos, información y dinero, de forma que la planificación de corto plazo se haga en función de actividades que son posibles.

El criterio de posibilidad se establece a partir de que dichas actividades cuenten con todos los recursos necesarios para lograr un escudo sobre la producción con 3 a 5 semanas de anticipación (dependiendo del tipo de obra y del tiempo de fabricación de ciertos materiales y equipos, puede ser mayor a 5 semanas).

Los programas generados por el look ahead planning son utilizados en la industria de la construcción con la intención de dirigir los esfuerzos de la gestión de obra sobre las actividades que se esperan ejecutar en el futuro cercano promoviendo la toma

de acciones en el presente. El look ahead planning no es una herramienta de planificación de operaciones y por tanto no sirve como tal para la asignación de trabajo a las cuadrillas en terreno.

La intención es no permitir pasar a aquellas actividades que no tengan asegurada su completa asignación de recursos al nivel de la planificación semanal.

4 WEEK LOOK AHEAD PLANNING - SEMANA 1																	PERIODO INFORMADO		RESTRICCIONES																
Proyecto:	Und.	Cantidad	Fecha Requerida	Responsable	Fecha de corte:																														
					Semana 2							Semana 3								Semana 4							Semana 5								
					ENE							ENE								ENE							ENE								
L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D								
7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3								
<b>Actividad</b>																																			
Actividad 1	m3																																		

Figura 18: Formato de Look Ahead Plannig.  
Fuente: (Ramos & Rios & Rodriguez, 2014)

En la última columna se colocan los requerimientos para que estas se realicen, lo que tratamos de hacer es adelantarnos a los requerimientos futuros con el fin de elevar el nivel de la planificación semanal únicamente a las actividades que hayan cumplido todos los requisitos para ser efectuadas sin inconvenientes. El porcentaje de PPC se incrementa substancialmente cuando se trabaja con este tipo de herramienta. Adicionalmente, mediante el uso de esta se logra reducir la incertidumbre de la planificación, particularmente de aquella en que se asignan tareas al campo. Esto mejora la confiabilidad del sistema y reduce las perdidas en los flujos. (Guio, 2001, pág. 38).

**2.2.11. PROGRAMACIÓN SEMANAL**

La programación semanal es un programa de corto plazo que se desprende del lookahead, en el cual se ha hecho un análisis de restricciones previo para eliminar las restricciones y así asegurar que los trabajos que se vayan a programar puedan contar con

los recursos necesarios, es decir se toman las actividades que fueron libradas de restricciones.

Las metodologías de medición que aplica lean están basadas principalmente en las programaciones semanales, tal es el caso del PPC, por consiguiente, es muy importante para obtener buenos resultados que estos programas se cumplan en la mayor parte posible y algunas características fundamentales para lograr este propósito son las siguientes.

- Levantar restricciones en el lookahead.
- La cantidad de trabajo asignada debe ser la adecuada según la cuadrilla.
- Escoger correctamente la secuencia de los trabajos a realizar.
- Definir correctamente los trabajos y asegurarse que llegue a campo de manera entendible para los encargados de realizarlos.

#### **2.2.12. PROGRAMACIÓN DIARIA**

La programación diaria es el último escalón en la metodología de planificación y programación que propone el sistema last planner dentro de la filosofía lean construction, esta programación se desglosa de la programación semanal, la cual es una programación de corto plazo, con la finalidad de ser transmitida a campo para que todos los equipos tengan claro las actividades que tienen que realizar en la jornada de trabajo. Esta programación la elabora el último planificador partiendo de los resultados del día y siguiendo lo programado para la semana, por lo cual también se usa para controlar los avances diarios dentro de la obra para que a partir de estos se controlen los avances semanales y de esto realizar el PPC correspondiente.

La programación diaria al ser una programación que va de la oficina técnica de la obra al campo tiene que tener características distintas a las anteriores, ya que se necesita

que todos los involucrados en el proceso de construcción (maestro, capataces, operarios, etc.) entiendan la información que se trata de transmitir, por consiguiente se puede realizar de manera gráfica en pequeños planos separando las actividades para que se puedan identificar con facilidad y evitar confusiones al momento de asignar tareas en campo, o de manera textual detallando adecuadamente los elementos y su respectiva ubicación.

### **2.2.13. LA TEORÍA DE LAS RESTRICCIONES**

A principios de los años 1980 el Dr. Eliyahu Goldratt, escribió su libro “La Meta” y empezó el desarrollo de una nueva filosofía de gestión llamada “Teoría de Restricciones” (TOC por sus siglas en inglés). La TOC nació como solución a un problema de optimización de la producción. Hoy en día se ha convertido en un concepto evolucionado que propone alternativas para integrar y mejorar todos los niveles de la organización, desde los procesos centrales hasta los problemas diarios.

La Teoría de las Restricciones establece que un conjunto de procesos interrelacionados y dependientes entre sí generan una producción según la capacidad del proceso más lento. La forma de aumentar la velocidad del conjunto es incrementando la capacidad del proceso más lento. Esta teoría se centra en los factores limitantes a los cuales los denomina como restricciones o “cuellos de botella”.

Son las restricciones los factores que bloquean la obtención de mayores ganancias, se induce que toda gestión debe apuntar a encontrar y controlar las restricciones.

La teoría de restricciones se aplica para una línea de producción o un sistema compuesto por varios procesos. La construcción se divide en varios procesos pequeños que trabajan uno después de otro, similar a una línea de producción de una fábrica con la única diferencia que en el caso de las fabricas el producto pasa por las estaciones de

trabajo y en la construcción son las estaciones de trabajo las que recorren el producto, es así, que estos conceptos son totalmente aplicables para el campo de la construcción y es de aquí de donde nace la optimización de flujos y procesos que describe la filosofía lean.

ACTIVIDADES (SE DEBEN HACER)	DISEÑO	MATERIALES	MANO DE OBRA	EQUIPOS	PRE-REQUISITOS	SE PUEDEN HACER
Actividad No. 1	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Actividad No. 2	SI	NO	NO	SI	SI	NO
Actividad No. 3	SI	SI	SI	SI	NO	NO
Actividad No. 4	SI	SI	NO	SI	NO	NO

Figura 19: Esquema representativo del estudio de restricciones.  
 Fuente: <http://www.leanconstructionenterprise.com/documentacion/last-planner>

### 2.2.14. SECTORIZACIÓN

Se llama sectorización al proceso de división de una actividad o tarea de la obra en porciones más pequeñas llamadas sectores, cada sector deberá comprender un metrado aproximadamente igual a los demás para así mantener un flujo continuo entre sectores.

El metrado asignado a los sectores deberá ser factible de realizarse en un día. La sectorización está relacionada con la teoría de lotes de producción y lotes de transferencia, ya que al dividir el trabajo en sectores más pequeños estamos dividiendo nuestro lote de producción en lotes más pequeños que serán los que transferimos a las actividades siguientes (lotes de transferencia). Asimismo, al sectorizar se está optimizando los flujos de recursos en la obra, lo cual genera un beneficio para todo el sistema de producción.

La sectorización en la construcción se hace con la finalidad de dividir el trabajo en partes más manejables y poder formar lo que llamamos el tren de trabajo, con esto se podrá separar las cuadrillas por especialidad y optimizar los rendimientos de cada cuadrilla haciendo uso de la curva de aprendizaje. (Guzmán, 2014, pág. 28)

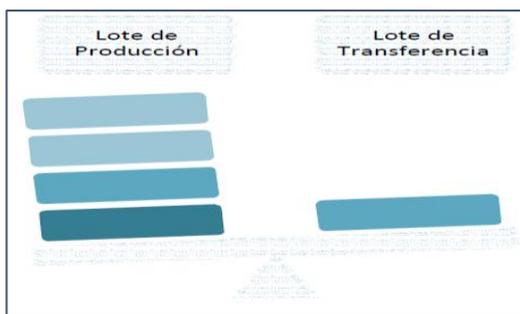


Figura 20: Comparación entre lotes de Producción y Lotes de Transferencia.

Fuente: (Guzmán, 2014)

### 2.2.15. TREN DE ACTIVIDADES

En los proyectos que aplican lean, se busca implementar el concepto de las curvas de aprendizaje, según el cual el trabajo repetitivo nos lleva a una especialización que mejora la productividad en dicho trabajo, para lograr esto se utiliza principalmente el tren de actividades, el cual necesita que previamente se haya realizado el procedimiento de sectorización.

El tren de actividades brinda la facilidad de asemejar el sistema de construcción a un sistema mucho más industrializado en el cual se usan las líneas de ensamblaje, el tren de actividades tiene el mismo concepto adaptado a la construcción.

El tren de actividades es una metodología similar a las líneas de producción en las fábricas, en las cuales el producto avanza a lo largo de varias estaciones transformándose en cada una de ellas. Para el caso de la construcción que no es una industria automatizada como las fábricas y no se tiene la posibilidad de mover el producto a lo largo de varias estaciones se creó el concepto de tren de actividades, según el cual las cuadrillas de trabajo van avanzando unas tras otras a través de los sectores establecidos anteriormente en el proceso de sectorización, con esto se pretende tener un proceso continuo y ordenado de trabajo, además de poder identificar fácilmente los avances a través de la ubicación de las cuadrillas en un sector determinado.

Como principales ventajas de la aplicación de los trenes de trabajo se tiene:

- Incrementa la productividad.
- Mejora la curva de aprendizaje.
- Se puede saber lo que se avanzara y gastara en el día.
- Se puede saber el avance que se tendrá en un día determinado.

Actividades	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
Acero en Placas	S1D1	S2D1	S3D1	S4D1	S1C1	S2C1	S3C1	S4C1	S1D2	S2D2	S3D2	S4D2	S1C2	S2C2	S3C2	S4C2						
Instalaciones Sanitarias Placas		S1D1	S2D1	S3D1	S4D1	S1C1	S2C1	S3C1	S4C1	S1D2	S2D2	S3D2	S4D2	S1C2	S2C2	S3C2	S4C2					
Instalaciones Eléctricas Placas		S1D1	S2D1	S3D1	S4D1	S1C1	S2C1	S3C1	S4C1	S1D2	S2D2	S3D2	S4D2	S1C2	S2C2	S3C2	S4C2					
Encofrado de Placas			S1D1	S2D1	S3D1	S4D1	S1C1	S2C1	S3C1	S4C1	S1D2	S2D2	S3D2	S4D2	S1C2	S2C2	S3C2	S4C2				
Vaciado de Placas			S1D1	S2D1	S3D1	S4D1	S1C1	S2C1	S3C1	S4C1	S1D2	S2D2	S3D2	S4D2	S1C2	S2C2	S3C2	S4C2				
Encofrado de Losas				S1D1	S2D1	S3D1	S4D1	S1C1	S2C1	S3C1	S4C1	S1D2	S2D2	S3D2	S4D2	S1C2	S2C2	S3C2	S4C2			
Acero en Losa					S1D1	S2D1	S3D1	S4D1	S1C1	S2C1	S3C1	S4C1	S1D2	S2D2	S3D2	S4D2	S1C2	S2C2	S3C2	S4C2		
Instalaciones Sanitarias Losa					S1D1	S2D1	S3D1	S4D1	S1C1	S2C1	S3C1	S4C1	S1D2	S2D2	S3D2	S4D2	S1C2	S2C2	S3C2	S4C2		
Instalaciones Eléctricas Losa					S1D1	S2D1	S3D1	S4D1	S1C1	S2C1	S3C1	S4C1	S1D2	S2D2	S3D2	S4D2	S1C2	S2C2	S3C2	S4C2		
Vaciado Losa						S1D1	S2D1	S3D1	S4D1	S1C1	S2C1	S3C1	S4C1	S1D2	S2D2	S3D2	S4D2	S1C2	S2C2	S3C2	S4C2	

Figura 21: Ejemplo de Tren de actividades.  
Fuente: (Castillo, J. 2014)

### 2.2.16. BUFFERS

El planeamiento y la programación en los proyectos de construcción son fundamentales para el éxito de cada proyecto, ya que definen la secuencia, ritmo y duración de todos y cada uno de los procesos constructivos que engloba el proyecto. Sin embargo, las técnicas de programación convencionales no han abordado eficientemente la naturaleza variable de los proyectos, lo que se traduce en retrasos y mayores costos.

Aunque ya se está usando la metodología propuesta por la filosofía Lean Construction a través del Last Planner que reduce considerablemente los efectos de la variabilidad para el proyecto, pero aún existe cierta variabilidad que no se puede controlar mediante esta herramienta y es por eso que se plantea el uso de Buffers para contrarrestar los efectos de la variabilidad que escapan del sistema Last Planner. Se entiende como Buffer un colchón o amortiguador, como sería su traducción al español, que se tiene como alternativa para contrarrestar los efectos negativos de la variabilidad en la construcción. (Guzmán, 2014, pág. 30).

Los Buffers pueden ser de 3 tipos:

- Buffer de Inventario:

El Buffer de inventario es muy común en los proyectos de construcción.

Se entiende como buffer de inventario el tener una cantidad mayor a la necesaria de materiales y/o equipos para evitar que el flujo se detenga ante la falla en la entrega de algún recurso.

- Buffer de Tiempo:

El Buffer de tiempo representa generar un colchón de tiempo para el proyecto que se pueda usar en el caso de que haya complicaciones y de esa manera no afectar el plazo establecido. Se recomienda tomar en la programación, sólo 5 días útiles por semana, dejando el día sábado como un Buffer de tiempo para realizar los trabajos que no hayan sido cumplidos en los 5 días contados en la programación y de esta manera mejorar el porcentaje del PPC que se mide con el Last Planner.

- Buffer de Capacidad:

Los Buffers de Capacidad son principalmente partes o partidas no críticas de la obra que se dejan de programar o realizar según el curso normal del proyecto para que se realicen cuando sea necesario un lugar de trabajo para el personal debido a la falta de frente o para colocar los materiales excedentes.

Los Buffers son una buena alternativa para reducir la variabilidad en los procesos constructivos, sin embargo, no existen modelos analíticos que dimensionen tamaños de Buffers óptimos, ni metodologías que los administren adecuadamente. El uso de tamaños de Buffers óptimos facilitará el desarrollo de programas de construcción de mayor

capacidad predictiva, así como también, una adecuada administración de éstos mejorará el flujo de producción en terreno en los proyectos.

### **2.2.17. DIMENSIONAMIENTO DE CUADRILLAS MEDIANTE CIRCUITO FIEL**

En la construcción convencional se da que muchas veces el maestro de obra es el que decide el número de obreros, lo cual genera que se tenga en la mayoría de los casos un número excesivo de personal en la obra y por consiguiente los niveles de Trabajo Productivo se reduzcan.

Al no tener una metodología determinada para calcular el número de personas que se tendrá en la obra se tiene una incertidumbre en el caso de los atrasos, no se sabe si lo que nos falta es mayor velocidad de producción o más personal y generalmente se intenta resolver este tipo de problemas incrementando el número de obreros por decisión del maestro. Este hecho genera proyecciones deficientes en el uso de la mano de obra, y resta a la parte técnica el poder de negociación que se podría tener con él personal para cumplir las metas del proyecto.

Ante todas estas deficiencias identificadas en la contratación del personal en la metodología tradicional de construcción, se ha generado un procedimiento para el dimensionamiento de cuadrillas que va de la mano con los lineamientos de la filosofía Lean Construction.

Este procedimiento o metodología es conocido como el Circuito Fiel y tiene como finalidad calcular el número exacto de personas que son necesarias para realizar una actividad y cumplir con los rendimientos establecidos al iniciar el proyecto y por consiguiente garantizar que se cumpla con un nivel de productividad mayor al promedio.

Queda claro que esta herramienta es útil en obras por contrata, y también es factible de emplearse como apoyo en obras por administración directa, ya que es necesario optimizar el empleo de mano de obra. considerando importante esta herramienta y acorde al tema investigado es que se procede a describir la presente herramienta de Lean construction para dimensionamiento de cuadrillas. Para realizar el circuito fiel se tiene que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

Una vez realizada la sectorización se tienen los volúmenes de trabajo para las distintas cuadrillas que se tendrá en la obra, como se mencionó en la parte de sectorización lo ideal es que los volúmenes de trabajo sean iguales en cada sector, lo cual es casi imposible de lograr, pero si se obtienen metrados muy similares.

Los metrados por sectores son el punto de partida para el uso del Circuito fiel para el proceso de dimensionar cuadrillas, mediante el uso de esta herramienta se busca reducir al máximo el personal obrero en el proyecto contratando solo a la cantidad que en verdad necesitamos para ejecutar cada partida de nuestro presupuesto. Otro de los puntos primordiales para el uso de esta herramienta es el rendimiento presupuestado, en este punto se introduce la capacidad de la obra en realizar los trabajos de manera más productiva mediante el uso de la filosofía Lean Construction, así los rendimientos presupuestados tienden a ser más bajos o más productivos que los promedios en el sector.

El rendimiento presupuestado ya influenciado por el tema Lean es la meta que tenemos que cumplir o mejorar en nuestra obra y por consiguiente se toma como punto de partida para la elaboración del circuito fiel.

Ya definidas las consideraciones y requerimientos previos procederemos con la metodología o descripción del procedimiento de uso del Circuito Fiel, el cual se describe a continuación.

**Procedimiento:**

- Se procede a elegir la partida para la cual se desea dimensionar la cuadrilla.
- Se establece el número de horas diarias trabajadas, para un caso práctico se suele considerar un total de 9.6 horas debido a que solo se consideran los trabajos de lunes a viernes.
- Calculamos el costo de la HH para tener una idea del ahorro o la pérdida que nos puede representar incluir a más personas de las necesarias en la cuadrilla.
- De los análisis de precios unitarios se toma el rendimiento presupuestado para la partida seleccionada.
- Como para este punto ya se tiene elaborado el tren de trabajo. Un sector al día, se procede a colocar el metrado asignado para cada día según los sectores.
- Como se mantiene el personal de manera constante las horas a trabajar al día siempre serán el número de personas multiplicado por 9.6 horas
- Con todos estos datos se procede a elaborar el cuadro de circuito fiel, en la cual se tienen las HH diarias y acumuladas, los metrados diarios y acumulados, los rendimientos diarios y acumulados; y el rendimiento presupuestado.
- Una vez elaborado el cuadro se sabe que las HH diarias dependen del número de trabajadores, entonces esta herramienta consiste en iterar con cierto número y comparar el rendimiento obtenido con el presupuestado así se podrá asegurar que no se sobredimensione una cuadrilla.

Tomaremos un ejemplo práctico para él que, se tiene que para una partida de Encofrado de elementos Verticales, en el que se tiene un rendimiento presupuestado de 1.00 hh/m<sup>2</sup>, entonces si queremos cumplir con ese objetivo se debe de colocar un total de 11 personas para dicha cuadrilla, con los cuales se obtendría un rendimiento de 0.82 hh/m<sup>2</sup> y una diferencia de 0.18hh/m<sup>2</sup> que multiplicado por todo el metrado de la partida (3,845.20 m<sup>2</sup>) nos daría un ahorro en esta partida de S/. 7,110.60.

Adicionalmente en la parte de Buffer se calcula como afectaría a nuestro ahorro cada día que nos atrasemos en la partida y según los cálculos si nos llegamos a atrasar 4 días nuestros ahorros en esta partida se reducirían a solo s/. 2,675.40.

PERSONAS	11													
H DÍA	9.6													
										Last Day	Amortig.	Amortig.	Amortig.	Amortig.
Día de obra	22.00	23.00	24.00	25.00	26.00	27.00	28.00	29.00	30.00	31.00	32.00	33.00	34.00	
hh	105.60	105.60	105.60	105.60	105.60	105.60	105.60	105.60	105.60	105.60	105.60	105.60	105.60	105.60
hhacum	2,323.20	2,428.80	2,534.40	2,640.00	2,745.60	2,851.20	2,956.80	3,062.40	3,168.00	3,273.60	3,379.20	3,484.80	3,590.40	
met	101.94	135.21	142.43	120.50	101.94	135.21	142.43	120.50	101.94					
met acum	2,845.04	2,980.25	3,122.68	3,243.18	3,345.12	3,480.33	3,622.76	3,743.26	3,845.20	3,845.20	3,845.20	3,845.20	3,845.20	
Ren diario	1.04	0.78	0.74	0.88	1.04	0.78	0.74	0.88	1.04					
Ren Acum	0.82	0.81	0.81	0.81	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.85	0.88	0.91	0.93	
Rend Pres	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Formación de cuadrilla	Operario	6
	Oficial	
	Peón	5
	Total	11

Dif Rend	0.18	0.15	0.12	0.09	0.07	hh/m <sup>2</sup>
Dif HH	677.20	571.60	466.00	360.40	254.80	HH
Dif Soles	7,110.60	6,001.80	4,893.00	3,784.20	2,675.40	S/.

Figura 22: Dimensionamiento de cuadrilla con Circuito Fiel.  
Fuente: Elaboración propia

Como ejemplo adicional a continuación mostramos como varia el rendimiento si se colocan a 12 personas en la cuadrilla y el nivel de pérdidas que esto representa para la obra.

Se puede apreciar que se obtendría un rendimiento acumulado de 0.90hh/m<sup>2</sup>, con el cual aún estamos por debajo rendimiento presupuestado en 0.10hh/m<sup>2</sup> obteniendo un ahorro de S/. 4,086.40. pero en el caso de que se retrase la partida en 4 días se tendrían perdidas de s/. 751.80.

PERSONAS	12													
H DÍA	9.6									Last Day	Amortig.	Amortig.	Amortig.	Amortig.
Día de obra	22.00	23.00	24.00	25.00	26.00	27.00	28.00	29.00	30.00	31.00	32.00	33.00	34.00	
hh	115.20	115.20	115.20	115.20	115.20	115.20	115.20	115.20	115.20	115.20	115.20	115.20	115.20	
hhacum	2,534.40	2,649.60	2,764.80	2,880.00	2,995.20	3,110.40	3,225.60	3,340.80	3,456.00	3,571.20	3,686.40	3,801.60	3,916.80	
met	101.94	135.21	142.43	120.50	101.94	135.21	142.43	120.50	101.94					
met acum	2,845.04	2,980.25	3,122.68	3,243.18	3,345.12	3,480.33	3,622.76	3,743.26	3,845.20	3,845.20	3,845.20	3,845.20	3,845.20	
Ren diario	1.13	0.85	0.81	0.96	1.13	0.85	0.81	0.96	1.13					
Ren Acum	0.89	0.89	0.89	0.89	0.90	0.89	0.89	0.89	0.90	0.93	0.96	0.99	1.02	
Rend Pres	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	

Formación de cuadrilla	Operario	6
	Oficial	
	Peón	6
	Total	12

Dif Rend	0.10	0.07	0.04	0.01	-0.02	hh/m2
Dif HH	389.20	274.00	158.80	43.60	-71.60	HH
Dif Soles	4,086.60	2,877.00	1,667.40	457.80	-751.80	S/.

Figura 23: Dimensionamiento de cuadrilla con Circuito Fiel N°02  
Fuente: Elaboración propia

### 2.2.18. NIVEL GENERAL DE ACTIVIDAD

El Nivel de general de actividad es una herramienta Lean que permite ver gráficamente la distribución del trabajo general de la Obra. Con esta herramienta se puede verificar qué porcentaje de sus actividades son trabajos productivos, contributorios y no contributorios. Además, se identifica la secuencia del trabajo realizado. Es aplicable a toda la obra o a una actividad en específico sin distinguir o identificar individualmente a los trabajadores sino a las cuadrillas y la ocupación del tiempo.

Con el Nivel general de Actividad identificamos falencias y nos permite buscar reducir los trabajos contributorios y no contributorios, podemos decir que El trabajo contributorio está dividido básicamente en limpieza, transporte, inspección y recibir/dar instrucciones, etc. El trabajo no contributorio está compuesto principalmente por viajes, tiempo ocio, esperas, descanso, necesidades fisiológicas y trabajo rehecho, etc. El Nivel general de Actividad también nos permite verificar si las cuadrillas están sobredimensionadas y corregir el flujo del trabajo. (Mengoa & Naiza & Rivera, 2018, pág. 16)

#### Beneficios

- Permite conocer los niveles de productividad de la obra.

- Detecta las pérdidas más incidentes de la obra.
- Permite la reducción de tiempos de ciclo y la mejora continua.

**Herramientas**

- Formato de NGA (Un cuadro el cual debe de contar con las filas para identificar las actividades y el tipo de trabajo que está realizando TP, TC, TNC, así como otros datos que se consideren convenientes).
- Reloj.
- Lapicero y Tablilla.

A continuación, se muestra un formato de NGA.

Tabla 4: Formato de Nivel General de Actividad.

NIVEL GENERAL DE OBRA		MUESTREADOR				MUESTRA		
		ANTHONY SAMUEL ARDILES HERRERA				M-		
INICIO		FIN		FECHA				
TP: Productivo (P) TC: Mediciones (M), Transporte (T), Limpieza (L), Instrucciones (I), Habilitacion de Materiales (HM), Habilitación de equipo y Herr. (HE), Otros (OC) TNC: Esperas (E), Descanso (D), Viaje (V), Trabajo rehecho (TR), Otros (ONC)								
	CUADRILLA	TIPO		CUADRILLA	TIPO		CUADRILLA	TIPO
1				51			101	
2				52			102	
3				53			103	
4				54			104	
5				55			105	
6				56			106	
7				57			107	
8				58			108	
9				59			109	
10				60			110	
11				61			111	
12				62			112	
13				63			113	
14				64			114	
15				65			115	
16				66			116	
17				67			117	
18				68			118	
19				69			119	
20				70			120	
								151
								152
								153
								154
								155
								156
								157
								158
								159
								160
								161
								162
								163
								164
								165
								166
								167
								168
								169
								170

Fuente: Elaboración propia.

**Descripción:**

- **NGA-A:** En esta zona, se indica el nombre de la obra, el responsable a tomar los datos, la fecha de la muestra y las horas de inicio y fin de toma de datos.
- **NGA-B:** Listado de las labores, indicando el código que se usa para cada tipo de labor.
- **NGA-C:** En esta zona es donde se pone los datos muestreados. Existe una primera columna para indicar la cuadrilla, y segunda donde se pone el código respectivo de las labores realizadas por el personal obrero.

**Procedimiento:**

- Con las herramientas la persona que va a tomar las muestras debe caminar por la extensión de la obra observando a los trabajadores por cuadrillas tomando los datos sin identificar al trabajador solo viendo la actividad que viene realizando.
- Para el caso que la obra no sea extensa se escoge un punto fijo donde se puedan observar a los trabajadores y los intervalos de medición debe ser homogéneos.
- El total de medidas debe ser por lo menos 384 mediciones, lo que nos asegura un porcentaje de confiabilidad de 95% (Serpell 2002).
- Para tener una data significativa para evaluar se pide un mínimo de 5 NGA, para nuestro caso realizamos 7.
- La data se digitaliza en una hoja de cálculo de Excel con el cual se pueden sacar los cuadros resúmenes y diagramas que servirán para analizar la incidencia de las diferentes actividades que se vienen realizando en la obra.

Mediante la correspondiente hoja de cálculo de Excel, se procesa el número total de lecturas. Por ejemplo:

Tabla 5: Resumen de toma de datos NGA.

NIVEL GENERAL DE A.						
TIPOS DE TRABAJO	TP		TC		TNC	
	P	102	T	66	V	44
			M	9	E	3
			I	9	D	88
			L	9	TRH	18
			OC	33	ONC	16
			HM	1		
			HE	2		
<b>Total</b>	102	129		169		400
<b>Porcentaje</b>	25.50%	32.25%		42.25%		

Fuente: Elaboración Propia.

**Descripción:**

- **NGA-E:** En esta zona se contabiliza las lecturas, clasificándolas.
- **NGA-F:** Aquí se suma el total de lecturas según el tipo de trabajo y se determina el porcentaje de incidencia correspondiente.

**2.2.19. NORMATIVA DEL RÉGIMEN DE CONSTRUCCIÓN CIVIL**

Cuando una entidad pública ejecuta obras de construcción civil bajo la modalidad de administración directa, a los obreros contratados para realizar dicha obra de construcción se les aplicará el régimen laboral especial de construcción civil.

El régimen laboral de la construcción civil se encuentra regulado, entre otras disposiciones, por el Decreto Legislativo N° 727.

El régimen de construcción civil contiene características especiales tanto en lo referente a las condiciones de trabajo, como en su regulación legal.

## JORNAL BÁSICO DIARIO

La Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO) y la Federación de Trabajadores de Construcción Civil del Perú (FTCCP), suscribieron, el 11 de julio del año 2013, el Acta Final de Negociación Colectiva por Rama de Actividad de los años 2013-2014, que corre en el Expediente N° 029-2013- MTPE/2.14, fijándose el jornal básico diario de los trabajadores de dicha actividad.

*Tabla 6: Jornal del personal obrero.*

Condición	Jornal
Operario	S/.52.10
Oficial	S/.44.10
Peón	S/.39.40

*Fuente: Elaboración Propia.*

La vigencia de estas cantidades era del 01 de junio de 2013 hasta el 31 de mayo de 2014. Sin embargo, la Municipalidad Provincial de Puno, sigue manteniendo este monto de jornal hasta el presente año.

## DESCANSO SEMANAL

El día de descanso semanal obligatorio es equivalente al de una jornada ordinaria y se abona en forma directamente proporcional al número de días efectivamente trabajados.

## BONIFICACIÓN UNIFICADA DE CONSTRUCCIÓN (BUC)

La Bonificación Unificada de Construcción (BUC) tiene carácter de condición de trabajo y, de conformidad con la R.S.D. 193-91-1-1SDNEC.

Esta bonificación es abonada al trabajador en base a un porcentaje del jornal básico percibido, de acuerdo a la categoría a la que pertenezca. Según la Resolución Directoral N° 155-94-DPSC.

Asimismo, se debe tener presente las siguientes características:

- Se otorga por el día laborado, y para el cálculo de la BUC, no se considera el dominical ni la bonificación por movilidad.

### **BONIFICACIÓN POR MOVILIDAD ACUMULADA**

La R.S.D. N° 367-85-SD-NEC, R.S.D. N° 232-1SD-NEC y la R.D.N° 77787-DL-LIM (10.07.87) disponen que se debe pagar a los trabajadores de construcción civil por concepto de movilidad urbana e interurbana, el valor de seis pasajes urbanos.

Este concepto se abona por día trabajado, sin distinción de categoría.

### **VACACIONES**

Los trabajadores de construcción civil tienen derecho a 30 días calendario de descanso vacacional, por cada año de trabajo para un mismo empleador, siempre y cuando cumplan con los requisitos que menciona el Decreto Leg. N° 713, como son cumplir con el récord de 260 días efectivos de labor si la jornada es de 6 días a la semana.

La compensación vacacional equivale al 10 % del salario básico percibido durante el año de servicios.

### **COMPENSACIÓN POR TIEMPO DE SERVICIOS – CTS**

La compensación por tiempo de servicios para los trabajadores de construcción civil es equivalente al 15 % de las remuneraciones básicas percibidas por el trabajador durante el tiempo de servicios que laboró para un mismo empleador.

El 15 % en mención está conformado por un 12 % que corresponde realmente a la CTS y un 3 % es una sustitución de la participación en las utilidades. (D.S. 012-DT).

Para determinar el tiempo de servicios solo se computa los días efectivamente trabajados, no se incluye los días feriados, los dominicales, ni las faltas.

### **APORTES DEL EMPLEADOR**

#### **ESSALUD**

El aporte a EsSalud es de cargo del empleador y equivale al 9% de la remuneración asegurable. Para este efecto se considera remuneración asegurable la establecida por los artículos 6° y 7° del Decreto Supremo N° 003-97-TR y los artículos 19° y 20° del Decreto Supremo N° 001-97-TR.

#### **SEGURO COMPLEMENTARIO DE TRABAJO DE RIESGO (SCTR)**

El Seguro Complementario de Trabajo en Riesgo fue creado mediante la Ley N° 26790 y otorga cobertura por accidente de trabajo y enfermedades profesionales a los afiliados regulares del Seguro Social de Salud, y que laboran en un centro de trabajo en el que la entidad empleadora realiza actividades de riesgo.

La actividad de construcción civil se encuentra considerada como una actividad de riesgo, de acuerdo con el Anexo 5 de la Ley N° 26790, Ley de Modernización de la Seguridad Social y el Decreto Supremo N° 003-98-SA.

Este seguro comprende las siguientes coberturas: la cobertura de salud por trabajo de riesgo y la cobertura de invalidez y sepelio por trabajo de riesgo.

## CAPÍTULO III

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología de la investigación planteada es del tipo no experimental transeccional, ello porque no se alteran las variables: Gestión técnica, Productividad (Trabajos productivos, Trabajos Contributorios y Trabajos no contributorios) y eficiencia (en el empleo de la mano de obra). Transeccional debido que los datos se recolectaran en un tiempo de duración limitado.

##### **Nivel de gestión de obra:**

Para ello se tomó como base investigaciones realizadas que evaluaron el nivel de gestión en obras entre ellas, el libro: “Productividad en obras de construcción” del Ing. Virgilio Guio de 2001, así como la tesis de pregrado realizada por Morales y Galeas en 2006, y la tesis de pregrado realizada por Flores y Ramos en 2018.

Para la correcta evaluación del nivel de gestión se tuvo en cuenta la observación en primera persona que tuve, del desempeño del personal técnico encargado de obra, además de la realización de encuestas al personal técnico y a los maestros de obra. Con esta información se midió el nivel de gestión en cada obra con el fin de relacionarlo con el índice de productividad medido en cada una de ellas, así como con la eficiencia en el empleo de mano de obra.

La tabla con la que se evalúa el nivel de gestión, se muestra en los instrumentos de evaluación y las encuestas en los anexos correspondientes.

##### **PRODUCTIVIDAD**

Las técnicas empleadas son las del muestreo de trabajos que consistirá en observación directa para poder evaluar la productividad con herramientas LEAN como NGA. Para tener una confiabilidad del 95% se debe realizar 384 observaciones, en nuestro caso emplearemos un total de 400 observaciones por cada NGA.

En la presente investigación para la correcta evaluación de los trabajos, se definen los tipos de trabajos de la siguiente forma:

### **Trabajo Productivo (TP):**

Definimos trabajo productivo al que aporta de forma directa a la producción. Para las mediciones distinguimos dentro de las actividades productivas, las siguientes:

- Concreto: vaciado, vibrado o chuseado, regleado y dar acabado a la superficie (caso de losas).
- Acero: Colocación y acomodo de barras de acero, atortolado de mallas y refuerzos, armado de elementos estructurales fuera de sitio (para transportar y colocar formas ya armadas), doblar las varillas para darles la forma adecuada de refuerzo.
- Encofrado: Colocado de paneles de madera, y demás elementos; reforzamiento del encofrado, con alambre o clavos, desencofrado.
- Albañilería: Colocación mortero vertical y/o horizontal, colocación de ladrillos.
- Tarrajeo y Solaqueado: Paleteado, regleado de superficie, dar acabado a la superficie (con frotacho, esponja y otros).

- Afirmado: A la puesta del material en el lugar de afirmado, a la nivelación del mismo, y al compactado con plancha compactadora u otro elemento.

También consideramos como como productivas, la siguiente actividad.

- Concreto: Preparación del concreto en obra.

### **Trabajo Contributorio (TC):**

El trabajo contributorio lo definimos como el trabajo de apoyo, que debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo. Actividad necesaria, pero que no aporta valor.

De modo explicativo, dentro de las actividades contributorias consideramos: el Transporte de material y/o herramientas (T), cualquier tipo de Medición (M), la Limpieza (L), dar o recibir Instrucciones (I), y dentro de las actividades. Clasificadas como Otros contributorios (OC) tenemos, según la partida a la que pertenecen:

- Concreto: Abastecimiento de los componentes a otros recipientes, sostener los recipientes, espolvoreado de cemento puro sobre la superficie a acabar.
- Acero: Sostener una barra para que otro la atortole, marcar con tiza las barras y encofrados, armado de andamios.
- Encofrado: Sostener el encofrado (paneles, puntales, etc.) mientras otro lo asegura.
- Afirmado: Riego con agua para humedecimiento y adecuada compactación.

**Trabajo No Contributorio (TNC):**

Trabajo que no genera valor y no contribuye a otra actividad; por lo tanto, se considera como actividad de pérdida.

Análogamente, como trabajo no contributorio se considera los viajes sin llevar nada en las manos (V), las esperas del personal (E), descansos (D), rehacer un trabajo (TRH), y otros no contributorios (ONC) como ir a los servicios higiénicos, conversar, etc.

La toma de datos se hizo todos los días del periodo de evaluación, y en horarios que permitan abarcar el horario de trabajo, procurando mantener homogeneidad en la toma de NGA en todas las obras.

**EFICIENCIA EN EL EMPLEO DE MANO DE OBRA****Incidencia presupuestal de la mano de obra:**

Con los metrados de las partidas que se ejecutaron, las cuales verifiqué con el personal técnico encargado de realizarlos, así como la identificación de las partidas realizadas. Se tomó de los Análisis de Costos Unitarios la incidencia en el presupuesto de la mano de obra por metrado de las partidas ejecutadas, y se comparó con el costo ajustado a la planilla de pagos que realiza la MPP.

**Incidencia de mano de obra según expediente técnico:**

Es sabido que el expediente técnico en el presupuesto, en lo referido a costo directo, determina los montos para mano de obra, materiales de construcción, combustible, bienes y servicios, alquiler de maquinaria y/o equipo y herramientas manuales. Todos estos montos se desprenden de la cantidad de metrado de las partidas componentes del proyecto y de los análisis de costos unitarios (A.C.U.) de estas.

Conocido esto es que hallaremos la incidencia de la mano de obra según el expediente técnico referido al trabajo total realizado durante el periodo de evaluación en cada obra. A continuación, se muestra un ejemplo de ello.

Tomando la partida de pavimento de concreto de la Obra 02, se tiene:

Tabla 7: Análisis de Costos Unitarios de partida de concreto Obra 02.

Partida	01.01.04.04.02 PAVIMENTO DE CONCRETO: F'C=210 KG/CM2		Costo unitario directo por : m3					394.14
Rendimiento	m3/DIA	MO. 14.0000	EQ. 14.0000					
Codigo	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
<b>Mano de Obra</b>								
0101010003	OPERARIO	hh	3.0000	1.7143	11.91	20.42		
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	1.1429	10.23	11.69		
0101010005	PEON	hh	12.0000	6.8571	9.25	63.43		
							<b>95.54</b>	
<b>Materiales</b>								
0201030002	GASOLINA DE 84 OCTANOS	gal		0.2632	13.00	3.42		
02070200010003	AGREGADO GRUESO	m3		0.7100	60.00	42.60		
02070200010004	AGREGADO FINO	m3		0.4540	50.00	22.70		
0213010007	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5 kg)	bol		9.1800	23.00	211.14		
0290130021	AGUA	m3		0.1470	1.00	0.15		
							<b>280.01</b>	
<b>Equipos</b>								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	95.54	2.87		
03012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"	hm	0.7500	0.4286	10.00	4.29		
03012900030004	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 P3 (8 HP)	hm	1.0000	0.5714	20.00	11.43		
							<b>18.59</b>	

Fuente: Expediente técnico.

Calculo de la incidencia en el presupuesto por el metrado ejecutado según expediente:

La columna Incidencia Presupuesto, según ACU, se calcula multiplicando la mano de obra (parte del precio unitario) con el metrado. Como se observa en el siguiente cuadro, a manera de ejemplo explicativo para la partida Pavimento de concreto f'c=210kg/cm2.

Tabla 8: Incidencia de mano de obra por metrado ejecutado.

ITEM	DENOMINACION Y/O DESCRIPCION	UND	METRADO SEMANAL	INCIDENCIA DE MANO DE OBRA EN LOS A.P.U. SEGÚN EXPEDIENTE TÉCNICO								INCIDENCIA PRESUPUESTO, SEGÚN A.P.U.
				RENDIMIENTO EXPEDIENTE	PERSONAL	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL S/	COSTO MANO DE OBRA	
01.01.04.04	PAVIMENTO DE CONCRETO											
01.01.04.04.02	PAVIMENTO DE CONCRETO: F'C=210 KG/CM2	m3	45.36	14.00	OPERARIO	HH	3	1.7143	11.91	20.42	95.54	4,333.56
					OFICIAL	HH	2	1.1429	10.23	11.69		
					PEON	HH	12	6.8571	9.25	63.43		
<b>TOTAL</b>											<b>4,333.56</b>	

Fuente: Elaboración Propia.

De esta manera se procedió con todas las partidas ejecutadas durante el periodo de evaluación en cada obra, con el fin de determinar la incidencia del metrado ejecutado en el expediente técnico respecto a la mano de obra.

### **Incidencia de mano de obra por planilla en el presupuesto de obra:**

Para identificar la incidencia de la mano de obra por planilla, se Tomó en cuenta las remuneraciones y demás beneficios que considera Municipalidad Provincial de Puno en el pago de obreros, los cuales están sujetos al régimen de construcción civil. Para ello mostramos como ejemplo el cálculo de pagos al personal obrero de una planilla real.

En el marco teórico se describió el régimen de construcción civil, con las respectivas normativas que rigen el pago de remuneración y beneficios al personal obrero participante en la ejecución de obras.

Contamos con una planilla real del mes de Julio del presente año, la cual tomaremos como ejemplo explicativo en el cálculo de la incidencia de pago al personal obrero, en el presupuesto de obra. De esta manera se determinó la incidencia del personal obrero empleado en cada obra, en el periodo de evaluación. Dichos cálculos para cada obra figuran en los anexos correspondientes.

En las tablas y figura mostradas a continuación se ha comprobado el cálculo del pago al personal obrero tanto para un mes completo como para un número menor de días trabajados, en las categorías de operario, oficial y peón.



Version: 1 Pag 16

**PLANILLA UNICA DE PAGOS Nro 000156 - JULIO 2019 - PLANILLA NORMAL - OBRERO CONSTR.CIVIL - OBREROS DE CONSTRUCCION CIVIL**

Cad\_Func: Func: 015 Prog: 036 SubProg: 074 Act/Proy: 76191 Finalidad 49613 Sec. Func: 0140 Mejoramiento Del Jiron Arubá Del Barrio Union: Livanti De La Ciudad De Puno-puno-puno

File de financiamiento: Foncomuni,

REMINERACIONES Y BONIFICACIONES		APORTES DEL TRABAJADOR		DESCUENTOS VARIOS		APORTE EMPLEADOR		NETO A PAGAR / FIRMAS	
Código	Fecha Ing.	Código	Fecha Ing.	NIVEL	Días Trab.	NIVEL	Días Trab.	Essalud	Sort-salud
103	13/07/2019	103	13/07/2019	NIVEL: NINGUNO	8	NIVEL: NINGUNO	8	83.70	6.53
C.T.S.		C.T.S.		Faltas Dias		Faltas Dias		Total	
Buc		Buc		0		0		90.23	
Total		Total		0.00		0.00		434.13	
DNI: 42311704		DNI: 42311704							
104	11/02/2010	104	11/02/2010	NIVEL: NINGUNO	31	NIVEL: NINGUNO	31	173.45	29.87
C.T.S.		C.T.S.		Faltas Dias		Faltas Dias		Total	
Buc		Buc		0		0		205.32	
Total		Total		0.00		0.00		1,379.96	
DNI: 42735675		DNI: 42735675							
107	01/02/2013	107	01/02/2013	NIVEL: NINGUNO	18	NIVEL: NINGUNO	18	101.05	17.40
C.T.S.		C.T.S.		Faltas Dias		Faltas Dias		Total	
Buc		Buc		0		0		115.45	
Total		Total		0.00		0.00		1,403.86	
DNI: 01301874		DNI: 01301874							
109	03/06/2019	109	03/06/2019	NIVEL: NINGUNO	31	NIVEL: NINGUNO	31	131.17	22.59
C.T.S.		C.T.S.		Faltas Dias		Faltas Dias		Total	
Buc		Buc		0		0		153.76	
Total		Total		0.00		0.00		1,515.91	
DNI: 01217687		DNI: 01217687							
108	03/06/2019	108	03/06/2019	NIVEL: NINGUNO	16	NIVEL: NINGUNO	16	83.70	11.67
C.T.S.		C.T.S.		Faltas Dias		Faltas Dias		Total	
Buc		Buc		0		0		95.37	
Total		Total		0.00		0.00		714.29	
DNI: 23922337		DNI: 23922337							
111	06/30/2007	111	06/30/2007	NIVEL: PEON	31	NIVEL: PEON	31	146.82	25.29
C.T.S.		C.T.S.		Faltas Dias		Faltas Dias		Total	
Buc		Buc		0		0		172.11	
Total		Total		0.00		0.00		1,882.27	
DNI: 01211971		DNI: 01211971							

Figura 24: Planilla de remuneraciones de obreros en la Municipalidad Provincial de Puno 2019  
Fuente: Sub gerencia de Tesorería de la Municipalidad Provincial de Puno.

### **3.2. TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN**

La investigación es del tipo técnica y aplicada, en el nivel de exploración, descriptivo y explicativa. Es del tipo técnica y aplicada debido a que la investigación está orientada a la aplicación de herramientas de la filosofía “LEAN CONSTRUCTION”; es del nivel descriptivo debido a que mide la productividad y además es explicativa por que la investigación está dirigida a encontrar las causas de los niveles productivos.

### **3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA**

Las obras muestreadas para esta investigación fueron tomadas al muestreo casual o a conveniencia, es decir que se tomaron todas las obras (el 100%) que se ejecutaron con las características correspondientes, en el periodo que duró la investigación que abarca desde enero a Setiembre (Delimitación de la investigación) del presente año.

#### **DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Delimitar un tema de estudio significa, enfocar en términos concretos nuestra área de interés, especificar sus alcances, determinar sus límites.

Desde la óptica de Sabino (1986), la delimitación habrá de efectuarse en cuanto al tiempo y el espacio, para situar nuestro problema en un contexto definido y homogéneo. De manera tal, que delimitar una investigación significa, especificar en términos concretos nuestras áreas de interés en la búsqueda, establecer su alcance y decidir las fronteras de espacio, tiempo y circunstancias que le impondremos a nuestro estudio.

En efecto, en la delimitación debe establecerse los límites de la investigación en términos de espacio, tiempo, universo y del contenido. Según el detalle: Delimitación Espacial (referido al área geográfica y/o espacial) Delimitación Temporal (periodo seleccionado para realizar la investigación). Delimitación del Universo (básicamente hace

referencia a la población, unidades). Delimitación del Contenido (hace referencia al aspecto específico del tema a investigar). Sabino Carlos A. (1986, pág. 53).

Para nuestra investigación la delimitación de la investigación es:

Delimitación espacial: Ciudad de Puno.

Delimitación temporal: Periodo de evaluación de obras ejecutadas desde enero a setiembre del 2019, sin embargo, aquí es importante aclarar que la muestra tomada es representativa de todo el año.

Delimitación del Universo: Obras de construcción vial ejecutadas por la Municipalidad Provincial de Puno.

Delimitación del contenido: Evaluación de la gestión técnica y su relación con la productividad y eficiencia en la ejecución en obras de construcción vial.

Tabla 11: Relación de Obras Muestreadas.

OBRA:	RELACIÓN DE OBRAS EVALUADAS EN LA PRESENTE TESIS
01	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL DEL JR. RIVERA DEL MAR (CUADRA 3 Y 4), JR. CUTIMBO (CUADRA 1 Y 2) Y JR. CRUZ DEL SUR (CUADRA 2), DE LA CIUDAD DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO - PUNO"
02	CONSTRUCCIÓN DE PISTAS EN EL JR. CHAVIN Y EL PASAJE GRAN AMAUTA DE LA URBANIZACIÓN EL MIRADOR, CENTRO POBLADO DE ALTO PUNO, PROVINCIA DE PUNO-PUNO.
03	CONSTRUCCIÓN DE PISTAS, VEREDAS Y GRADERIOS EN EL JR. CHIRIHUANOS (CUADRA 1 Y 2) DEL BARRIO MACHALLATA DE LA CIUDAD DE PUNO
04	MEJORAMIENTO Y REHABILITACIÓN DEL SERVICIO VIAL URBANO, EN EL JR. SALAVERRY CUADRA 01, PASAJE SOLORZANO CASTILLO Y JR. HUASCARÁN DE LA CIUDAD DE PUNO.
05	MEJORAMIENTO DEL JIRON ARUBA DEL BARRIO UNIÓN LLAVINI DE LA CIUDAD DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO-PUNO
06	MEJORAMIENTO LA INFRAESTRUCTURA VIAL DE LA AVENIDA SIMÓN BOLÍVAR TRAMO JR. BRANDEN-AVENIDA FLORAL DE LA CIUDAD DE PUNO DEL DISTRITO DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO DE PUNO

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.4. INSTRUMENTOS

Se usaron las siguientes herramientas para el presente estudio:

#### TIPOS DE GESTIÓN

##### **Encuestas al Personal de obra:**

Se realizaron encuestas al personal que participa en la planificación de la obra con el fin de clasificar la obra por tipo de Gestión; dándole mayor valor a la observación directa que tuvo en la semana de investigación y la palabra de los últimos planificadores que vendrían a ser los maestros de obra o jefes de cuadrilla, con el objetivo de que la evaluación del nivel de gestión sea lo más real. El formato utilizado en para las encuestas se muestran en los anexos correspondientes.

##### **Clasificación del nivel gestión**

Analizamos el tipo de Gestión según los siguientes tres parámetros:

##### **Planificación**

- **Tipo de Planificación:** Se distinguen tres tipos de planificación: general donde son definidos los hitos, mediano plazo donde se planifica el uso de recursos y una planificación específica a corto plazo.
- **Autores de la planificación:** personal encargado de planificar la construcción del proyecto.
- **Planificación de utilización de recursos y de procesos:** Se tiene una planificación del uso de los materiales, equipos y la mano de obra. De igual manera se plantea el proceso constructivo, indicando el lugar y el plazo para ejecutar una tarea específica.

## **Ejecución**

- Transmisión de la planificación: Se establecen las metas y son transmitidas al maestro y jefes de cuadrilla en forma escrita.
- Responsable de la construcción: El profesional responsable que ejecuta según lo establecido, y durante la ejecución actualiza y reprograma las actividades, determinando la producción diaria en obra.
- Distribución de recursos durante la ejecución: El maestro de obra en coordinación con el residente o un responsable de la ejecución de obra distribuye los recursos (mano de obra, materiales y equipos).
- Capacitación: Se realiza una capacitación continua al personal técnico y administrativo, en temas de seguridad y mejora de procesos.

## **Control**

Tipo de control: Se tiene un control por parte del personal profesional; recorridos diarios por obra, reuniones semanales o diarias, también se realizan informes periódicos de productividad, avance de obra, calidad, para luego analizar los resultados obtenidos, proponiendo mejoras.

Actualización de la planificación: En base a los datos obtenidos, como rendimientos, porcentajes de avance, calidad, etc. se cambia o ajusta a la planificación de la obra en forma continua.

## **PRODUCTIVIDAD**

### **Nivel General de actividad de Obra:**

Es un indicador que representa el nivel de productividad del personal obrero encargado en construcción.

En este se identifica la actividad que realiza cada uno de los trabajadores de la obra, clasificando este tipo de Trabajo en Productivo (TP), Contributorio (TC) y No Contributorio (TNC), para tener un valor representativo, se identifican 400 actividades en cada medición, como se mencionó anteriorente.

El resultado de este análisis es el porcentaje de tiempo que el personal obrero dedicó a dichas actividades. El Formato que se usó para estas mediciones está en los anexos de la presente investigación.

Tabla 12: Parámetros de clasificación en la ejecución, control, etc. para determinar el tipo de gestión.

	Tipo I ADECUADA GESTIÓN	Tipo II REGULAR GESTIÓN	Tipo III BAJO NIVEL DE GESTIÓN	Tipo IV INADECUADA GESTIÓN	Puntaje max.	Porcentaje
PLANIFICACIÓN	Tipo de planificación General a mediano y corto plazo	Se realiza una planificación general y se asigna el trabajo en función a los recursos y al trabajo disponible.	Sólo se realiza una planificación general y se asigna el trabajo en función al trabajo disponible.	Se realiza de forma paralela a la ejecución de la obra.		
	1	0.75	0.5	0.25	3	30%
	Autor de la planificación e información basada Se realiza en coordinación entre el personal técnico y profesional.	Se realiza en coordinación entre el Residente y Maestro de Obra. A partir de sus experiencias.	Se realiza por el personal profesional según su experiencia y rendimientos mínimos.	Es realizada por el Maestro de obra, según su experiencia.		
1	0.75	0.5	0.25			
Ejecución	Planificación de procesos y de utilización de recursos Se planifica el uso de los recursos y la forma de ejecución de los procesos en forma detallada.	Se planifica el uso de los recursos, y la forma de ejecución de los procesos constructivos.	Se planifica el uso de los recursos, pero no la forma de ejecución de los procesos constructivos.	No se tiene una planificación para el uso de los recursos ni tampoco se diseñan los procesos.		
	1	0.75	0.5	0.25	3	30%
	Transmisión de la planificación Se definen y transmiten las metas de forma escrita.	Se establecen las metas de forma escrita, se transmiten al maestro y capataces de forma verbal.	Se establecen las metas de forma verbal, se transmiten al maestro y capataces en forma verbal.	Se conversa con el maestro de obra y el establece las metas.		
1	0.75	0.5	0.25			
CONTROL	Responsable de la construcción Se tiene un equipo responsable profesional y técnico de la obra que trabaja en forma organizada	Existe un profesional responsable permanentemente en obra	El maestro general está permanentemente en la obra. El profesional responsable la visita periódicamente.	El maestro general está permanentemente en la obra y el responsable la visita en caso de emergencia.		
	1	0.75	0.5	0.25	3	30%
	Distribución de recursos durante la ejecución El ingeniero de campo distribuye los recursos (MO, materiales y equipos)	El maestro general distribuye los recursos en coordinación con el residente (MO, materiales y equipos) bajo la supervisión del residente	El maestro general distribuye los recursos según indicaciones del residente (MO, materiales y equipos)	El maestro general distribuye los recursos (MO, materiales y equipos)		
1	0.75	0.5	0.25			
CAPACITACIÓN	Tipo de Control por parte del personal profesional Recorridos diarios por obra, reuniones diarias, con informes de productividad, avance y calidad entre otros.	Recorridos diarios por obra, reuniones semanales, con informes avance.	Reuniones y recorridos por obra periódicamente, con informes de avance.	Recorridos por obra periódicamente, con informes de avance.		
	1	0.75	0.5	0.25	3	30%
	Inspección y revisión permanente de actividades por parte del maestro de obra y asistente técnico y residente.	Inspección y revisión permanente de actividades por parte del maestro de obra.	Inspección permanente de actividades por parte del maestro de obra.	Inspección esporádica por parte del maestro de obra, es parte de una cuadrilla.		
1	0.75	0.5	0.25			
CAPACITACIÓN	Actualización de la planificación En base a los datos obtenidos en rendimientos, avance y calidad, etc. Se reprograma la obra en forma continua	Reprogramación periódica, considerando el avance sin tomar rendimientos.	Se trabajan horas extras, para cubrir los atrasos	Se aceptan los atrasos y se hace una nueva planificación		
	1	0.75	0.5	0.25	1	10%
	Se realiza capacitación de forma periódica al personal técnico, administrativo y obrero	Se realiza capacitación Solo al personal administrativo y obrero	Se realiza capacitaciones esporádicas a los obreros	No se realiza ningún tipo de capacitación		
1	0.75	0.5	0.25			

Fuente: (Morales & Galeas, 2006. Flores & Ramos 2018)

## EFICIENCIA

Para determinar esto, comparamos el avance físico con el pago al personal por planilla de pagos, obteniendo un porcentaje de ganancia o pérdida de la diferencia de estas dos cantidades, obteniendo la incidencia real del empleo de mano de obra en cada obra evaluada.

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con la información recolectada en las encuestas, así como la observación en primera persona, se evaluó el nivel de gestión en la ejecución de las obras evaluadas.

Los resultados obtenidos con las correspondientes lecturas de Nivel General de Actividad, se agruparon y se promediaron, de tal manera que se obtuvo el índice de productividad de cada obra, así también el índice de productividad promedio de la ejecución de este tipo de obras.

Se evaluó la correspondiente incidencia presupuestal en mano de obra, por las partidas ejecutadas y pago por planilla.

#### 4.1. NIVEL DE GESTIÓN DE LAS OBRAS EVALUADAS.

La gestión observada se sustentada en dos herramientas, las encuestas aplicadas al personal técnico, maestros de obra y personal obrero, como segunda herramienta contamos con la observación en primera persona de lo sucedido en obra, con el fin de descartar alguna información que no corresponda a la realidad observada.

Se evaluaron aspectos como Planificación, Ejecución, Control y Capacitación, en base a los cuadros de Virgilio Guio 2001 (Libro) y Morales-Gáneas 2006 (Tesis de pregrado) y Flores-Ramos 2018 (Tesis de pregrado).

En la siguiente tabla mostramos los tipos de gestión y el rango de puntajes que los determinan.

Tabla 13: Rangos para clasificación según Sistema de Gestión.

TIPO DE GESTIÓN	RANGO	
Tipo IV INADECUADA GESTIÓN	<b>2.5</b>	<b>4.3</b>
Tipo III BAJO NIVEL DE GESTIÓN	<b>4.4</b>	<b>6.2</b>
Tipo II REGULAR GESTIÓN	<b>6.3</b>	<b>8.1</b>
Tipo I ADECUADA GESTIÓN	<b>8.2</b>	<b>10</b>

Fuente: Elaboración propia.

Considerando las encuestas al personal técnico y profesional, así como al personal obrero, y habiendo permanecido en obra, recopilando información, así como verificando personalmente cada uno de los parámetros de calificación de la gestión en las obras evaluadas, se obtuvo los siguientes resultados de nivel de gestión en la ejecución de estas obras.

Tabla 14: Evaluación del Nivel de Gestión en la ejecución de las obras.

		Tipo I ADECUADA GESTIÓN	Tipo II REGULAR GESTIÓN	Tipo III BAJO NIVEL DE GESTIÓN	Tipo IV INADECUADA GESTIÓN	OBRA 01	OBRA 02	OBRA 03	OBRA 04	OBRA 05	OBRA 06
PLANIFICACIÓN	Tipo de planificación	General a mediano y corto plazo	Se realiza una planificación general y se asigna el trabajo en función a los recursos y al trabajo disponible.	Sólo se realiza una planificación general y se asigna el trabajo en función al trabajo disponible.	Se realiza de forma paralela a la ejecución de la obra.	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.75
		1	0.75	0.5	0.25						
	Autor de la planificación e información basada	Se realiza en coordinación entre el personal técnico y profesional.	Se realiza en coordinación entre el Residente y Maestro de Obra. A partir de sus experiencias.	Se realiza por el personal profesional según su experiencia.	Es realizada por el Maestro de obra, según su experiencia.	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.5
		1	0.75	0.5	0.25						
	Planificación de procesos y de utilización de recursos	Se planifica el uso de los recursos y la forma de ejecución de los procesos en forma detallada.	Se planifica el uso de los recursos, y la forma de ejecución de los procesos constructivos.	Se planifica el uso de los recursos, pero no la forma de ejecución de los procesos constructivos.	No se tiene una planificación para el uso de los recursos ni tampoco se diseñan los procesos	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
		1	0.75	0.5	0.25						
EJECUCIÓN	Transmisión de la planificación	Se definen y transmiten las metas de forma escrita.	Se establecen las metas de forma escrita, se transmiten al maestro y capataces de forma verbal	Se establecen las metas de forma verbal, se transmiten al maestro y capataces en forma verbal	Se conversa con el maestro de obra y el establece las metas.	0.25	0.25	0.25	0.5	0.25	0.5
		1	0.75	0.5	0.25						
	Responsable de la construcción	Se tiene un equipo responsable profesional y técnico de la obra que trabaja en forma organizada.	Existe un profesional Responsable permanentemente en obra.	El maestro general está permanentemente en la obra. El profesional responsable la visita periódicamente.	El maestro general está permanentemente en la obra y el responsable la visita en caso de emergencia.	0.75	0.5	0.75	0.75	0.75	0.75
		1	0.75	0.5	0.25						
	Distribución de recursos durante la ejecución	El ingeniero de campo distribuye los recursos (MO, materiales y equipos)	El maestro general distribuye los recursos en coordinación con el residente (MO, materiales y equipos) bajo la supervisión del residente	El maestro general distribuye los recursos según indicaciones del residente (MO, materiales y equipos)	El maestro general distribuye los recursos (MO, materiales y equipos)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.5
		1	0.75	0.5	0.25						
CONTROL	Tipo de Control por parte del personal profesional	Recorridos diarios por obra, reuniones diarias, con informes de productividad, avance y calidad entre otros.	Recorridos diarios por obra, reuniones semanales, con informes avance.	Reuniones y recorridos por obra periódicamente, con informes de avance.	Recorridos por obra periódicamente, con informes de avance.	0.5	0.25	0.25	0.5	0.5	0.75
		1	0.75	0.5	0.25						
		Inspección y revisión permanente de actividades por parte del maestro de obra y asistente técnico y residente.	Inspección y revisión permanente de actividades por parte del maestro de obra.	Inspección permanente de actividades por parte del maestro de obra.	Inspección esporádica por parte del maestro de obra, es parte de una cuadrilla.	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
		1	0.75	0.5	0.25						
	Actualización de la planificación	En base a los datos obtenidos en rendimientos, avance y calidad, etc. Se reprograma la obra en forma continua	Reprogramación periódica, considerando el avance sin tomar rendimientos.	Se trabajan horas extras, para cubrir los atrasos	Se aceptan los atrasos y se hace una nueva planificación	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.75
		1	0.75	0.5	0.25						
CAPACITACIÓN	Se realiza capacitación de forma periódica al personal técnico, administrativo y obrero	Se realiza capacitación Solo al personal administrativo y obrero	Se realiza capacitaciones esporádicas a los obreros	No se realiza ningún tipo de capacitación	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.5	
		1	0.75	0.5	0.25						
<b>Puntaje de Gestión</b>						<b>4.25</b>	<b>3.75</b>	<b>4</b>	<b>4.5</b>	<b>4.25</b>	<b>6</b>
<b>NIVEL DE GESTIÓN</b>						<b>IV</b>	<b>IV</b>	<b>IV</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>III</b>

Fuente: Elaboración propia.

## 4.2. PRODUCTIVIDAD EN LAS OBRAS EVALUADAS

Siguiendo recomendaciones para este tipo de evaluación de productividad basada en flujo, se realizaron 7 NGA para cada Obra, con el fin de tener mayor confiabilidad de los resultados, distribuyendo las lecturas en todos los días de

permanencia en obra que fue una semana, puesto que como se ha mostrado, Lean construction analiza el porcentaje de plan cumplido y la planificación semanal, además en los antecedentes presentados toman también este mismo periodo de evaluación, lo cual suma validez a la forma de evaluación que se realizó en la presente investigación.

El periodo en el que se evaluó las obras, estas tenían materiales suficientes para la realización de los trabajos correspondientes a esa semana, además debía realizarse la ejecución de trabajos de concreto (Veredas y Pavimento), como fue lo que ocurrió en los periodos de evaluación de todas las obras.

### **OBRA 01:**

Esta Obra se denominó: "MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL DEL JR. RIVERA DEL MAR (CUADRA 3 Y 4), JR. CUTIMBO (CUADRA 1 Y 2) Y JR. CRUZ DEL SUR (CUADRA 2), DE LA CIUDAD DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO - PUNO". El periodo de evaluación se dio del 08 de abril del 2019 hasta el 13 de abril del mismo.

### **DATOS DEL PROYECTO**

#### **UBICACIÓN**

- Región : Puno
- Provincia : Puno
- Distrito : Puno
- Localidad : Barrio Chacarilla Alta

#### **ACCESIBILIDAD**

El acceso a la zona específica del Proyecto se da a través de la Av. Cancharani.



Figura 25: Ubicación de Obra 02.  
Fuente: Expediente técnico.

### **PRESUPUESTO DE OBRA**

El presupuesto asciende a **S/. 708,981.68** (SETECIENTOS OCHO MIL NOVECIENTOS OCHENTA Y UNO CON 68/100 NUEVOS SOLES).

### **MODALIDAD DE EJECUCIÓN**

La modalidad de ejecución es por Administración Directa, ejecutada por la Municipalidad Provincial de Puno.

### **PERIODO DE EJECUCIÓN**

El plazo de ejecución inicial del proyecto según expediente se planteó de 120 días calendario (4.0 meses) inicial del proyecto.

### **DESCRIPCIÓN DE PERIODO DE EVALUACIÓN**

Dicha obra contaba con las siguientes características: era una obra de arrastre de la anterior Gestión de la Municipalidad Provincial de Puno. En el periodo de evaluación

se encontraban realizando el afirmado de veredas, encofrado de las mismas, así como las partidas de vaciado de concreto, tanto en veredas como de losa pavimento rígido. Entre las observaciones que tuve es que su almacén estaba ubicado a unos 200m de la zona de trabajo, además para solicitar la salida de algún material, por orden de la residencia de obra, debían llenar una cartilla de autorización antes de pedir el material directamente a almacén. El maestro de Obra fue un operario encofrador ascendido por la falta de capacidad de un anterior, Dicho maestro no contaba con la completa aprobación del personal y ello es importante para que el personal se comprometa con sus actividades diarias.

Se observó que la mayoría de días los obreros salían pasadas las 5:00p.m. es decir se quedaban horas extras, por culminar sus actividades, lo cual evidencia la falta de una adecuada planificación y programación de actividades diarias, ya que eran realizadas de manera tradicional y con una evidente falta de experiencia del maestro de obra. Se observó que la parte técnica estaba más preocupada por la parte administrativa y tramites documentarios que son un obstáculo a salvar en las obras por administración directa. También se observó que no contaban con una programación de trabajos diarios ni semanal concreta, es decir se avanzaba lo mas que se podía, pero sin el orden adecuado para poder mejorar el desempeño del personal.

En los siguientes gráficos se muestran la distribución de los valores obtenidos por los NGA en el periodo de evaluación, así como la distribución promedio que determina el índice de productividad de esta obra el cual es 22.82% (TP).

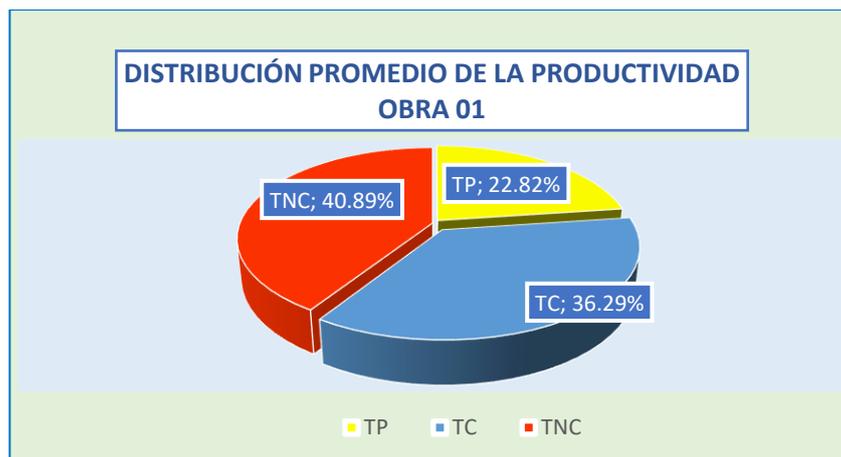


Figura 26: Distribución promedio de la productividad en la Obra 01.  
Fuente: Elaboración propia.

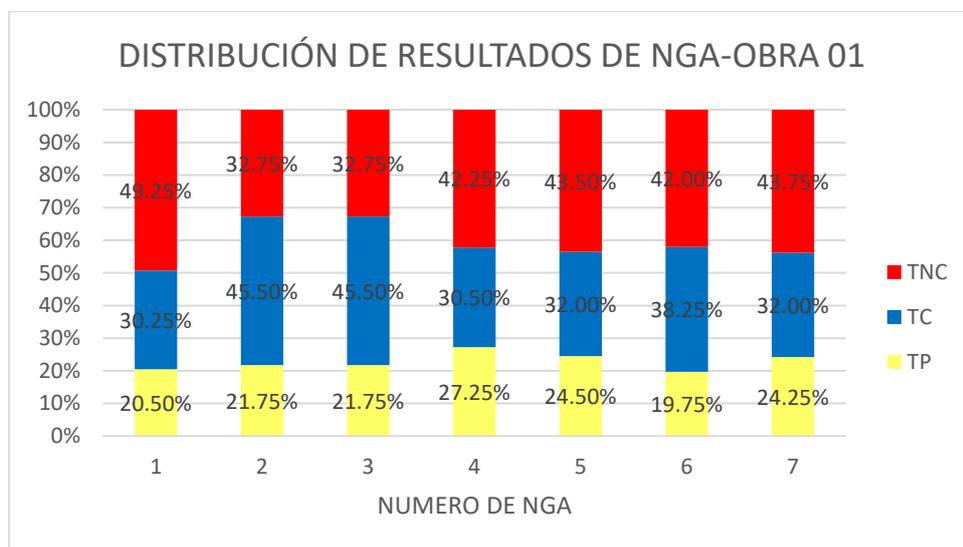


Figura 27: Distribución de la productividad - Obra 01.  
Fuente: Elaboración propia.

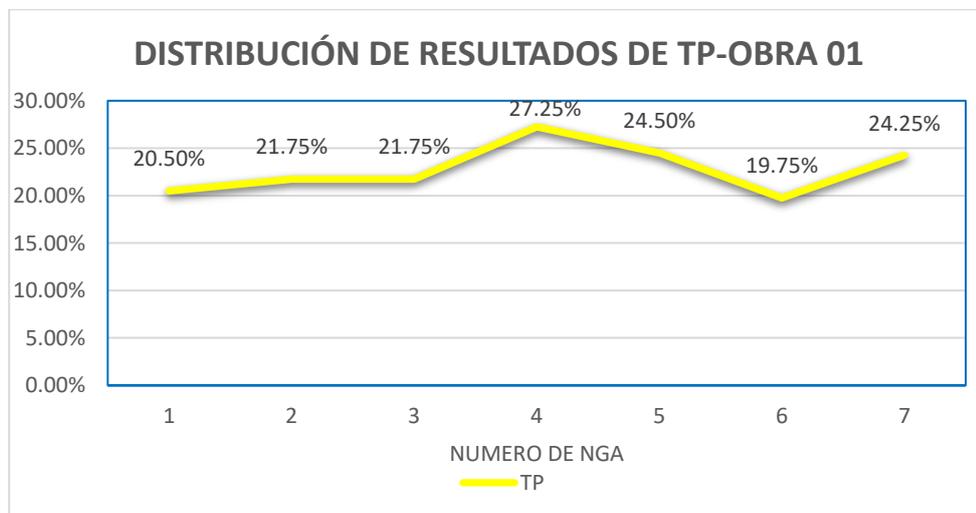


Figura 28: Distribución de Trabajo productivo – Obra 01.  
Fuente: Elaboración propia.

## OBRA 02:

Esta Obra se denominó: “CONSTRUCCIÓN DE PISTAS EN EL JR. CHAVÍN Y EL PASAJE GRAN AMAUTA DE LA URBANIZACIÓN EL MIRADOR, CENTRO POBLADO DE ALTO PUNO, PROVINCIA DE PUNO-PUNO”. El periodo de evaluación del 20 de Mayo del 2019 hasta el 25 de Mayo del mismo.

## UBICACIÓN

En Proyecto se Ubica en el Sector Oeste de la ciudad de Puno.

- Región : Puno
- Provincia : Puno
- Localidad : Alto Puno
- Barrio : Urb. El Mirador

## ACCESIBILIDAD

A la urb. El Mirador del centro poblado de Alto Puno se accede por la Av. La Cultura, la cual conecta la Urbanización con la Carretera Puno –Juliaca, vía principal de conexión con el centro de la ciudad por medio de la Av. Sesquicentenario y posteriormente Av. La torre.



Figura 29: Ubicación de Obra 02.

Fuente: Expediente técnico.

### **PRESUPUESTO DE OBRA**

El presupuesto asciende a **S/. 502,639.23** (QUINIENTOS DOS MIL SEISCIENTOS TREINTA Y NUEVE CON 23/100 SOLES).

### **MODALIDAD DE EJECUCIÓN**

La modalidad de ejecución es por Administración Directa, ejecutada por la Municipalidad Provincial de Puno.

### **PERIODO DE EJECUCIÓN:**

El plazo de ejecución inicial del proyecto según expediente se planteó de **90 días calendario (3.0 meses)**.

### **DESCRIPCIÓN DE PERIODO DE EVALUACIÓN**

Esta obra contaba con las siguientes características: el maestro de obra procuraba planificar las actividades para el día siguiente, coordinando con la parte técnica para la programación de alguna maquinaria entre otros requerimientos, la residente de obra prácticamente estuvo ausente de campo, viniendo esporádicamente a obra, pendiente de los trámites administrativos de obra realizando los seguimientos en el Municipio, dejando de lado el adecuado control de obra y su correspondiente seguimiento, era la supervisión quien pedía cuentas al maestro de obra y de alguna manera daba soluciones para que los trabajos no sean obstaculizados por descoordinaciones.

En lo que respecta al proceso constructivo, se observó que en esta obra manejaban el tiempo de fraguado del concreto, ya que los operarios trabajaban sus “paños” (Área de vereda entre juntas de dilatación o losa de pavimento) y lograban realizar 3 paños (de veredas) por operario albañil, aprovechando que las veredas eran

angostas y no llegaban a los 2 metros de ancho, sin embargo, se notó que en el transcurso de los días su trabajo no era homogéneo.

En los siguientes gráficos se muestran la distribución de los valores obtenidos por los NGA en el periodo de evaluación, así como la distribución promedio que nos determina el índice de productividad de esta obra el cual es 27.96% (TP).

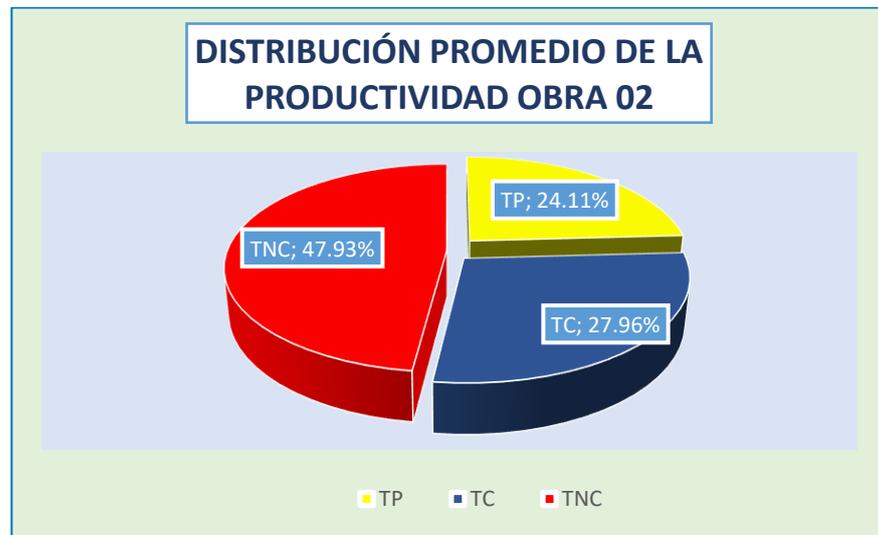


Figura 30: Distribución promedio de la productividad obra 02.  
Fuente: Elaboración propia.

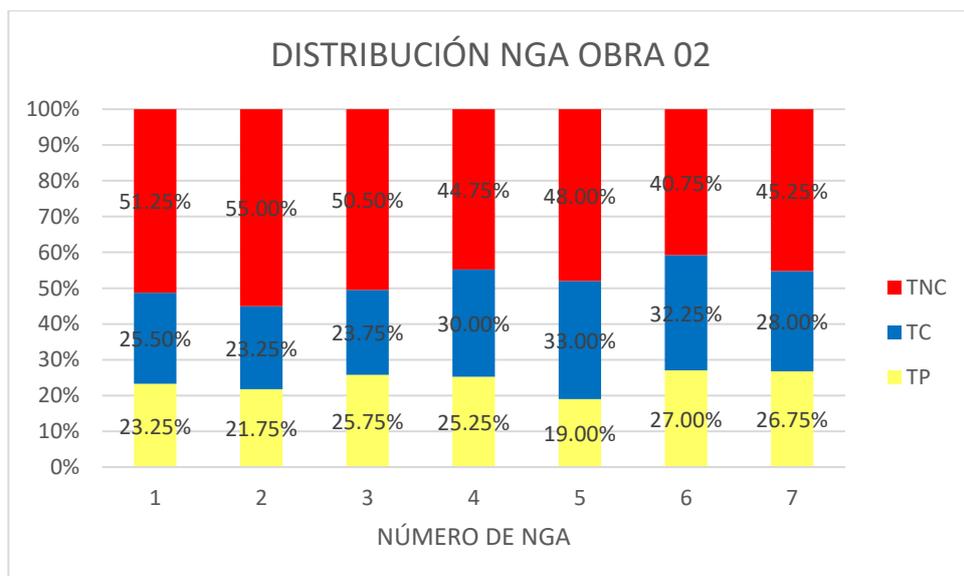


Figura 31: Distribución de la productividad – Obra 02  
Fuente: Elaboración propia

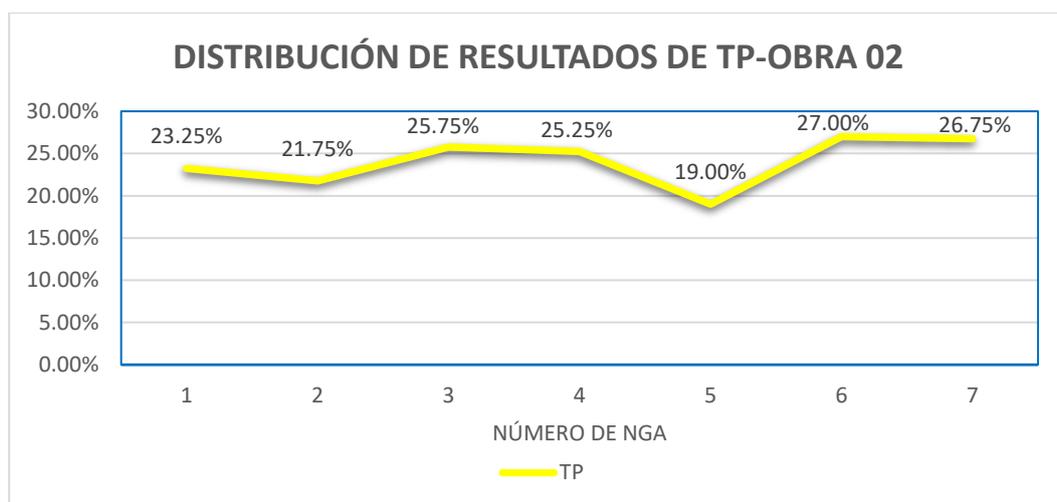


Figura 32: Distribución del trabajo productivo – Obra 02.  
Fuente: Elaboración propia

### OBRA 03:

Esta Obra se denominó: “CONSTRUCCIÓN DE PISTAS, VEREDAS Y GRADERÍOS EN EL JR. CHIRIHUANOS (CUADRA 1 Y 2) DEL BARRIO MACHALLATA DE LA CIUDAD DE PUNO”. El periodo de evaluación del 17 de junio del 2019 hasta el 22 de junio del mismo.

### UBICACIÓN

- Región : Puno
- Provincia : Puno
- Distrito : Puno
- Barrio : Machallata
- Lugar : Jirón Chirihuanos.

### ACCESIBILIDAD

El acceso peatonal y vehicular a la zona del proyecto, se da desde la intersección entre la Avda. La Torre y el Jr. Azángaro, prosiguiendo por el Jr. Azángaro hasta llegar a

la intersección con el Jr. Héroes del Pacífico y desde allí, continuar por esta vía hasta acceder al encuentro con la primera cuadra del Jr. Chirihuano.

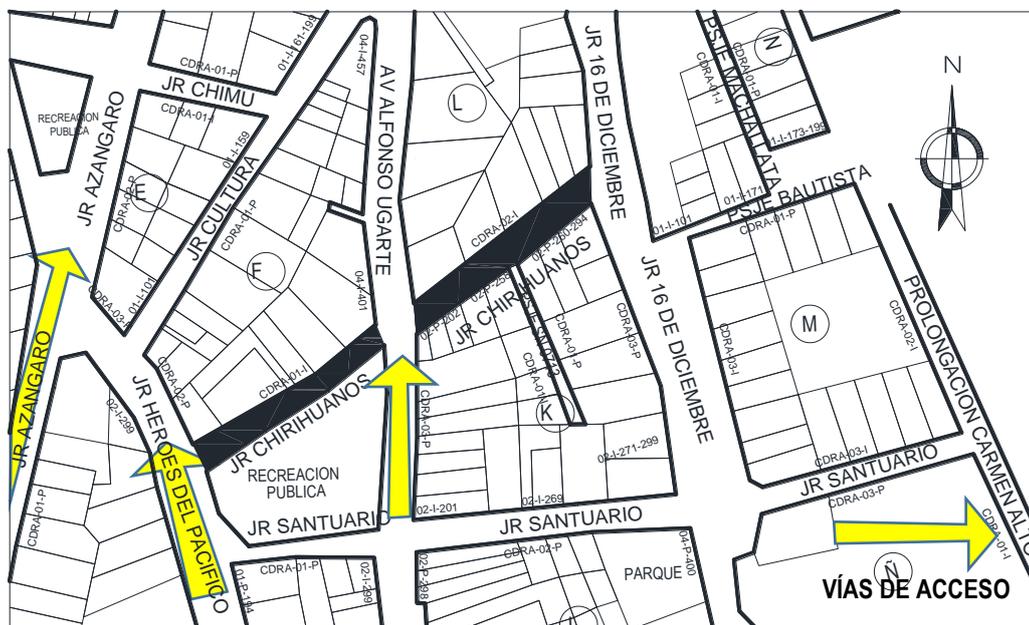


Figura 33: Ubicación de obra 03.  
Fuente: Expediente técnico.

### **PRESUPUESTO DE OBRA**

El presupuesto de la Obra asciende a la suma de: S/. 454,167.74 (CUATROCIENTOS CINCUENTA Y CUATRO MIL CIENTO SESENTA Y SIETE CON 74/100 SOLES)

### **MODALIDAD DE EJECUCIÓN**

La modalidad de ejecución es por Administración Directa, ejecutada por la Municipalidad Provincial de Puno.

### **PERIODO DE EJECUCIÓN:**

105 días Calendarios (3.50 meses).

## DESCRIPCIÓN DE PERIODO DE EVALUACIÓN

Esta obra tenía la característica de que el área de trabajo se encontraba en una pendiente que variaba entre 2.60% y 37.50%, por lo cual contaba con un sector de graderíos. En la etapa de evaluación se realizaron los trabajos de vaciado de losa que era la partida que se quería tener en la evaluación de esta obra. Se observó que el maestro de obra no planificaba correctamente sus trabajos haciendo que no haya un flujo continuo de trabajo, se vio que realizaban el trabajo al revés con una mala ubicación de la mezcladora, transportando el concreto desde la parte inferior hacia graderíos superiores, y otro día todo lo contrario, ciertamente esta obra era de área menor a las otras, pero tenía la dificultad de trabajar en pendiente, pero estos errores se debieron salvar.

Se observó que el residente de obra pasaba por encima del maestro de obra, si bien es cierto el maestro de obra está sujeto a las órdenes del residente, pero no había una adecuada coordinación dándose en campo en plena ejecución de trabajos la variación de órdenes dadas por el maestro al personal por parte del residente, generando el descontento del maestro de obra y de alguna parte del personal obrero. Esto es evidencia de una falta de coordinación y planificación de trabajos, por ambas partes.

En los siguientes gráficos se muestran la distribución de los valores obtenidos por los NGA en el periodo de evaluación, así como la distribución promedio que nos determina el índice de productividad de esta obra el cual es 17.43% (TP).

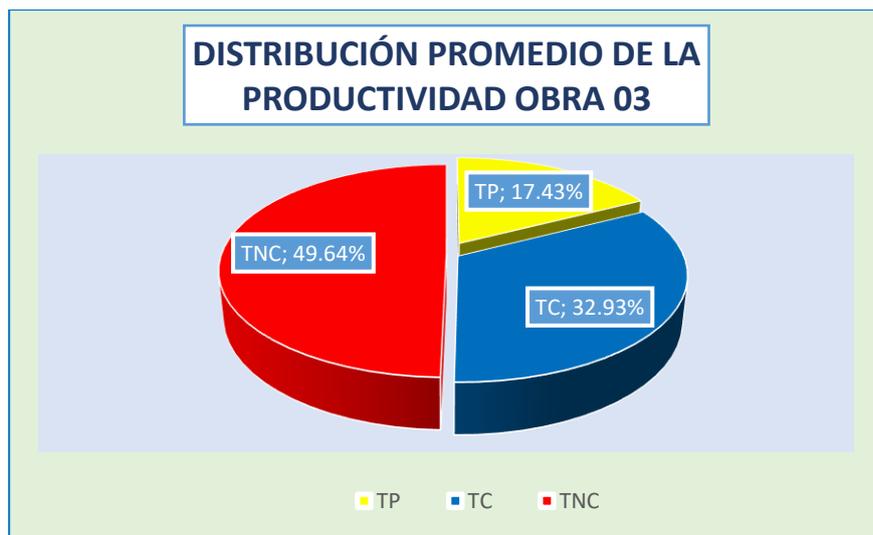


Figura 34: Distribución promedio de la productividad Obra 03  
Fuente: Elaboración propia.

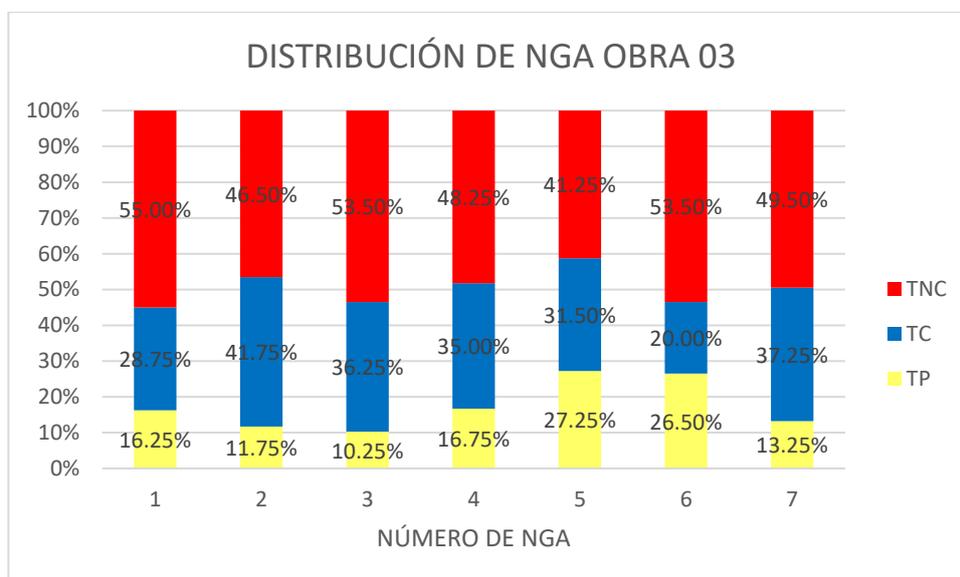


Figura 35: Distribución de la productividad - Obra 03  
Fuente: Elaboración propia

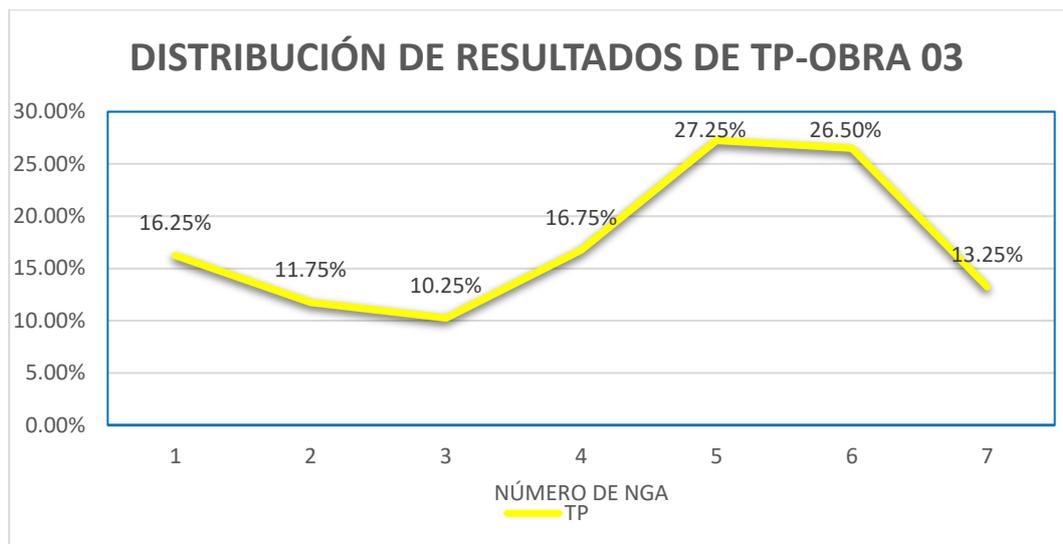


Figura 36: Distribución del trabajo productivo – Obra 03.  
Fuente: Elaboración propia

**OBRA 4:**

Esta Obra se denominó: “MEJORAMIENTO Y REHABILITACIÓN DEL SERVICIO VIAL URBANO, EN EL JR. SALAVERRY CUADRA 01, PASAJE SOLORZANO CASTILLO Y JR. HUASCARÁN DE LA CIUDAD DE PUNO”. El periodo de evaluación del 12 de agosto del 2019 hasta el 17 de agosto del mismo.

**DATOS DEL PROYECTO SEGÚN EXPEDIENTE TÉCNICO.**

**UBICACIÓN**

- Distrito : Puno.
- Provincia : Puno.
- Región : Puno.
- Localidad : Barrio Laykakota y Progreso.

Zona I: Jirón Salaverry Cuadra 01, Pasaje Solórzano Castillo.

Zona II: Jirón Huascarán.

## ACCESIBILIDAD

El acceso a las vías del Jr. Salaverry, Pasaje Solórzano Castillo y Jr. Huascarán. Se realizan por las vías principales Avenida el Sol y la Avenida Simón Bolívar dichas vías permiten la accesibilidad a las vías urbanas en mención.

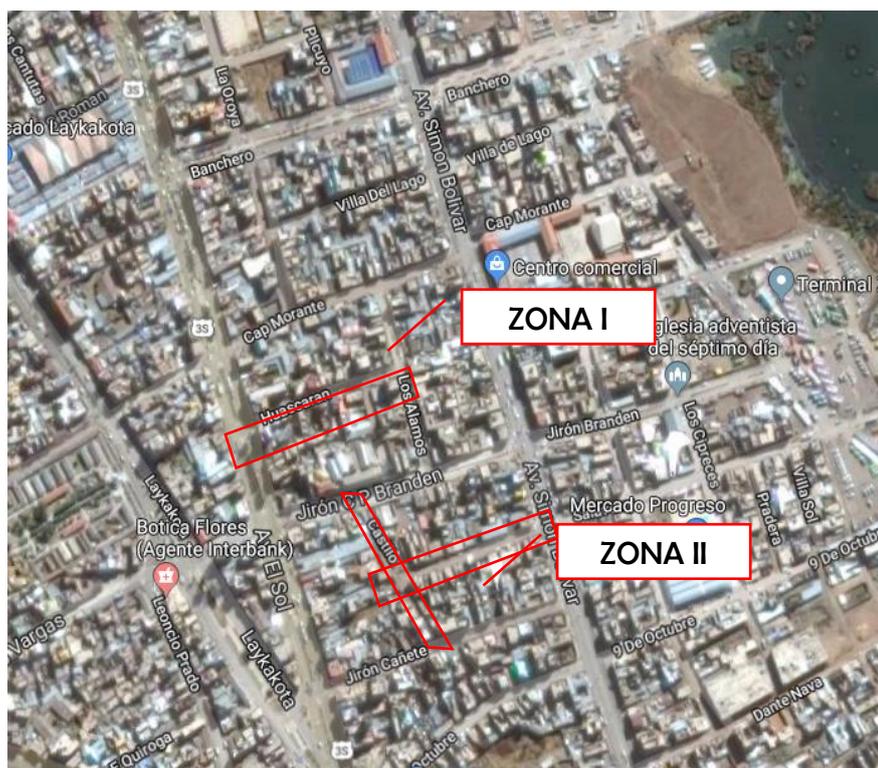


Figura 37: Ubicación de la Obra 04

Fuente: Expediente técnico.

## PRESUPUESTO DE OBRA

El presupuesto asciende a la suma de **S/ 578,697.50** (Quinientos setenta y ocho mil seiscientos noventa y siete con 50/100 soles).

## MODALIDAD DE EJECUCIÓN

La modalidad de ejecución es por Administración Directa, ejecutada por la Municipalidad Provincial de Puno.

### **PERIODO DE EJECUCIÓN:**

El plazo establecido fue de **90 días calendario (3.0 meses)**.

### **DESCRIPCIÓN DE PERIODO DE EVALUACIÓN**

Esta obra estaba en su etapa final habiendo solicitado ampliación de plazo, es la segunda obra con mayor cantidad de personal obrero, aquí trabajaban con dos mezcladoras, y se vio el traslado excesivo de una de ellas de un sector a otro debido a que esta obra tuvo dos zonas de trabajo separadas por el Jr. Branden, y quedaba trabajos por hacer en el Jr. Salaverry como lo eran las jardineras, ese tema era ambiguo por que funcionaba como un buffer, sin embargo a su vez por lo observado no se daba de manera bien coordinada, en ocasiones era necesario que las dos mezcladoras aporten a una zona de trabajo, y una era trasladada al otro punto. La residente de obra no estaba mucho en campo sin embargo estaba al tanto del avance. Por la cantidad de obreros se notaba que algunos cuando no era contralados por el maestro y la parte técnica, en ocasiones su tiempo ocio era excesivo, es decir se evidencio que si tendrían ordenes diarias bien definidas y que sean de un trabajo constante durante todos los días, se tendría un flujo de trabajo mayor. El tema del cansancio físico es un tema a tomar en cuenta, La filosofía Lean lo que busca es optimizar la productividad y rendimiento en ejecución partiendo de una adecuada planificación y programación de trabajos que va desde la parte técnica hacia el maestro de obra y personal obrero, no se trata de cargar al personal de trabajo excesivo, para que rinda más solo porque sí.

En los siguientes gráficos se muestran la distribución de los valores obtenidos por los NGA en el periodo de evaluación, así como la distribución promedio que nos determina el índice de productividad de esta obra el cual es 25.50% (TP).

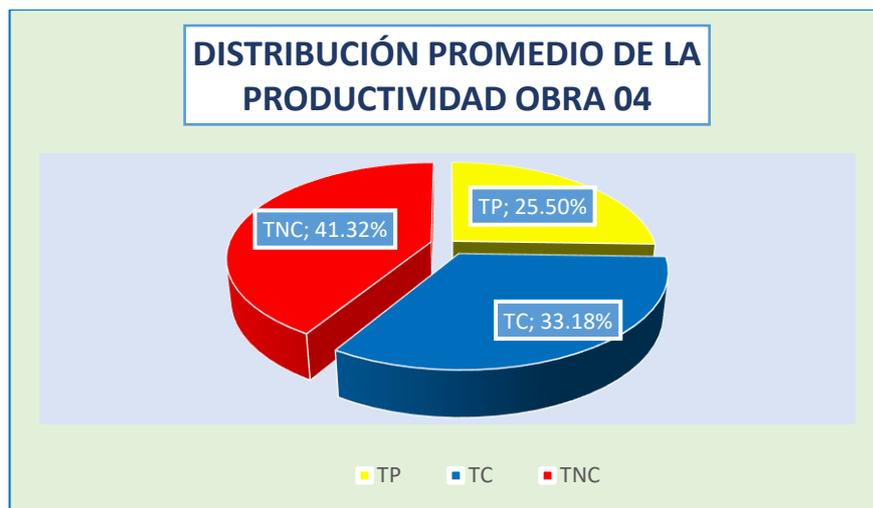


Figura 38: Distribución promedio de la productividad Obra 04  
Fuente: Elaboración propia

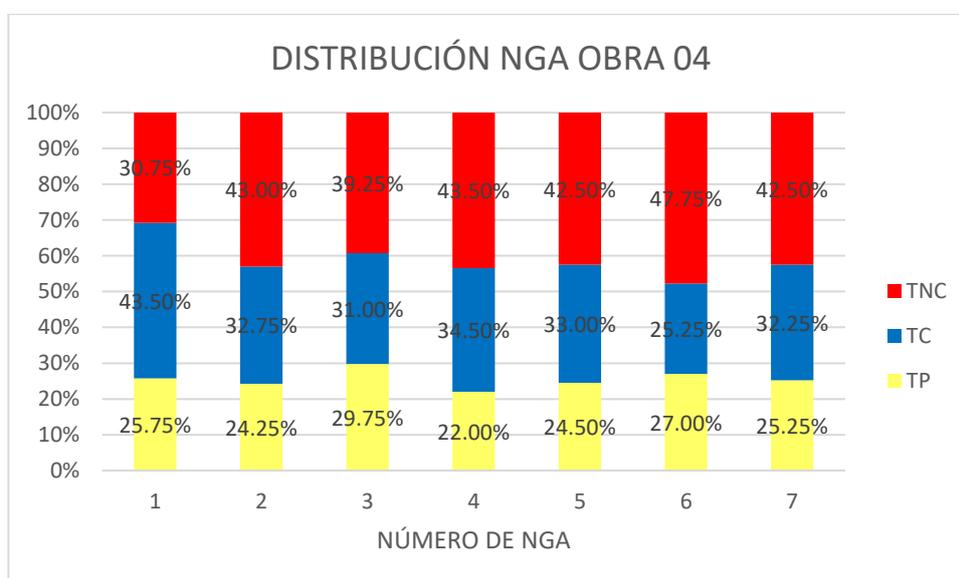


Figura 39: Distribución de la productividad - Obra 04.  
Fuente: Elaboración propia

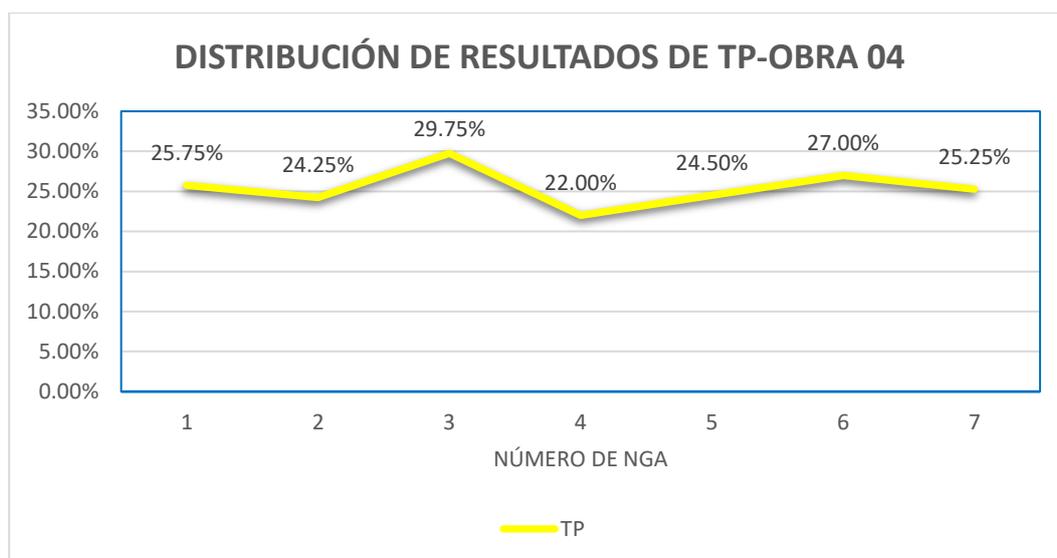


Figura 40: Distribución del trabajo productivo - Obra 04.  
Fuente: Elaboración propia

**OBRA 5:**

Esta Obra se denominó: “MEJORAMIENTO DEL JIRÓN ARUBA DEL BARRIO UNIÓN LLAVINI DE LA CIUDAD DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO-PUNO”. El periodo de evaluación del 19 de agosto del 2019 hasta el 24 de agosto del mismo.

**DATOS DEL PROYECTO SEGÚN EXPEDIENTE TÉCNICO**

**UBICACIÓN**

- Región : Puno
- Provincia : Puno
- Distrito : Puno
- Localidad : Barrio Unión LLavini

**ACCESIBILIDAD**

El acceso peatonal y vehicular a la zona por el Norte se da a través de la Av. Panamá desde la Universidad Nacional del Altiplano y luego hacia el sur por el Jr. Ortigas hasta el Jr. Colombia que finalmente conecta a la vía.



ya que todos o la mayoría atacaba una misma actividad haciendo que el flujo de trabajo sea mejor. En esta obra se me comento y pidió que haga llegar el sentir del personal obrero sobre el hecho de que en el presupuesto se considere agua para el personal, como se les da cuando trabajan en algunas empresas, este sería un tema a evaluar ya que si bien es cierto el agua aumentaría los costos del proyecto, pero evaluando la realidad en obra quizás sea más beneficioso si el personal se sienta más comprometido y trabaje con mayor ánimo y esfuerzo.

En los siguientes gráficos se muestran la distribución de los valores obtenidos por los NGA en el periodo de evaluación, así como la distribución promedio que nos determina el índice de productividad de esta obra el cual es 24.04% (TP).

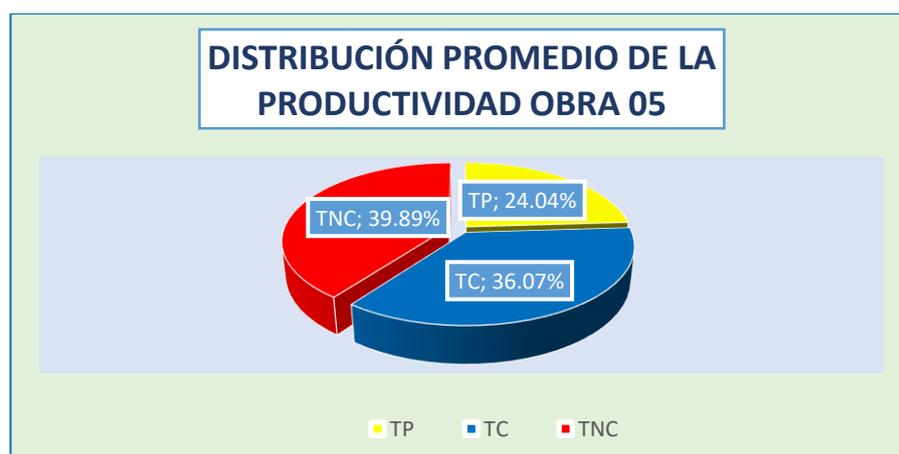


Figura 42: Distribución promedio de la productividad Obra 05  
Fuente: Elaboración propia.

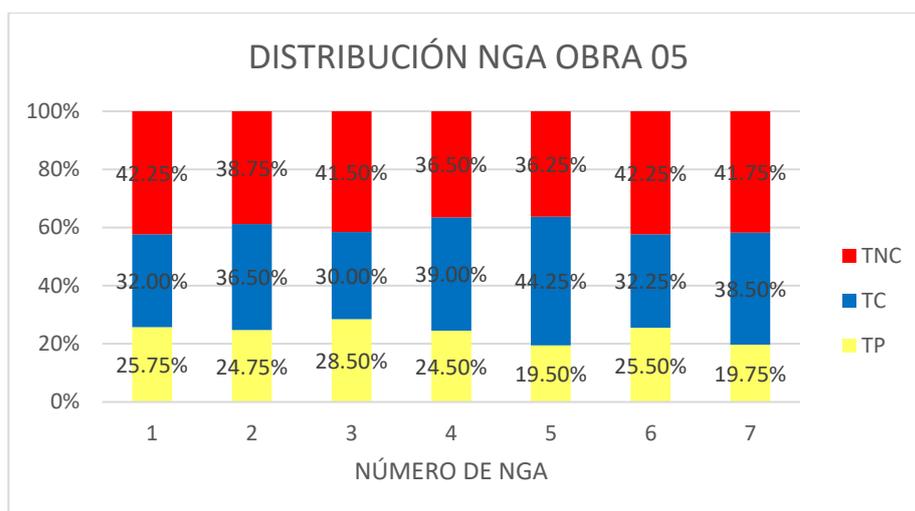


Figura 43: Distribución de la productividad - Obra 05.  
Fuente: Elaboración propia

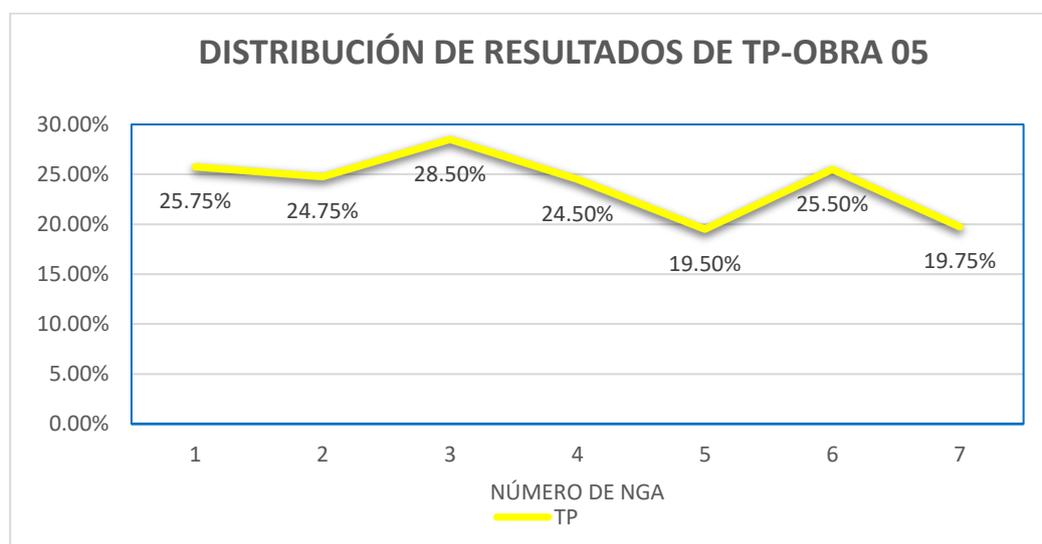


Figura 44: Distribución del trabajo productivo - Obra 05.  
Fuente: Elaboración propia

**OBRA 6:**

Esta Obra se denominó: “MEJORAMIENTO LA INFRAESTRUCTURA VIAL DE LA AVENIDA SIMÓN BOLÍVAR TRAMO JR. BRANDEN-AVENIDA FLORAL DE LA CIUDAD DE PUNO DEL DISTRITO DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO- DEPARTAMENTO DE PUNO “. El periodo de evaluación del 16 de setiembre del 2019 hasta el 21 de setiembre del mismo.

## DATOS DEL PROYECTO SEGÚN EXPEDIENTE TÉCNICO

### UBICACIÓN

- Departamento : Puno
- Provincia : Puno
- Distrito : Puno

### ACCESIBILIDAD

El acceso peatonal y vehicular a la zona por el Norte se da a través de la Av. Floral y luego hacia el sur por el Jr. Branden que son los accesos a los extremos norte y sur de la zona del proyecto. La zona del proyecto es una vía principal de la ciudad de Puno, porque brinda acceso a la plaza de armas de la ciudad, es una vía de enlace entre calles y jirones.



Figura 45: Ubicación de la Obra 06  
Fuente: Expediente técnico

### PRESUPUESTO DE OBRA

El presupuesto asciende a la suma de **S/. 6,660,029.20** (SEIS MILLONES SEISCIENTOS SESENTA MIL VEINTINUEVE CON 2/100 SOLES)

### **MODALIDAD DE EJECUCIÓN**

La modalidad de ejecución es por Administración Directa, ejecutada por la Municipalidad Provincial de Puno.

### **PERIODO DE EJECUCIÓN:**

El plazo de ejecución del proyecto es de 210 días calendario (07 Meses).

### **DESCRIPCIÓN DEL PERIODO DE EVALUACIÓN**

Esta obra es la de mayor extensión en área de intervención, en presupuesto, en personal técnico y personal obrero de todas las obras evaluadas, contaba con un Ingeniero Residente, un especialista en Pavimentos, un especialista en Arquitectura, un Asistente técnico de ingeniería, un asistente técnico de arquitectura, un asistente de saneamiento y un topógrafo y dos gestores sociales. En el periodo de evaluación esta obra dividió a su personal en dos cuadrillas grandes, una que avanzaba las primeras cuerdas de la avenida Simón Bolívar, y otra que trabajaba en las cuerdas intermedias desde la cuadra 7 en adelante, esta obra es la más compleja en extensión en área de veredas, en conflictos sociales, entre otros factores.

Con todo lo mencionado se trabajaban en dos frentes, y existía coordinación entre los jefes de cuadrilla y el especialista de arquitectura, con el fin de definir los alineamientos para la ejecución de trabajos, sólo que se daba sobre la ejecución, y ello implica pérdida pues no se tenía claros los trabajos a realizar. En el periodo de evaluación primero la ejecución de veredas. Observando el desempeño del personal técnico y obrero para evaluarlos correspondientemente.

En los siguientes gráficos se muestran la distribución de los valores obtenidos por los NGA en el periodo de evaluación, así como la distribución promedio que nos determina el índice de productividad de esta obra el cual es 30.79% (TP).

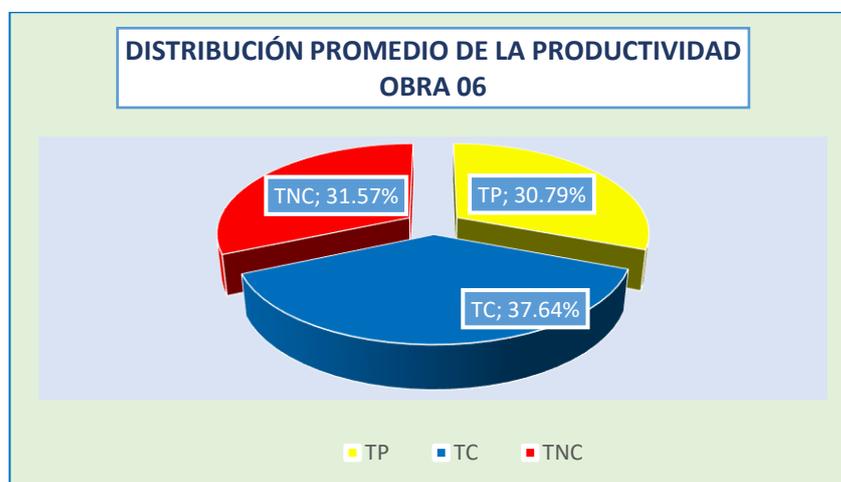


Figura 46: Distribución promedio de la productividad Obra 06.  
Fuente: Elaboración propia.

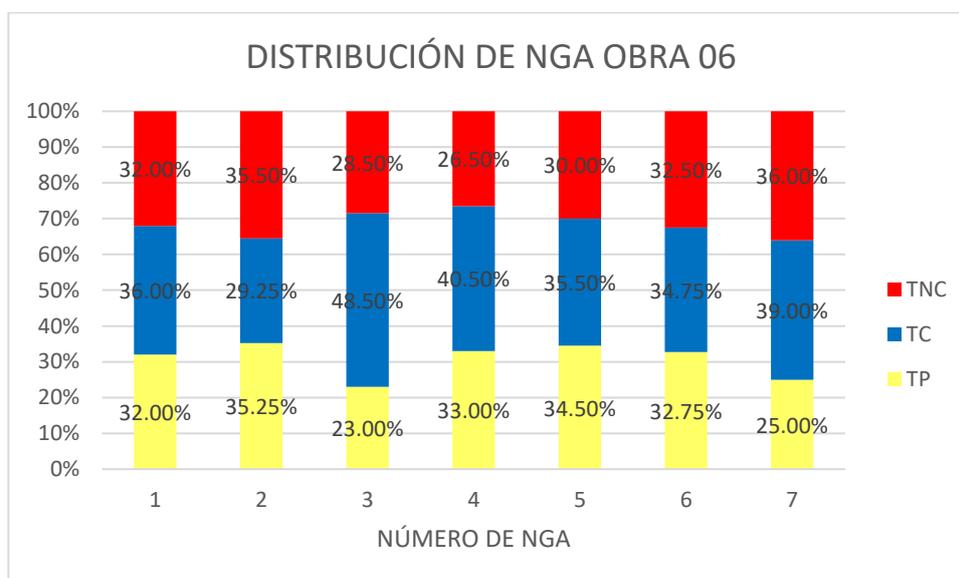


Figura 47: Distribución de la productividad - Obra 06.  
Fuente: Elaboración propia

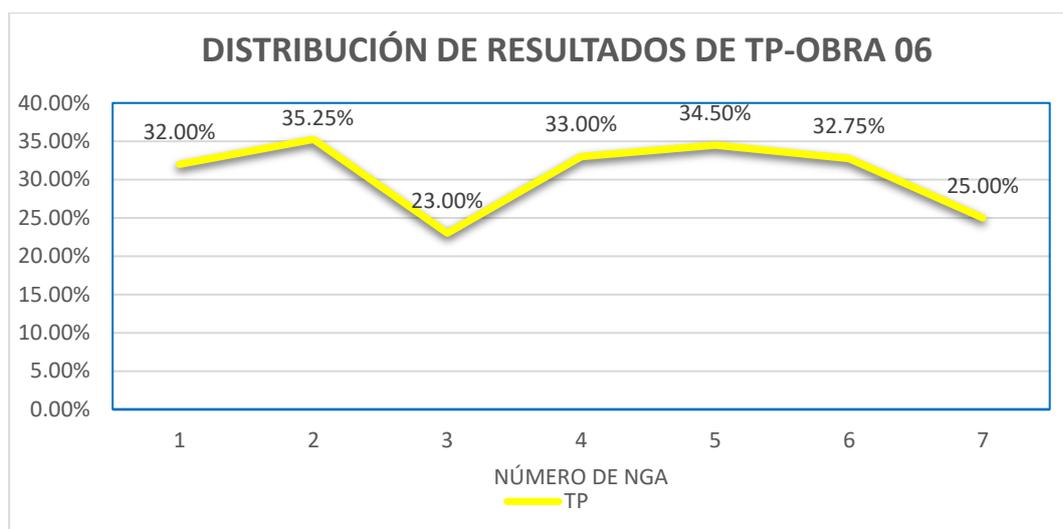


Figura 48: Distribución del trabajo productivo - Obra 06.  
Fuente: Elaboración propia

### RESULTADO PROMEDIO DE LA PRODUCTIVIDAD

Obteniendo promedio de la productividad de las obras visitadas, tenemos los siguientes resultados: El índice de productividad en obras de construcción vial en la ciudad de Puno ejecutadas por la Municipalidad Provincial de Puno 2019 es 24.11%, Se presenta en el siguiente cuadro el resumen y promedio de los datos obtenidos.

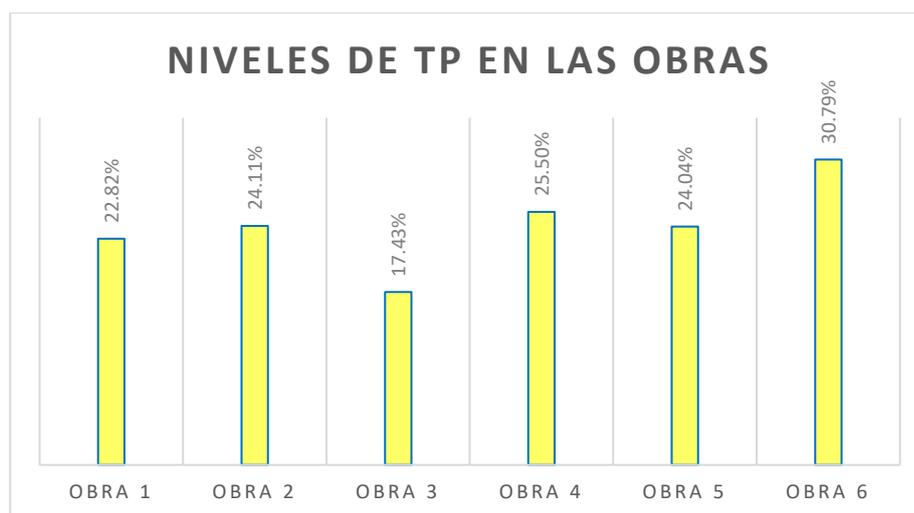
Tabla 15: Resultados de la productividad promedio de las Obras evaluadas.

	Trabajo productivo	Trabajo contributorio	Trabajo no contributorio
Obra 1	22.82%	36.29%	40.89%
Obra 2	24.11%	27.96%	47.93%
Obra 3	17.43%	32.93%	49.64%
Obra 4	25.50%	33.18%	41.32%
Obra 5	24.04%	36.07%	39.89%
Obra 6	30.79%	37.64%	31.57%
<b>Promedio</b>	<b>24.11%</b>	<b>34.01%</b>	<b>41.88%</b>

Fuente: Elaboración propia

### TRABAJO PRODUCTIVO

En la presente investigación tenemos un máximo de 30.79% y un mínimo de 17.34%, como observamos en el grafico a continuación.



*Figura 49: Niveles de TP en las Obras visitadas.  
Fuente: Elaboración propia.*

Como se observa, tenemos la Obra 6 con un índice de productividad del 30.79%, Dicha Obra es la que cuenta con mayor supervisión diaria ya que cuenta con mayor personal técnico que todas las demás, así como también tienen jefes de cuadrilla, lo cual se ve reflejado en este resultado.

La lectura más baja la tiene la Obra 3 ya que contaba con mayor dificultad en los procesos constructivos ya que la zona de trabajo se desarrollaba en una pendiente elevada, entre otras notables deficiencias en la planificación de los trabajos.

### **TRABAJO CONTRIBUTORIO**

Los Trabajos contributorios, como ya está definido son las labores necesarias de apoyo para poder realizar un trabajo productivo. En la presente investigación se obtuvo, un máximo de 37.64% y un mínimo de 27.96% como se aprecia en el siguiente gráfico:

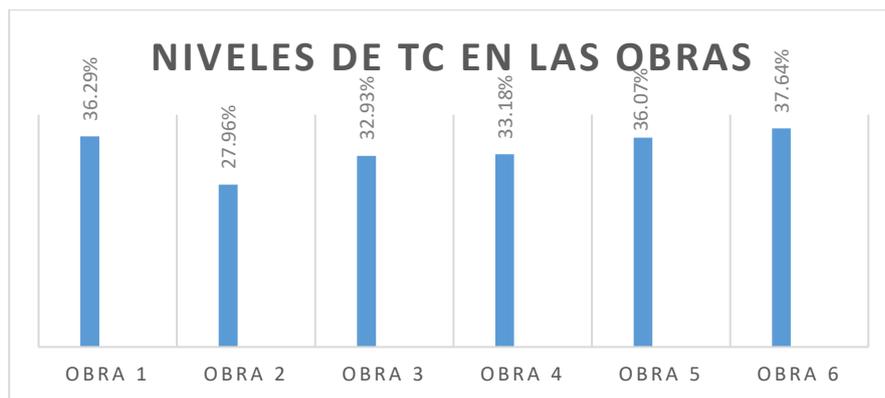


Figura 50: Niveles de TC en las Obras visitadas.  
Fuente: Elaboración propia.

De estos datos podemos ver que casi todos los resultados se aproximan debido al ritmo de trabajo similar en estas obras, sin embargo, en la obra 6 podemos ver que su nivel de TC 37.64% y TP 30. son los más altos, esto debido al ritmo de trabajo viene a ser el mayor en todas las obras evaluadas.

### TRABAJO NO CONTRIBUTORIO

El TNC es toda labor que no tiene valor y tampoco es necesario para la ejecución de la actividad y nuestra meta deber ser eliminarlo o disminuirlo a lo mínimo posible, para esta investigación tenemos un máximo de 49.64% y un mínimo de 31.57%, como se aprecia en el grafico a continuación.

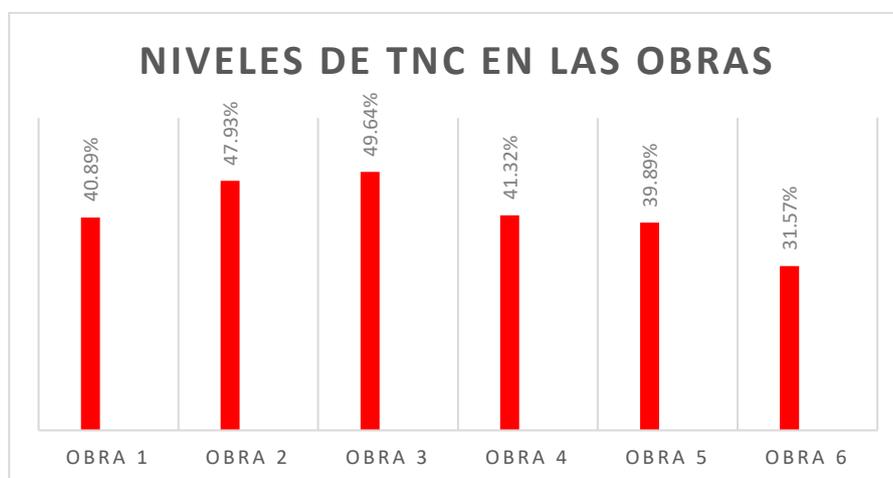


Figura 51: Niveles de TNC en las obras visitadas.  
Fuente: Elaboración propia.

El TNC de 49.64% de mayor valor pertenece a la Obra 3, que a su vez es la obra que tiene el menor TP de 17.43%. Caso contrario de en la obra 6, que es la de valor de TNC 31.57% que es el menor, y es la de mayor índice de productividad.

#### **4.3. INCIDENCIA DE LA MANO DE OBRA EN EL PRESUPUESTO**

Para determinar este valor lo que se hizo es, teniendo los metrados diarios, se calculó la valorización según el precio unitario de cada partida, solamente referido a la mano de obra, tanto Peones, Oficiales y Operarios dependiendo de cada partida.

Es decir, la valorización del trabajo ejecutado, pero solamente considerando la mano de obra en cada partida, ello nos sirve para evaluar si los trabajos ejecutados guardan relación con la cantidad de personal con el que se cuenta en obra para dichos trabajos, de tal manera de determinar si la obra pierde o gana en función de los trabajos ejecutados. Este punto es de mayor importancia en obras por contrata, sin embargo, podemos desprender de este análisis algunas observaciones importantes.

Para contrastar la incidencia de la mano de obra, por otro lado, se determinó la incidencia de la cantidad de operarios, oficiales y peones con su respectiva asistencia durante el periodo de evaluación en cada obra, ello tomando como base la Planilla Normal de Obreros de construcción Civil correspondiente a este año, con la cual se renumera a los obreros en la Municipalidad Provincial de Puno. Adecuándola a la asistencia del personal en el periodo de evaluación en cada obra para que el periodo sea el mismo que el de los metrados ejecutados.

Los cálculos de la asistencia de obreros según su cargo y correspondiente incidencia en el presupuesto se detallan en los anexos de la presente investigación. Lo propio con la incidencia de los metrados ejecutados.

A continuación, mostramos el cuadro resumen de estos análisis de incidencia del personal obrero en el presupuesto. Considerando un porcentaje de ganancia o pérdida de la diferencia de incidencia por metrado y por planilla respecto de los trabajos ejecutados.

Tabla 16: Resumen de incidencia en el presupuesto-Obreros.

RESUMEN INCIDENCIA PRESUPUESTO-OBROS					
OBRA	METRADO	PLANILLA	DIFERENCIA	DIF. PORCENTUAL	
OBRA-01 (CHACARILLA)	S/. 7,457.95	S/. 7,795.12	-S/. 337.16	-4.52%	
OBRA-02 (ALTO PUNO)	S/. 9,171.14	S/. 9,081.25	S/. 89.89	0.98%	
OBRA-03 (CHIRIHUANOS)	S/. 8,353.92	S/. 7,702.21	S/. 651.71	7.80%	
OBRA-04 (SALAVERRY)	S/. 15,423.63	S/. 12,920.18	S/. 2,503.45	16.23%	
OBRA-05 (ARUBA)	S/. 9,860.68	S/. 9,113.76	S/. 746.92	7.57%	
OBRA-06 (SIMON BOLIVAR)	S/. 40,120.40	S/. 40,207.04	-S/. 86.64	-0.22%	

Fuente: Elaboración propia

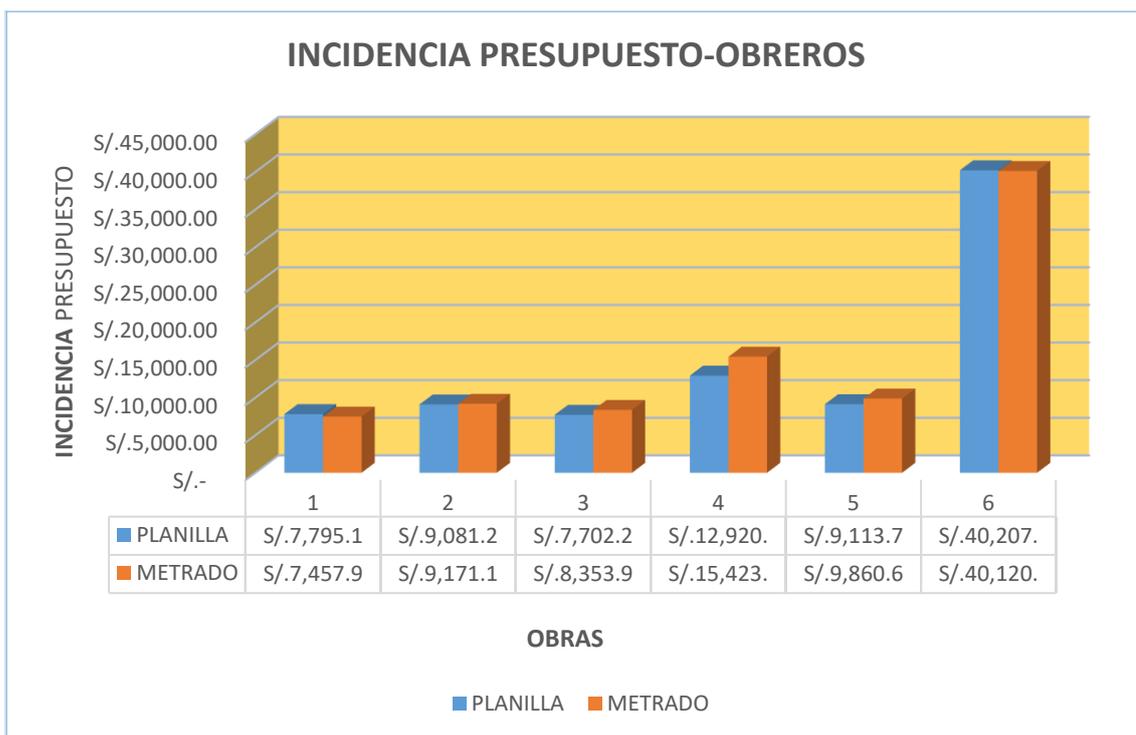


Figura 52: Incidencia presupuestal-obros.  
Fuente: Elaboración propia

De este análisis, podemos ver que la incidencia en el presupuesto del personal obrero, tanto en planilla como en metrado es cercana. Sin embargo, podemos decir que

en todas las obras era posible mejorar el avance con una mejor planificación de los trabajos, luchando contra la variabilidad que siempre se presenta en ejecución de obras. Sin necesidad de exigir de más al personal necesariamente. Con ello se podría haber superado a la incidencia en la planilla de obreros. Podemos observar que en la obra 4 se obtiene ganancia respecto al gasto en personal, podemos mencionar que ello se debe a que esta obra estaba a finales de su plazo y les quedaba todavía mucho trabajo por culminar, además de mencionar que se quedaban horas extras es decir el personal salía en promedio pasadas las 5:00 pm.

Debemos aclarar que el personal obrero en todas estas obras, nunca salía a las 4:30 pm exactamente, siempre se quedaban más sobre todo los operarios albañiles dando acabado a sus respectivos trabajos, sin embargo, no perciben ninguna remuneración por trabajo de horas extras.

Otro análisis que debemos tener es que, en todas las obras evaluadas, se realizaron trabajos con concreto, tanto en veredas, losa de pavimento entre otros. Existe similitud entre las condiciones de las obras evaluadas en la presente investigación, salvando el hecho ya conocido de que estas obras infieren en retrasos de plazo de ejecución debido a problemas logísticos y burocráticos engorrosos a los que están sometidos sobre todo en requerimiento de materiales y servicios. Con lo cual tendría mayor validez evaluar todo lo pertinente en la presente investigación, ya que se ha evaluado las obras teniendo materiales para la ejecución de sus correspondientes trabajos en el periodo de evaluación.

Sabemos que las partidas que más valorizan son las referentes a trabajos de concreto, por esta razón es que los trabajos ejecutados y la planilla están cercanos en

monto, ya que como se ha podido demostrar, el ritmo de trabajo en estas obras sigue siendo mejorable.

#### 4.4. RELACIÓN DEL TIPO DE GESTIÓN CON EL NIVEL DE PRODUCTIVIDAD

Con el análisis anteriormente descrito se presenta el listado de obras indicando su tipo de gestión y el índice de productividad obtenido a partir del análisis de Nivel general de Actividad, así como el resultado de la evaluación de la gestión de cada una, como se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 17: Nivel de Gestión y nivel de productividad por obra.

OBRA	Puntaje	Tipo de Gestión	Trabajo productivo	Trabajo contributorio	Trabajo no contributorio
Obra 6	6.00	III	30.79%	37.64%	31.57%
Obra 5	4.25	IV	24.04%	36.07%	39.89%
Obra 4	4.50	III	25.50%	33.18%	41.32%
Obra 3	4.00	IV	17.43%	32.93%	49.64%
Obra 2	3.75	IV	24.11%	27.96%	47.93%
Obra 1	4.25	IV	22.82%	36.29%	40.89%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18: Productividad promedio según Tipo de Gestión.

Tipo de Gestión	Trabajo productivo	Trabajo contributorio	Trabajo no contributorio
III	28.14%	35.41%	36.45%
IV	22.10%	33.31%	44.59%

Fuente: Elaboración propia

Observando las Tablas anteriores podemos decir que:

- La Obra 6 Cuenta con el mayor puntaje en Nivel de Gestión, y a su vez es la Obra que tiene el mayor índice de productividad (TP), Lo cual se

debe a que cuenta con mayor cantidad de personal técnico, que a su vez realizan un control mayor. Sin embargo, su nivel de gestión en ejecución sigue siendo de nivel III que es bajo, ello debido a que falta implementar mayores métodos de gestión que ayudarían a mejorar varios aspectos en la ejecución de los trabajos.

- Por otro lado, la Obra 2 cuenta con el nivel de gestión menor no coincidiendo con el nivel de productividad en el cual ocupa el tercer lugar, con un 23.11%, sin embargo, de los trabajos en campo el encargado era netamente el maestro de Obra, no habiendo un control ni presencia continua por parte del residente de Obra, ya que se ocupaba mayormente de trámites administrativos lo cual es quizás una de las mayores limitantes en las obras por administración directa como ya fue mencionado.
- Podemos ver del promedio del índice de productividad según el tipo de gestión, viendo que para el tipo de Gestión del tipo III el promedio es 28.14% de TP, y para el tipo de Gestión IV es 22.10%. De este análisis se demuestra la marcada diferencia e importancia del Tipo de gestión que realiza el personal técnico en la ejecución de obras.

### **CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES**

Diversos autores expresan escalas de interpretación, que se muestran a continuación:

**Escala 1:** El coeficiente de correlación oscila entre  $-1$  y  $+1$ , el valor  $0$  que indica que no existe asociación lineal entre las dos variables en estudio.

**Escala 2:**

Correlación negativa perfecta	: -1
Correlación negativa fuerte moderada débil	: -0,5
Ninguna correlación	: 0
Correlación positiva moderada Fuerte	: +0,5
Correlación positiva perfecta	: + 1 1

**Escala 3:**

- 1) Perfecta  $R = 1$
- 2) Excelente  $R = 0.9 \leq R < 1$
- 3) Buena  $R = 0.8 \leq R < 0.9$
- 4) Regular  $R = 0.5 \leq R < 0.8$
- 5) Mala  $R < 0.5$  (6)

**Escala 4:** Rango Relación

0 – 0,25: Escasa o nula

0,26-0,50: Débil

0,51- 0,75: Entre moderada y fuerte

0,76- 1,00: Entre fuerte y perfecta

Recuperado de: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1729-519X2009000200017](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-519X2009000200017)

**Correlación entre Nivel de Gestión y Productividad**

Para determinar la correlación se hizo uso del software SPSS, que es un programa estadístico informático muy usado en las ciencias sociales y aplicadas en investigación.

Obteniendo el siguiente Coeficiente de Correlación entre Gestión técnica y productividad:

Tabla 19: Correlación entre Gestión técnica y productividad.

Correlación entre Gestión Técnica y Productividad	
Correlación de Pearson	<b>0.798</b>

Fuente: Elaboración propia

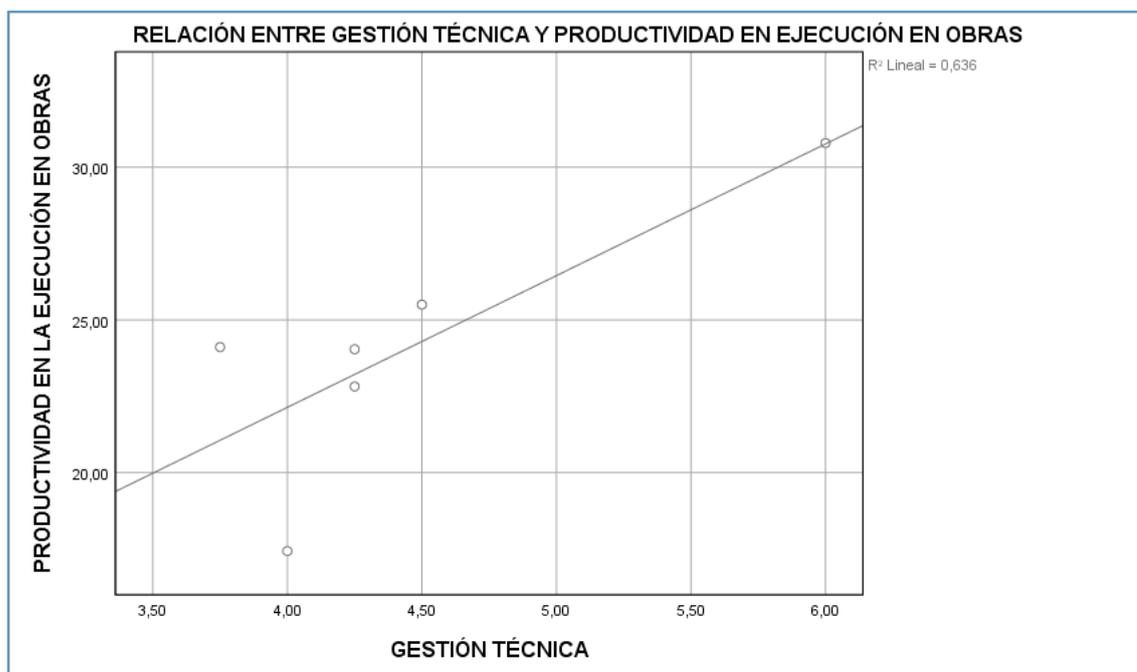


Figura 53: Relación entre gestión técnica y productividad  
Fuente: Elaboración propia

Del cuadro y gráfico correspondiente, observamos que existe una correlación (r – Pearson = 0.798) positiva, y fuerte entre las variables gestión técnica y productividad.

#### 4.5. RELACIÓN DEL TIPO DE GESTIÓN CON LA EFICIENCIA EN EL EMPLEO DE MANO DE OBRA

Con los análisis anteriormente descritos se presenta el listado de obras indicando su tipo de gestión y la eficiencia respecto al porcentaje de ganancia o pérdida correspondiente. Se muestra a continuación los datos y la correlación entre la gestión técnica y eficiencia del empleo de mano de obra.

Tabla 20: Nivel de gestión y eficiencia.

NIVEL DE GESTIÓN Y EFICIENCIA EN EL EMPLEO DE MANO DE OBRA				
OBRA	PUNTAJE DE GESTION	NIVEL DE GESTIÓN	GANANCIA O PERDIDA	EFICIENCIA
OBRA 1	4.25	IV	-S/. 337.16	-4.52%
OBRA 2	3.75	IV	S/. 89.89	0.98%
OBRA 3	4.00	IV	S/. 651.71	7.80%
OBRA 4	4.50	III	S/. 2,503.45	16.23%
OBRA 5	4.25	IV	S/. 746.92	7.57%
OBRA 6	6.00	III	-S/. 86.64	-0.22%

Fuente: Elaboración propia

Observando la tabla anterior podemos decir que:

- La Obra 6 Cuenta con el mayor puntaje en Nivel de Gestión, sin embargo, tiene una eficiencia negativa en el empleo de mano de obra, esto debido a que la valorización de los trabajos ejecutados en el periodo de evaluación, respecto a la mano de obra no cubre el monto de gasto por planilla de pagos para el personal obrero. La diferencia es mínima, sin embargo, existe pérdida de -0.22%.
- La obra 2 que tienen el menor puntaje en gestión técnica, tiene una eficiencia positiva del 0.98% obteniendo ganancia respecto a los trabajos ejecutados y al gasto por planilla de pagos.

- La obra 4 que tiene un valor intermedio de 4.50 en puntaje de gestión, es la que cuenta con mayor eficiencia correspondiente a 16.23% de ganancia. Respecto al pago de planillas y trabajos ejecutados.
- Se observa que los puntajes de nivel de gestión y eficiencia en el empleo de mano de obra no guarda una relación directa, ello debido a que influyen otros factores, como el desempeño de cada maestro de obra en sus correspondientes obras, además del trabajo en horas que sobrepasan su horario de trabajo normal, por culminar sus trabajos, además del apuro por cumplir los plazos. La obra 4 era la que tenía menos plazo y mayor trabajo por culminar, estos factores explican el por qué no necesariamente guardan relación el nivel de gestión con la eficiencia en el empleo de mano de obra respecto al pago de planillas.

A continuación, se muestra la correlación de Gestión técnica y eficiencia en el empleo de mano de obra:

Tabla 21: Correlación entre gestión técnica y eficiencia.

Correlación entre Gestión Técnica y Eficiencia	
Correlación de Pearson	<b>-0.155</b>

Fuente: Elaboración propia

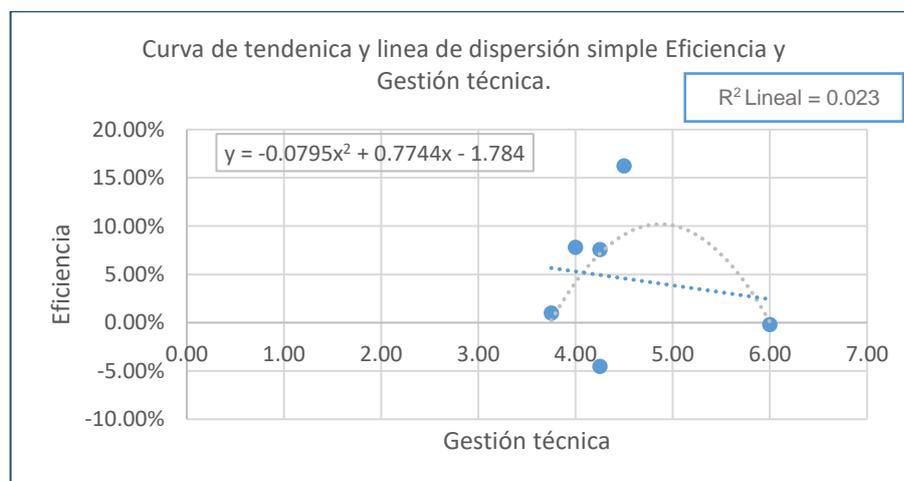


Figura 54: Relación entre gestión técnica y eficiencia  
Fuente: Elaboración propia.

Del cuadro y gráfico correspondiente, observamos que existe una correlación ( $r$  – Pearson = -0.155) negativa y escasa entre las variables gestión técnica y eficiencia.

Así mismo se observa el coeficiente de determinación o correlación múltiple  $R^2$  = 0.023, mostrando hay gran dispersión en los datos. Haciendo poco predecible el comportamiento de las variables evaluadas, siendo la que se ajusta más al comportamiento que muestran los datos evaluados, entre eficiencia y gestión técnica.

La curva de tendencia es una curva polinómica de segundo grado, siendo la que se ajusta más al comportamiento que muestran los datos evaluados, entre eficiencia y gestión técnica:  $y = -0.0795x^2 + 0.7744x - 1.784$ .

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES

#### GENERAL:

- Existe una correlación ( $r - \text{Pearson} = 0.798$ ) directa, positiva fuerte entre las variables gestión técnica y productividad. Existe una correlación ( $r - \text{Pearson} = -0.155$ ) negativa y escasa entre las variables gestión técnica y eficiencia en el empleo de la mano de obra.

#### ESPECIFICAS:

- El nivel de Gestión en las obras de construcción vial en la ciudad de Puno en 4 obras es del tipo de Gestión IV (Inadecuada Gestión) y en 2 de ellas del tipo Gestión III (Bajo nivel de Gestión).
- El índice de productividad en las Obra de construcción vial en la ciudad de Puno es de 24.11% y un Trabajo contributorio de 34.01% y Trabajo no contributorio de 41.88% en Promedio de todas las obras evaluadas. Teniendo como valor máximo el de 30.79% de Trabajo Productivo, correspondiente a la Obra 6: MEJORAMIENTO LA INFRAESTRUCTURA VIAL DE LA AVENIDA SIMÓN BOLÍVAR TRAMO JR. BRANDEN-AVENIDA FLORAL DE LA CIUDAD DE PUNO DEL DISTRITO DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO DE PUNO. El mínimo valor es de 17.43% de Trabajo productivo, Correspondiente a la obra 3: CONSTRUCCIÓN DE PISTAS, VEREDAS Y GRADERÍOS EN EL JR. CHIRIHUANOS (CUADRA 1 Y 2) DEL BARRIO MACHALLATA DE LA CIUDAD DE PUNO.

- El promedio del índice de productividad según el tipo de gestión, viendo que para el tipo de Gestión del tipo III el promedio es 28.14% de TP, y para el tipo de Gestión IV es 22.10%. Con lo cual se ve la relevante relación entre el nivel de gestión por parte de la parte técnica encargada de obra en la ejecución, con los índices de productividad del personal.
- La incidencia de la participación de la mano de Obra en la ejecución de construcción vial en la ciudad de Puno Guarda proximidad entre la incidencia de trabajos ejecutados y la planilla de obreros, en periodos evaluados, donde no se tuvieron problemas con materiales y se ejecutaron partidas de concreto. Siendo en 2 de las obras evaluadas mayor el gasto por planilla de pagos.

## CAPÍTULO VI

### 6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la difusión y aprendizaje de conceptos y herramientas de Lean Construction, ya que nos permite implementar múltiples beneficios tanto en Planificación Control y Evaluación de proyectos de construcción en todas sus etapas, desde diseño, ejecución y mantenimiento. la implementación en obra, requiere compromiso mas no conlleva mucha inversión. Y debe de implementarse en obras de toda envergadura y de cualquier modalidad de ejecución utilizando las herramientas aprovechables acorde a la realidad de cada obra.
- Se recomienda la implementación de herramientas Lean en la ejecución de obras en general por sus beneficios comprobados en todo tipo de obras, referente al tipo de obras de administración directa que fueron evaluadas, se recomienda no descuidar la correcta programación y control de los trabajos, por ocuparse de trámites administrativos dificultosos. Entre estas herramientas: Last Planner, Lookahead, PPC, Lineas de Balance. Así también realizar controles de niveles de productividad, con NGA, en todas las obras de tal manera de tener estos registros, ya que lo que no se mide, no se controla y lo que no se controla no se mejora. De tal manera que nos permita mejorar en campo, con soluciones validas en coordinación entre el maestro de obra y con la parte técnica. Así como la evaluación de gestión y eficiencia en el empleo de mano de obra en toda ejecución.

- Se recomienda a la Municipalidad Provincial de Puno evaluar propuestas de solución que faciliten la adquisición de bienes y servicios, priorizando el abastecimiento a las obras, para no acarrear retrasos por esto, haciendo más eficientes sus procesos administrativos.

## CAPÍTULO VII

### 7. REFERENCIAS

- Guio C. V, (1ra Ed). (2001). PRODUCTIVIDAD EN OBRAS DE CONSTRUCCIÓN Diagnóstico, Crítica y Propuesta. Lima, Perú: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Morales, N. & Galeas, P. (2006). DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE EL GRADO DE INDUSTRIALIZACIÓN Y LOS SISTEMAS DE GESTIÓN CON EL NIVEL DE PRODUCTIVIDAD EN OBRAS DE CONSTRUCCION. (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Guzmán Tejada, A. (2014). *APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION EN LA PLANIFICACIÓN, PROGRAMACIÓN, EJECUCIÓN Y CONTROL DE PROYECTOS*. (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Flores, E. & Ramos, M. (2018). *ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD EN OBRAS DE CONSTRUCCIÓN VIAL EN LA CIUDAD DE AREQUIPA*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.

- Chávez, J. & De la Cruz, C. (2014). *APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION EN UNA OBRA DE EDIFICACIÓN (CASO: CONDOMINIO CASA CLUB RECREA – EL AGUSTINO)*. (Tesis de pregrado). Universidad San Martín de Porres, Lima, Perú.
- Castillo, J. (2015). *PLANIFICACIÓN 4D EN LA OBRA DE EDIFICACIÓN VILLA MUNICIPAL BOLIVARIANA TORRE C-D, APLICANDO SOFTWARES ESPECIALIZADOS BIM Y PARTE DE LA HERRAMIENTA LAST PLANER* (Tesis de pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.
- Ramos, M. & Rios, D. & Rodriguez, H. (2014). *MEJORAMIENTO DE LA PLANIFICACIÓN EN EL PROYECTO DE REMODELACIÓN CLINICA DEL PARQUE* (Tesis de maestría). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
- Ramos, M. & Rios, D. & Rodriguez, H. (2014). *MEJORAMIENTO DE LA PLANIFICACIÓN EN EL PROYECTO DE REMODELACIÓN CLINICA DEL PARQUE* (Tesis de maestría). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
- Mengoa, O. & Naiza, H & Rivera, C. (2018) *ANÁLISIS DE LA PRODUCTIVIDAD DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS APLICANDO FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION PARA OBRAS CIVILES DE GRAN MINERÍA (Caso de estudio: HV Contratistas-Truck*

*Shop SMCV*). (Tesis de maestría). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.

- Serpell B., A. (2da Ed). (2002). ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES DE CONSTRUCCIÓN. México D. F., México: Editorial Alfaomega grupo editor S. A.
- Sabino Carlos A. (1986) *EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN*. Caracas: Editorial Panapo.

# ANEXOS