

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**Estudio de productividad mediante cartas balance de una obra de
instalación de los sistemas de abastecimiento de agua potable en Lima**

Metropolitana, 2023

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

AUTOR:

Italo Francesco Tapia Huertas

ASESOR:

Diego Alfredo Fuentes Hurtado

Lima, Marzo, 2024

Informe de Similitud

Yo, DIEGO ALFREDO FUENTES HURTADO, docente de la Facultad de INGENIERIA CIVIL de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor(a) de la tesis/el trabajo de investigación titulado

Estudio de productividad mediante cartas balance de una obra de instalación de los sistemas de abastecimiento de agua potable en Lima Metropolitana, 2023, del autor Italo Francesco Tapia Huertas ,
dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 14%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 27/06/2024.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: Lima, 27 de junio del 2024

Apellidos y nombres del asesor: <u>FUENTES HURTADO DIEGO ALFREDO</u>	
DNI: 46054853	Firma 
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5856-6088	

RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo describir la productividad de la mano de obra en un proyecto de abastecimiento de agua potable en Lima, específicamente en sus dimensiones de costo, horas – hombre y velocidad de producción. La justificación de este estudio radica en la necesidad de aumentar la productividad en este tipo de proyectos, dado que el saneamiento es el segundo rubro con mayor déficit por cubrir según el Plan Nacional de Infraestructura 2019.

Para lograr el objetivo, se emplearon como herramientas las cartas balance de cuadrilla, recurso de Lean Construction, útil para realizar un diagnóstico de la productividad de una cuadrilla de una actividad específica, dividiendo sus tipos de trabajo en Productivo, Contributorio y No Contributorio. En ese sentido, la hipótesis de investigación plantea que el trabajo productivo global de la obra debería ser 28% o más, tomando como referencia el estudio de 50 obras en Lima llevado a cabo por Virgilio Ghio en el año 2000.

Así, se realizaron muestreos de 384 mediciones en intervalos de 30 segundos, para cada uno de los integrantes de las cuadrillas analizadas en las 05 actividades más incidentes en costo del proyecto. Los resultados finales globales dan un Trabajo Productivo del 32.1%, un Trabajo Contributorio de 29.2% y un Trabajo No Contributorio del 38.7%, comprobándose la validez de la hipótesis planteada. En base a este resultado, se concluye que potencialmente se pierde un total de 9165.3 hh, equivalente a S/. 178 615.5.

De igual modo, también se concluye que casi el 50% de las pérdidas globales se deben al proceso “Esperas”, ligándose estas, en gran medida, a la actividad de “Excavación de zanja en terreno normal”. Por lo tanto, dicha actividad representa un cuello de botella para las actividades concatenadas, siendo la más crítica y en la que debe enfocarse el mejoramiento.

AGRADECIMIENTOS

A Ysabel y Elías, mis padres,
por su estoica paciencia
y su incondicional respaldo.

¡Infinitas gracias!

DEDICATORIA

Dedicado a Elías Tapia Julca, mi papá,
por siempre ser mi fuente de inspiración;
y a Doménico Miraval Tapia, mi sobrino,
quien nació junto a esta tesis y en quien deseo
plantar una semillita de inspiración.

Índice

CONTENIDO	PAG.
Índice de Tablas	vii
Índice de Figuras	viii
Resumen	xi
Abstract	xiii
Introducción	xv
 Capítulo I: Planteamiento del problema	
1.1. Situación problemática	1
1.2. Formulación del problema.....	1
1.2.1. Problema general.....	1
1.2.2. Problemas específicos	2
1.3. Objetivos de la Investigación	2
1.3.1. Objetivo general	2
1.3.2. Objetivos específicos	2
1.4. Justificación e Importancia	3
1.5. Viabilidad.....	4
1.6. Limitaciones	4
1.7. Hipótesis	5
1.7.1. Hipótesis general	5
1.7.2. Hipótesis específicas	5
 Capítulo II: Marco Teórico	
2.1. Antecedentes	6
2.2. Bases Teóricas	8
2.2.1. Productividad	8
2.2.1.1 Definición de productividad	8
2.2.1.2 Productividad de mano de obra	9
2.2.1.3 Parámetros de productividad: velocidad y rendimiento	10
2.2.1.4 Factores que influyen en la productividad de mano de obra.....	11
2.2.1.5 Mejora de la productividad	12
2.2.2. Nueva filosofía de producción	12
2.2.2.1. Modelo de conversión de procesos vs. Modelo de flujo de procesos...	12
2.2.2.2. <i>Lean Production</i>	14
2.2.2.3. Teoría de las restricciones	16
2.2.3. Herramientas de <i>Lean Construction</i>	17
2.2.3.1. Definición de <i>Lean Construction</i>	17
2.2.3.2. El último planificador (<i>Last Planner</i>)	18
2.2.3.3. <i>Look Ahead Planning</i>	18
2.2.3.4. Nivel general de actividad	19
2.2.3.5. Carta Balance o Carta de Equilibrio de Cuadrilla	19
2.2.4. Diagnóstico de la productividad en Perú	21

2.2.5. Sistemas de abastecimiento de agua potable en Lima Metropolitana	23
2.3. Definición de términos básicos	27

Capítulo III: Metodología

3.1. Diseño de la Investigación	30
3.1.1. Enfoque de la investigación	30
3.1.2. Tipo de Investigación	30
3.1.3. Nivel de Investigación	30
3.2. Variables y Matriz de Operacionalización	31
3.3. Población y Muestra	31
3.4. Técnicas de recolección de datos	32
3.4.1. Herramientas de recolección	32
3.4.2. Procedimiento de recolección	33
3.5. Técnicas de procesamiento de datos	34

Capítulo IV: Desarrollo de la Investigación

4.1. Datos generales del proyecto	35
4.2. Elección de partidas para analizar	36
4.2.1. Elección de actividades en “Obras civiles – Estructuras”	36
4.2.2. Elección de actividades en “Líneas de agua potable”	38
4.3. Toma de muestras con cartas balance	39
<i>4.3.1. Actividad 01: Vaciado de concreto en anillo de reservorio</i>	<i>39</i>
4.3.1.1. Descripción proceso constructivo Actividad 01	39
4.3.1.2. Reconocimiento TP, TC y TNC	39
4.3.1.3. Diagrama de flujo de Actividad 01	40
4.3.1.4. Recursos utilizados	40
4.3.1.5. Distribución de cuadrilla para Actividad 01	41
4.3.1.6. Tablas de resultados y gráficos por trabajador	41
4.3.1.6.1. Primer muestreo de Actividad 01 – Por trabajador	41
4.3.1.6.2. Segundo muestreo de Actividad 01 – Por trabajador	42
4.3.1.7. Tablas de resultados y gráficos por cuadrilla	43
4.3.1.7.1. 1er Muestreo de Actividad 01 – Por cuadrilla	44
4.3.1.7.2. 2do Muestreo de Actividad 01 – Por cuadrilla	45
4.3.1.8. Cálculo de parámetros de productividad	46
<i>4.3.2. Actividad 02: Excavación de zanja en terreno rocoso</i>	<i>47</i>
4.3.2.1. Descripción proceso constructivo Actividad 02	47
4.3.2.2. Reconocimiento TP, TC y TNC	47
4.3.2.3. Diagrama de flujo de Actividad 02	48
4.3.2.4. Recursos utilizados	48
4.3.2.5. Distribución de cuadrilla para Actividad 02	48
4.3.2.6. Tablas de resultados y gráficos por trabajador	49
4.3.2.6.1. Primer muestreo de Actividad 02 – Por trabajador	49
4.3.2.6.2. Segundo muestreo de Actividad 02 – Por trabajador	50
4.3.2.7. Tablas de resultados y gráficos por cuadrilla	51
4.3.2.7.1. Primer muestro de Actividad 02 – Por cuadrilla	51
4.3.2.7.2. Segundo muestro de Actividad 02 – Por cuadrilla	52
4.3.2.8. Cálculo de parámetros de productividad	53

4.3.3. <i>Actividad 03: Excavación de zanja en terreno normal</i>	54
4.3.3.1. Descripción proceso constructivo de Actividad 03	54
4.3.3.2. Reconocimiento TP, TC y TNC	54
4.3.3.3. Diagrama de flujo de Actividad 03	55
4.3.3.4. Recursos utilizados	55
4.3.3.5. Distribución de cuadrilla para Actividad 03	56
4.3.3.6. Tablas de resultados y gráficos por trabajador	56
4.3.3.6.1. Primer muestreo de Actividad 03 – Por Trabajador	56
4.3.3.6.2. Segundo muestreo de Actividad 03 – Por Trabajador	57
4.3.3.7. Tablas de resultados y gráficos por cuadrilla	58
4.3.3.7.1. Primer muestreo de Actividad 03 – Por cuadrilla	58
4.3.3.7.2. Segundo muestreo de Actividad 03 – Por cuadrilla	59
4.3.3.8. Cálculo de parámetros de productividad	60
4.3.4. <i>Actividad 04: Tendido de tubería en zanja</i>	61
4.3.4.1. Descripción proceso constructivo Actividad 04	61
4.3.4.2. Reconocimiento TP, TC y TNC	61
4.3.4.3. Diagrama de flujo de Actividad 04	62
4.3.4.4. Recursos utilizados	62
4.3.4.5. Distribución de cuadrilla para Actividad 04	63
4.3.4.6. Tablas de resultados y gráficos por trabajador	63
4.3.4.6.1. Primer muestreo de Actividad 04 – Por trabajador	63
4.3.4.6.2. Segundo muestreo de Actividad 04 – Por trabajador	64
4.3.4.7. Tablas de resultados y gráficos por cuadrilla	65
4.3.4.7.1. Primer muestreo de Actividad 04 – Por cuadrilla	65
4.3.4.7.2. Segundo muestreo de Actividad 04 – Por cuadrilla	66
4.3.4.8. Cálculo de parámetros de productividad	67
4.3.5. <i>Actividad 05: Relleno y compactación de zanja</i>	68
4.3.5.1. Descripción proceso constructivo Actividad 05	68
4.3.5.2. Reconocimiento TP, TC y TNC	68
4.3.5.3. Diagrama de flujo de Actividad 05	69
4.3.5.4. Recursos utilizados	69
4.3.5.5. Distribución de cuadrilla para Actividad 05	69
4.3.5.6. Tablas de resultados y gráficos por trabajador	70
4.3.5.7.1. Primer muestreo de Actividad 05 – Por trabajador	70
4.3.5.7.2. Segundo muestreo de Actividad 05 – Por trabajador	71
4.3.5.7. Tablas de resultados y gráficos por cuadrilla	71
4.3.5.7.1. Primer muestreo de Actividad 05 – Por cuadrilla	72
4.3.5.7.2. Segundo muestreo de Actividad 05 – Por cuadrilla	73
4.3.5.8. Cálculo de parámetros de productividad	74

Capítulo V: Discusión de resultados

5.1. <i>Discusión de resultados de Actividad 01: Vaciado de concreto</i>	75
5.1.1. Análisis de resultados de Actividad 01	75
5.1.1.1. Evaluación promedio de muestreos de cartas balance de Actividad 01	75
5.1.1.2. Evaluación de parámetros de productividad de Actividad 01	77
5.1.2. Propuestas de mejora de productividad para Actividad 01	78
5.2. <i>Discusión de resultados de Actividad 02: Excavación zanja en terreno rocoso</i> ...	79

5.2.1. Análisis de resultados de Actividad 02	79
5.2.1.1. Evaluación promedio de muestreos de cartas balance de Actividad 02	79
5.2.1.2. Evaluación de parámetros de productividad de Actividad 02	82
5.2.1.3. Cálculo de pérdidas totales potenciales para Actividad 02	84
5.2.2. Propuestas de mejora de productividad para Actividad 02	85
5.3. <i>Discusión de resultados de Actividad 03: Excavación zanja en terreno normal</i> ...	86
5.3.1. Análisis de resultados de Actividad 03	86
5.3.1.1. Evaluación promedio de muestreos de cartas balance de Actividad 03	86
5.3.1.2. Evaluación de parámetros de productividad de Actividad 03	89
5.3.1.3. Cálculo de pérdidas totales potenciales para Actividad 03	91
5.3.2. Propuestas de mejora de productividad para Actividad 03	92
5.4. <i>Discusión de resultados de Actividad 04: Tendido de tubería en zanja</i>	94
5.4.1. Análisis de resultados de Actividad 04	94
5.4.1.1. Evaluación promedio de muestreos de cartas balance de Actividad 04	94
5.4.1.2. Evaluación de parámetros de productividad de Actividad 04	96
5.4.1.3. Cálculo de pérdidas totales potenciales para Actividad 04	98
5.4.2. Propuestas de mejora de productividad para Actividad 04	99
5.5. <i>Discusión de resultados de Actividad 05: Relleno y compactación de zanja</i>	100
5.5.1. Análisis de resultados de Actividad 05	100
5.5.1.1. Evaluación promedio de muestreos de cartas balance de Actividad 05	100
5.5.1.2. Evaluación de parámetros de productividad de Actividad 05	103
5.5.1.3. Cálculo de pérdidas totales potenciales para Actividad 05	104
5.5.2. Propuestas de mejora de productividad para Actividad 05	106
5.6. <i>Discusión de resultados generales</i>	107
5.6.1. Porcentajes de TP, TC y TNC de las 05 actividades	107
5.6.2. Principales pérdidas en la 05 actividades	111
5.6.3. Costo unitario, horas – hombre y productividad en las 05 actividades	112
5.6.4. Cuello de botella en líneas de agua potable	114
Capítulo VI: Conclusiones y recomendaciones	
6.1. Conclusiones	117
6.1.1. Resumen general de las conclusiones alcanzadas	117
6.1.2. Respuesta a preguntas de investigación	120
6.1.3. Validación de la hipótesis de investigación	121
6.2. Recomendaciones	122
6.2.1. Cuadrilla anticipada de verificación de interferencias	122
6.2.2. Implementación de tren de actividades en el proyecto	123
6.2.3. Mayores estudios de productividad en obras de abastecimiento de AP	124
Referencias bibliográficas	125
Anexos	130

Índice de Tablas

CONTENIDO	PAG.
Tabla N°01. Matriz de Operacionalización de variables	31
Tabla N°02. Tipos de trabajo en Actividad de vaciado de concreto en anillo de reservorio	39
Tabla N°03. Cuadrilla para ejecución de Actividad 01	41
Tabla N°04. Velocidad de cuadrilla de vaciado de concreto en anillo de reservorio ...	46
Tabla N°05. Índice de productividad de cuadrilla de vaciado de concreto	46
Tabla N°06. Tipos de trabajo en Actividad de excavación de zanja en terreno rocoso	47
Tabla N°07. Cuadrilla para ejecución de Actividad 02.....	48
Tabla N°08. Velocidad de cuadrilla de excavación en terreno rocoso	53
Tabla N°09. Índice de productividad de cuadrilla excavación terreno rocoso	54
Tabla N°10. Tipos de trabajo en Actividad de excavación de zanja en terreno normal	55
Tabla N°11. Cuadrilla para ejecución de Actividad 03.....	56
Tabla N°12. Velocidad de cuadrilla de excavación en terreno normal	60
Tabla N°13. Índice de productividad de cuadrilla excavación terreno normal	60
Tabla N°14. Tipos de trabajo en Actividad de tendido de tubería en zanja	61
Tabla N°15. Cuadrilla para ejecución de Actividad 04.....	63
Tabla N°16. Velocidad de cuadrilla de tendido de tubería en zanja	67
Tabla N°17. Índice de productividad de cuadrilla de tendido de tubería en zanja.....	67
Tabla N°18. Tipos de trabajo en Actividad de relleno y compactación de zanja	68
Tabla N°19. Cuadrilla para ejecución de Actividad 05.....	70
Tabla N°20. Velocidad de cuadrilla de relleno y compactación de zanja	74
Tabla N°21. Índice de productividad de cuadrilla de relleno y compactación de zanja.....	74
Tabla N°22. Cuadro comparativo de parámetros Velocidad, Índice de productividad y Costo Unitario – Actividad 01	78
Tabla N°23. Cuadro comparativo de parámetros Velocidad, Índice de productividad y Costo Unitario – Actividad 02	83
Tabla N°24. Costo total del proyecto para ejecutar la Actividad 02	84
Tabla N°25. “Horas – hombre” totales del proyecto para ejecutar Actividad 02	85

Tabla N°26. Cuadro comparativo de parámetros Velocidad, Índice de productividad y Costo Unitario – Actividad 03	90
Tabla N°27. Costo total del proyecto para ejecutar la Actividad 03	91
Tabla N°28. “Horas – hombre” totales del proyecto para ejecutar Actividad 03	91
Tabla N°29. Cuadro comparativo de parámetros Velocidad, Índice de productividad y Costo Unitario – Actividad 04	97
Tabla N°30. Costo total del proyecto para ejecutar la Actividad 04	98
Tabla N°31. “Horas – hombre” totales del proyecto para ejecutar Actividad 04	98
Tabla N°32. Cuadro comparativo de parámetros Velocidad, Índice de productividad y Costo Unitario – Actividad 05	104
Tabla N°33. Costo total del proyecto para ejecutar la Actividad 05	105
Tabla N°34. “Horas – hombre” totales del proyecto para ejecutar Actividad 05	105
Tabla N°35. Pérdidas totales en costo de mano de obra por TNC – Líneas de agua potable	110
Tabla N°36. Pérdidas totales en Horas – Hombre por TNC – Líneas de agua potable.....	111
Tabla N°37. Media aritmética y Desviación estándar (S) para valores de TP, TC y TNC	111
Tabla N°38. Costo total M.O. de las líneas de agua potable	113
Tabla N°39. Horas – Hombre totales en las líneas de agua potable	113
Tabla N°40. Cuadro comparativo entre Índices de productividad del APU Vs. Índices de productividad en campo	114
Tabla N°41. Cuadro comparativo Velocidad del APU Vs. Velocidad en campo	114

Índice de Figuras

CONTENIDO	PAG.
Figura N°01. Modelo de conversión de procesos	13
Figura N°02. Modelo de flujo de procesos	14
Figura N°03. Resultado de la ocupación del tiempo en 50 obras en Lima	21
Figura N°04. Diagrama de flujo de Actividad 01	40
Figura N°05. Porcentajes de productividad por trabajador en Actividad 01 (1er muestreo)	42
Figura N°06. Porcentajes de productividad por trabajador en Actividad 01 (2do muestreo)	43

Figura N°07. Porcentajes de productividad por cuadrilla en Actividad 01 (1er muestreo)	44
Figura N°08. Porcentajes de productividad por cuadrilla en Actividad 01 (2do muestreo)	45
Figura N°09. Diagrama de flujo de Actividad 02	48
Figura N°10. Porcentajes de productividad por trabajador en Actividad 02 (1er muestreo)	49
Figura N°11. Porcentajes de productividad por trabajador en Actividad 02 (2do muestreo)	50
Figura N°12. Porcentajes de productividad por cuadrilla en Actividad 02 (1er muestreo)	51
Figura N°13. Porcentajes de productividad por cuadrilla en Actividad 02 (2do muestreo)	52
Figura N°14. Diagrama de flujo de Actividad 03	55
Figura N°15. Porcentajes de productividad por trabajador en Actividad 03 (1er muestreo)	56
Figura N°16. Porcentajes de productividad por trabajador en Actividad 03 (2do muestreo)	57
Figura N°17. Porcentajes de productividad por cuadrilla en Actividad 03 (1er muestreo)	58
Figura N°18. Porcentajes de productividad por cuadrilla en Actividad 03 (2do muestreo)	59
Figura N°19. Diagrama de flujo de Actividad 04	62
Figura N°20. Porcentajes de productividad por trabajador en Actividad 04 (1er muestreo)	63
Figura N°21. Porcentajes de productividad por trabajador en Actividad 04 (2do muestreo)	64
Figura N°22. Porcentajes de productividad por cuadrilla en Actividad 04 (1er muestreo)	65
Figura N°23. Porcentajes de productividad por cuadrilla en Actividad 04 (2do muestreo)	66
Figura N°24. Diagrama de flujo de Actividad 05	69
Figura N°25. Porcentajes de productividad por trabajador en Actividad 05 (1er muestreo)	70
Figura N°26. Porcentajes de productividad por trabajador en Actividad 05 (2do muestreo)	71
Figura N°27. Porcentajes de productividad por cuadrilla en Actividad 05 (1er muestreo)	72

Figura N°28. Porcentajes de productividad por cuadrilla en Actividad 05 (2do muestreo)	73
Figura N°29. Tiempos productivos promedio de ambos muestreos para Actividad 01	75
Figura N°30. Histograma de Trabajo Contributorio final en Actividad 01	76
Figura N°31. Histograma de Trabajo No Contributorio final en Actividad 01	76
Figura N°32. Tiempos productivos promedio de ambos muestreos para Actividad 02	80
Figura N°33. Histograma de Trabajo Contributorio final en Actividad 02	81
Figura N°34. Histograma de Trabajo No Contributorio final en Actividad 02	81
Figura N°35. Tiempos productivos promedio de ambos muestreos para Actividad 03	87
Figura N°36. Histograma de Trabajo Contributorio final en Actividad 03	87
Figura N°37. Histograma de Trabajo No Contributorio final en Actividad 03	88
Figura N°38. Tiempos productivos promedio de ambos muestreos para Actividad 04	94
Figura N°39. Histograma de Trabajo Contributorio final en Actividad 04	95
Figura N°40. Histograma de Trabajo No Contributorio final en Actividad 04	95
Figura N°41. Tiempos productivos promedio de ambos muestreos para Actividad 05	100
Figura N°42. Histograma de Trabajo Contributorio final en Actividad 05	101
Figura N°43. Histograma de Trabajo No Contributorio final en Actividad 05	102
Figura N°44. Tiempos productivos promedio por las 05 actividades evaluadas	107
Figura N°45. Valores de Trabajo Productivo calculados en las 05 actividades	108
Figura N°46. Valores de Trabajo Contributorio calculados en las 05 actividades	109
Figura N°47. Valores de Trabajo No Contributorio calculados en las 05 actividades.	110
Figura N°48. Incidencia de cada tipo de pérdida en el porcentaje de TNC total en las 05 actividades	112

RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo describir la productividad de la mano de obra en un proyecto de abastecimiento de agua potable en Lima, específicamente en sus dimensiones de costo, horas – hombre y velocidad de producción. La obra en estudio fue el Proyecto “Incahuasi”, licitado por SEDAPAL y cuyo presupuesto supera los 71 millones de soles, beneficiando a 486 977 habitantes de la Pampa de Comas.

Para lograr el objetivo, se emplearon como herramientas las cartas balance de cuadrilla, recurso de Lean Construction útil para realizar un diagnóstico de la productividad de una cuadrilla de una actividad específica, dividiendo sus tipos de trabajo en Productivo, Contributorio y No Contributorio. En ese sentido, la hipótesis de investigación fue que el trabajo productivo global de la obra debería ser 28% o más, tomando como referencia el diagnóstico sobre 50 obras en Lima llevado a cabo por Virgilio Ghio en el año 2000.

Así, se realizaron muestreos de 384 mediciones en intervalos de 30 segundos, para cada uno de los integrantes de las cuadrillas analizadas. Las 05 actividades muestreadas fueron: Vaciado de concreto en anillo de reservorio, excavación de zanja en terreno rocoso, excavación de zanja en terreno normal, tendido de tubería en zanja y relleno y compactación de zanja, ejecutando 02 muestreos para cada una.

Los resultados finales globales para las 05 actividades evaluadas dieron un Trabajo Productivo del 32.1%, un Trabajo Contributorio de 29.2% y un Trabajo No Contributorio del 38.7%, comprobándose la validez de la hipótesis planteada. Se concluyó que potencialmente se pierde un total de 9165.3 hh, equivalente a S/. 178 615.5, por las pérdidas asociadas a Trabajo No Contributorio.

Asimismo, ninguna de las actividades analizadas cumple con los valores de velocidad de producción e Índice de productividad estimadas por los Análisis de Precios Unitarios

(APU) del Expediente Técnico. De hecho, la diferencia entre lo proyectado en el APU con lo encontrado en campo equivale potencialmente a 11 587.6 hh, lo cual representa S/. 229 818.84.

De igual modo, también se concluyó que casi el 50% de las pérdidas globales se deben al proceso “Esperas”, ligándose estas, en gran medida, a la actividad de “Excavación de zanja en terreno normal”, siendo esta la más alejada de los valores proyectos en su APU (84% de diferencia). Por lo tanto, se concluye que dicha actividad representa un cuello de botella para las actividades concatenadas siguientes.

Finalmente, para cada una de las actividades estudiadas se propuso una serie de medidas correctivas para mejorar sus productividades, sin embargo, se hizo mayor énfasis en la actividad cuello de botella, recomendando la implementación de una cuadrilla anticipada de verificación de interferencias para darle mayor velocidad de producción. También se recomendó la planificación y puesta en marcha de un tren de actividades de las actividades concatenadas para asegurar un mejor flujo de proceso en el trabajo global.

ABSTRACT

This research aims to describe the productivity of labor in a drinking water supply project in Lima, specifically in its dimensions of cost, man-hours and production speed. The work under study was the "Incahuasi" Project, tendered by SEDAPAL and whose budget exceeds 71 million soles, benefiting 486,977 inhabitants of the Pampa de Comas.

To achieve the objective, the crew balance letters were used as tools, a Lean Construction resource useful to diagnose the productivity of a crew of a specific activity, dividing their types of work into Productive, Contributory and Non-Contributory. In this sense, the research hypothesis was that the global productive work of the project should be 28% or more, taking as a reference the diagnosis of 50 works in Lima carried out by Virgilio Ghio in the year 2000.

Thus, samplings of 384 measurements were made at 30-second intervals, for each of the members of the analyzed crews. The 05 activities sampled were: Pouring of concrete in the reservoir ring, trench excavation in rocky terrain, trench excavation in normal terrain, pipe laying in the trench and filling and compaction of the trench, carrying out 02 samplings for each one.

The global final results for the 05 evaluated activities gave a Productive Work of 32.1%, a Contributory Work of 29.2% and a Non-Contributory Work of 38.7%, proving the validity of the hypothesis proposed. It was concluded that a total of 9165.3 hh is potentially lost, equivalent to S/. 178,615.5, for losses associated with Non-Contributory Work.

Likewise, none of the analyzed activities complies with the production speed and productivity index values estimated by the Unit Price Analysis (APU) of the Technical

File. In fact, the difference between what was projected in the APU and what was found in the field is potentially equivalent to 11,587.6 hh, which represents S/. 229 818.84.

In the same way, it was also concluded that almost 50% of global losses are due to the "Waiting" process, linking these, to a large extent, to the activity of "Trench excavation in normal terrain", this being the furthest from project values in their APU (84% difference). Therefore, it is concluded that said activity represents a bottleneck for the following concatenated activities.

Finally, for each of the activities studied, a series of corrective measures were proposed to improve their productivities, however, greater emphasis was placed on the bottleneck activity, recommending the implementation of an anticipated interference verification crew to give it greater speed. of production. The planning and implementation of a train of activities of the concatenated activities was also recommended to ensure a better process flow in the global work.

INTRODUCCIÓN

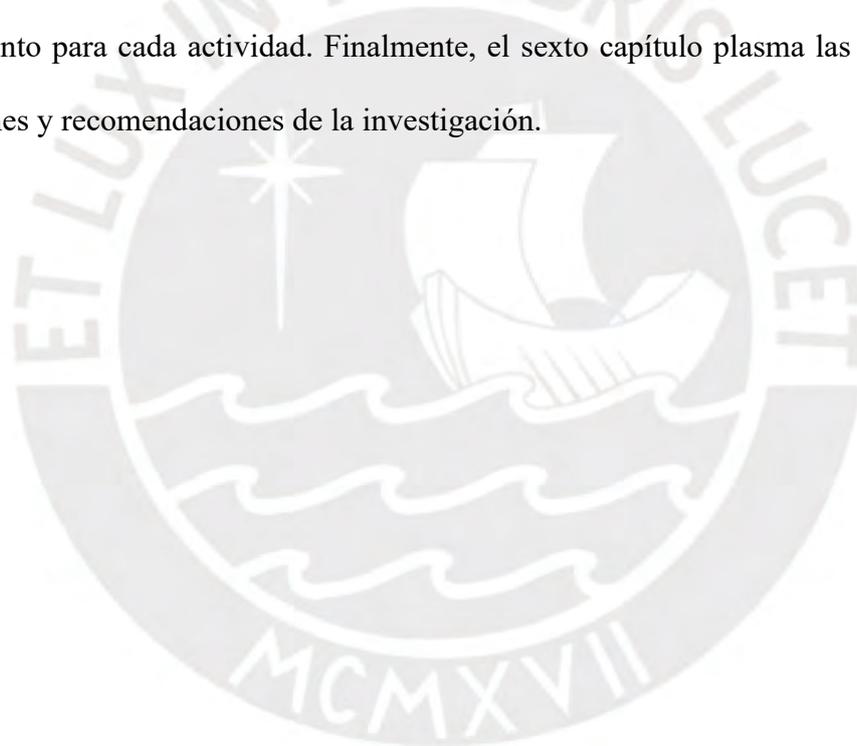
El rubro del abastecimiento de agua potable en el Perú, el cual provee un servicio tan básico y vital para llevar una vida mínimamente digna, es el segundo con mayor déficit por cubrir según el Plan Nacional de Infraestructura 2019. En ese aspecto, se hace menester realizar mayor cantidad de estudios de productividad en este tipo de proyectos para identificar causas de pérdidas para elaborar planes de mejoramiento e impulsar la ejecución eficiente y eficaz de este tipo de obra tan imprescindible para el día a día de los peruanos.

Existen gran número de antecedentes de estudios de productividad mediante cartas balance, gran parte de ellos realizados en obras de edificación, otras en obras viales o de infraestructura, pero el rubro del saneamiento ha pasado por agua tibia por muchos años. Por esta razón, el propósito principal de esta investigación es aportar un granito de arena en pro de mejorar la situación de la productividad en las obras de abastecimiento de agua potable en nuestro país, brindando un diagnóstico de las principales falencias en sus principales actividades, así como sus respectivas propuestas de mejoramiento.

La presente tesis analiza las 05 actividades más incidentes en un proyecto de abastecimiento de agua potable en Comas, Lima, empleando las cartas balance para calcular los porcentajes de Trabajo productivo, Trabajo Contributorio y Trabajo No Contributorio de sus cuadrillas. En base a esto, se identificaron las causas de las principales pérdidas y se calcularon parámetros como velocidad de producción, índices de productividad, así como calcular el monto total de las pérdidas potenciales en costo y horas – hombre.

El primer capítulo se enfoca en el planteamiento del problema, explicando los objetivos, limitaciones, viabilidad, justificación e hipótesis. El segundo capítulo brinda un panorama

detallado de los antecedentes de estudio, elabora el marco teórico referido a definir “productividad” y sus parámetros, brinda información sobre los flujos de procesos y “Lean Construction”, así como las bases teóricas de los procesos constructivos típicos de las obras de abastecimiento de agua potable en Lima. El tercer capítulo es una exposición detallada de la metodología de estudio para utilizar correctamente las cartas balance. El cuarto capítulo exhibe datos del proyecto de estudio y las razones de elección de las actividades evaluadas. También expone un desarrollo detallado del procesamiento de las 10 cartas balance realizadas. El quinto capítulo discute los resultados encontrados, encontrando las fuentes de las principales pérdidas y recomendando medidas de mejoramiento para cada actividad. Finalmente, el sexto capítulo plasma las principales conclusiones y recomendaciones de la investigación.



Capítulo I: Planteamiento del Problema

1.1 Situación Problemática

Según el Ministerio de Vivienda para agosto del 2022, el sector construcción representaba un 5.6% del PBI nacional, evidenciando un porcentaje nada desdeñable especialmente después del paro en las actividades debido a la pandemia del COVID 19 en el 2020. Sumado a este hecho, acorde al Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), el sector entre el 2019 y 2021 generó en el país aproximadamente un millón de puestos de trabajo, evidenciando su grado crítico de importancia. No obstante, en diciembre del 2022 el sector construcción creció apenas un 2.96%, y lo que es peor, en enero del 2023 se redujo en un 11.70% por motivos de la coyuntura social y política del país en ese entonces (INEI, 2023).

Dentro del sector construcción, de por sí mermado, está el rubro de obras de saneamiento, las cuales se encargan de proveer de sistemas de agua potable a la población. Según el Plan Nacional de Infraestructura aprobado en el año 2019, el segundo rubro con mayor déficit por cubrir en el sector es, precisamente, el saneamiento, representando una inversión a largo plazo de 95 789 millones de soles. Hasta el 2021, aproximadamente tres millones de peruanos aún no accedían a este servicio tan básico para la vida diaria (BnAmericas, 2021), por lo que este es un rubro de vital importancia en el que hay mucha inversión programada para trabajar.

En ese sentido, este rubro tan crítico y, a la vez, tan vulnerable en nuestro país requiere grandes esfuerzos para aumentar su productividad a través de herramientas de gestión.

1.2 Formulación del Problema

1.2.1 Problema general.

La pregunta de investigación de la presente tesis es: ¿Puede medirse la productividad de la mano de obra en una obra de instalación de agua potable en Lima Metropolitana mediante Cartas Balance?

1.2.2 Problemas específicos.

Las preguntas de investigación específicas son:

- ¿Puede medirse la productividad de la mano de obra en su dimensión de *costo* en una obra de instalación de agua potable mediante Cartas Balance?
- ¿Puede medirse la productividad de la mano de obra en su dimensión de *horas - hombre* en una obra de instalación de agua potable mediante Cartas Balance?
- ¿Puede medirse la productividad de la mano de obra en su dimensión de *velocidad de producción* en una obra de instalación de agua potable mediante Cartas Balance?
- ¿Pueden plantearse propuestas de solución para mejorar la productividad haciendo los procesos más eficientes y/o balanceando la cuadrilla?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general.

Describir la productividad de la mano de obra en una instalación de agua potable en Lima Metropolitana mediante Cartas Balance.

1.3.2. Objetivos específicos.

- Describir la productividad de la mano de obra en su dimensión de *costo* en una instalación de agua potable en Lima Metropolitana mediante Cartas Balance.
- Describir la productividad de la mano de obra en su dimensión de *horas - hombre* en una instalación de agua potable en Lima Metropolitana mediante Cartas Balance.
- Describir la productividad de la mano de obra en su dimensión de *velocidad de producción* en una instalación de agua potable en Lima Metropolitana mediante Cartas Balance

- Plantear propuestas de solución para mejorar la productividad, haciendo los procesos más eficientes y/o balanceando la cuadrilla.

1.4 Justificación e Importancia

Medir la productividad de la mano de obra en las obras mediante cartas balance es importante porque permiten conocer las causas de las pérdidas, inventarios, viajes improductivos, etc. Este tipo de pérdidas retrasan el cronograma de obra, ampliando el plazo y, por tanto, generando cuantiosas pérdidas económicas por mayores gastos generales inicialmente no presupuestados. Esto se hace más crítico en un rubro como en el saneamiento, donde de por sí la inversión para cubrir su déficit es millonario, por lo que se hace menester cuantificar la productividad.

Un primer esfuerzo de medición de la productividad de mano de obra en sector construcción en el Perú fue el estudio de 50 obras en Lima en 2001, supervisado por Virgilio Ghio. A raíz de este, se llegó a la conclusión de que el Trabajo Productivo general fue de 28% (Ghio, 2001). En base a este antecedente y otros indicados en el Marco Teórico, este estudio representa una buena oportunidad de poder comparar los niveles de productividad actuales en obras de saneamiento respecto a ese 28% de TP hallado en 2001 y respecto a otro tipo de obras.

De igual manera, esta investigación también sirve para identificar causas de trabajos contributorios y no contributorios en una típica obra de sistema de abastecimiento de agua potable, permitiendo plantear propuestas de solución que sean de utilidad en proyectos similares futuros. Asimismo, la Carta Balance es una herramienta de *Lean Construction*, por lo que esta tesis promoverá el uso de esta metodología comprobadamente eficaz en obras de saneamiento posteriores.

1.5 Viabilidad

La presente investigación cuenta con viabilidad económica puesto que no se requieren grandes cantidades de dinero para poder ejecutarla. El gasto principal es el del transporte al campo de obra, la cual se encuentra localizada en Comas, Lima.

Asimismo, también cuenta con viabilidad teórica, dado que este análisis toma como antecedentes y referencias tesis anteriores, libros y papers conseguidos en la biblioteca de la PUCP, datos estadísticos y normas técnicas publicadas en internet por parte de entidades gubernamentales y el expediente técnico de obra.

Finalmente, el estudio tiene viabilidad técnica gracias a que la herramienta Carta Balance puede ser realizada en el campo de obra, en el plazo de tiempo previsto para la elaboración de esta tesis, y se cuenta con herramientas (smartphones, cronómetros, equipos de protección personal, etc.) para observar y registrar los procesos a medirse con más detalle. De igual modo, la herramienta Carta Balance ya ha sido empleada en estudios previos con óptimos resultados, demostrando su eficacia técnica.

1.6 Limitaciones

Esta investigación sólo se desarrollará en un solo proyecto de abastecimiento de agua potable en Comas. Si bien es cierto, los resultados y conclusiones pueden servir como referencia para estudios de productividad en obras de saneamiento posteriores, no representan un muestreo representativo de este tipo de obras en Lima.

No obstante, la herramienta Carta Balance no cuenta con ningún tipo de limitación en su aplicación. Esta puede utilizarse en cualquier tipo de obra con los mismos beneficios.

1.7 Hipótesis

1.7.1. Hipótesis general.

La productividad de la mano de obra de las principales actividades de la instalación de los sistemas de abastecimiento de agua potable en la obra analizada en Lima Metropolitana en el 2023 sería de 28% o más de acuerdo con estudios de carta balance previos.

1.7.2. Hipótesis específicas.

- La productividad de la mano de obra en las principales actividades de la obra analizada podría ser descrita en su dimensión de *costo* aplicando Cartas Balance.
- La productividad de la mano de obra en las principales actividades de la obra analizada podría ser descrita en su dimensión de *horas - hombre* aplicando Cartas Balance.
- La productividad de la mano de obra en las principales actividades de la obra analizada podría ser descrita en su dimensión de *velocidad de producción* aplicando Cartas Balance.

Capítulo II: Marco Teórico

2.1. Antecedentes

- Castillo, C. y Flores, M. (2016) llevaron a cabo el trabajo “Optimización de la mano de obra utilizando la carta balance en edificaciones multifamiliares (Caso: “Cerezos de Surco”) – Santiago de Surco, Lima”. Ellos elaboraron diez cartas balance detalladas en actividades como “Encofrado de Placa”, “Vaciado de concreto en placas”, “Colocación de acero en placas”, “Solaqueo de placas”, entre otras. Ellos realizaron dos mediciones por partida analizada, implementando en la segunda medición mejoras en la distribución de recursos para verificar si dichas medidas eran efectivas. Llegaron a la conclusión que sí pudieron optimizar los recursos de rendimientos, velocidad y productividad con las medidas que ellos plantearon, logrando una optimización de costo de mano de obra de aproximadamente S/. 31, 003.48
- Vilca, M. (2014) plasmó su estudio titulado “Mejora de la productividad por medio de las Cartas Balance en las partidas de Solaqueo y Tarrajeo de un edificio multifamiliar”. Él presentó propuestas de solución para mejorar la productividad en las partidas de solaqueo, tarrajeo y enchape, las cuales representan el 50% del presupuesto del proyecto de Arquitectura. Analizó estas actividades a través de cartas balance para obtener rendimientos y plantear propuestas de mejoramiento. Finalmente, calculó nuevos rendimientos y productividades de mano de obra en base a sus propuestas.
- Meléndez, C. y Vega, J. (2021) elaboraron la investigación titulada “Aplicación de las cartas balance en partidas incidentes para mejorar rendimientos en proyectos viales de la región Tacna 2021”. Llevando a cabo muestreos mediante cartas balance en partidas más económicamente importantes del proyecto vial, llegaron a la conclusión que los rendimientos obtenidos en la realidad estaban muy por debajo de los proyectados en el

expediente técnico. Finalmente, ellos recomiendan la realización de mayor número de muestreos a obras viales para mejorar la productividad.

- Lázaro, H. y Valenzuela, N. (2019) calcularon los índices de productividad de la mano de obra con cartas balance en ocho obras viales de Lima Metropolitana. Su estudio les permitió encontrar las cifras promedio de 41.2% de Trabajo productivo, 26.43% de Trabajo Contributorio y 32.37% de Trabajo No contributorio. Encontraron como causas de los trabajos no contributorios la falta de capacitación del personal obrero, una inadecuada distribución del balance de cuadrilla y los elevados tiempos de espera. Finalmente, llegaron a la conclusión que el trabajo en Lima Metropolitana es más productivo que en Arequipa en lo que concierne a obras viales.
- Lozano, M. y Morillo, T. (2007) realizaron la investigación “Estudio de productividad en una obra de edificación”. Su investigación fue realizada en la construcción del “Condominio del Aire”, obra que consistió en la edificación de 44 torres de 5 pisos y 16 torres de 8 pisos.

Para lograrlo utilizaron el estudio de tiempos y movimientos, con la metodología de “película filmográfica” para medir los tiempos productivos de los trabajadores en actividades como vaciado de concreto en losas, habilitación de armadura de acero de columnas, encofrado vertical de columnas, entre otras partidas de casco y acabados. Con ayuda de este método, elaboraron Cartas Balance para medir el rendimiento y productividad de las cuadrillas analizadas. Su principal aporte fueron las propuestas de mejoramiento que pudieron formular para mejorar los rendimientos de las cuadrillas.

2.2 Bases Teóricas.

2.2.1. Productividad.

2.2.1.1. Definición de productividad.

La productividad puede definirse como la cantidad de recursos consumidos para generar, mediante un proceso, una determinada cantidad de productos (Souza, 2000). También puede explicarse como la relación entre lo que se gasta y lo que se produce para realizar una acción (Serpell, 1993) o, de igual modo, como la medida de rendimiento económico, que compara la cantidad de bienes y servicios producidos con respecto a los recursos (Bustos, 2021).

Como se deduce del párrafo anterior, diferentes autores tienen conceptos distintos de lo que es “productividad”. No obstante, todos se refieren, como punto en común, a la relación entre el “resultado” y el “esfuerzo” o a los *outputs* y a los *inputs*.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción}}{\text{Insumos}} = \frac{\text{Resultados logrados}}{\text{Recursos empleados}}$$

Ecuación 1. Ecuación de productividad (García, 2005)

De la Ecuación 1, García (2005) señala que, teóricamente, existen tres maneras diferentes de incrementar los índices de productividad:

- Aumentar el producto y mantener el mismo insumo
- Reducir el insumo y mantener el mismo producto
- Aumentar el producto y reducir el insumo simultánea y proporcionalmente

Analizando la Ecuación 1, se concluye que la productividad (cociente) aumentará en la medida en que se incremente el numerador (producto físico), así como en la medida en que se reduzca el denominador (insumo físico). Así, García (2005) establece que la productividad no es una

medida de la cantidad fabricada, sino de la eficiencia con que se han utilizado los recursos para lograr resultados específicos deseables.

En ese sentido, cabe acotar que la productividad también se relaciona directamente con la eficiencia - razón entre la producción real obtenida y la esperada que se logra a través de una buena administración de los recursos - y la efectividad – logro de los objetivos propuestos. No tiene sentido generar una cierta cantidad de producto eficientemente si se presentan problemas de calidad (efectividad). Sin calidad se generan más gastos y atrasos innecesarios en obra, pues implica reparaciones o trabajos rehechos.

En esa línea, puede definirse también a la productividad en la construcción como la eficiencia con que son manejados los recursos como la mano de obra, materiales, equipos y herramientas para llevar a cabo las actividades que conlleven a la terminación de un proyecto a partir de un alto grado de calidad en los productos generados (Botero y Álvarez, 2004).

Esta relación estrecha entre productividad, eficiencia y efectividad puede visualizarse más claramente en la Figura B-01, localizada en el Anexo “B” de esta investigación.

2.2.1.2. Productividad de la mano de obra.

Existen tres tipos de productividad en el sector construcción: Productividad de los materiales, productividad de la mano de obra y productividad de la maquinaria (Botero y Álvarez, 2004). De ellas, la productividad de mano de obra se considera la más importante puesto que la mano de obra fija el ritmo del trabajo y, en consecuencia, la productividad de los otros recursos (Cerdas Esquivel, 2010).

Cabe resaltar que Bustos (2021) señala que productividad en la construcción no es producir más con menos recursos, pues intentar hacer esto en un rubro artesanal como el sector construcción puede llegar a ser peligroso para la seguridad en obra, o el hecho de querer realizar más puede generar inventarios innecesarios. El autor enfatiza en que se debe producir todo

aquello que genera valor, es decir, todo lo que el proyecto requiere para que aporte al producto final. No es mejor “hacer más”, sino “lo que se requiere”.

Los tres factores que influyen directamente en la productividad de mano de obra son: El “deseo” del trabajador para llevar a cabo un buen trabajo, a través de motivación; el “conocimiento”, a través de la capacitación y entrenamiento; y la “capacidad” de realizar el trabajo, a través de una buena administración o gestión del proyecto (Cerdas Esquivel, 2010).

2.2.1.3. *Parámetros de productividad: velocidad y rendimiento.*

La productividad de mano de obra usualmente puede confundirse con dos términos:

- Velocidad (los Análisis de Precios Unitarios la denominan “rendimiento”), la cual se refiere a la cantidad de producción que realiza una cuadrilla en una unidad de tiempo: m³/día; ml/día; m²/día (Ghio, 2001).

$$Velocidad = \frac{Producción}{día}$$

Ecuación 2. Velocidad (Ghio, 2001)

- Rendimiento (Ratio o Índice de Productividad), la cual es una medida de eficiencia a la cantidad de recursos usados por unidad de producción (hh/m²; hh/m³; hh/ml). Desde ahora llamado IP.

$$Productividad\ de\ Mano\ de\ obra = IP = \frac{Mano\ de\ obra\ (hh)}{Salidas\ (und)}$$

Ecuación 3. Índice de productividad de mano de obra (Ramírez, 2016)

De la Ecuación 3, puede concluirse que la productividad depende directamente de:

- Cantidad de mano de obra: El número de integrantes de una cuadrilla de trabajo representada en un análisis de precios unitarios es definido a través de la experiencia de la empresa constructora, de datos estadísticos, etc.
- Tiempo: La cantidad de trabajo realizado en un tiempo determinado constituye una medida de la productividad. Esto se mide computando la producción en determinado número de “Horas – Hombre”: una Hora – Hombre = trabajo de un hombre en una hora (García, 2005).
- Producción: Salidas

Ampliando lo referente a la Ecuación 3, Botero (2002) formula la siguiente ecuación para calcular el rendimiento (IP) de una actividad:

$$R = \frac{T \times N}{V}$$

Ecuación 4. Cálculo del Rendimiento (IP)

Donde:

R = Rendimiento (IP) en Horas-Hombre/Unidad

T = Tiempo de duración de la actividad

N = Número de obreros que participaron de dicha actividad

V = Volumen de trabajo realizado

2.2.1.4. Factores que influyen en la productividad de mano de obra.

Existen factores que influyen negativa y positivamente en la productividad de la mano de obra en construcción.

Según Botero y Álvarez (2005), los factores que influyen negativamente son: Errores en los diseños, modificaciones a los diseños durante ejecución de obra, falta de supervisión de los

trabajadores, agrupamiento de trabajadores en espacios reducidos, alta rotación del personal, pobres condiciones de seguridad industrial, composición inadecuada de cuadrillas, distribución inadecuada de los materiales en obra o falta de los mismos, falta de equipos y herramientas, excesivo control de calidad, clima y condiciones adversas en obra y características de duración y tamaño de obra que desmotivan al personal.

Por otro lado, Serpell (1986), indica que los factores que influyen positivamente en la productividad de mano de obra son: Aprovechamiento de las capacitaciones, implementación en el uso de materiales y equipos innovadores, uso de prefabricados, programas de motivación personal, estandarización de diseño y materiales, estimulación del sano espíritu de competencia en obra, provisión de incentivos, disponibilidad adecuada de materiales, equipos y herramientas y buena supervisión de obra.

2.2.1.5. Mejora de la productividad.

Es importante aumentar la productividad puesto que así los trabajos serán más económicos, obteniendo mayores beneficios para la empresa y los trabajadores, aumentando, a su vez, su nivel de vida (García, 2005). Para lograr dicho incremento de productividad, Botero y Álvarez (2004) plantean un “ciclo para el mejoramiento de la productividad”, el cual sirve a las diferentes empresas para plantear acciones concretas para aumentar la productividad en obra. Este “ciclo” está detallado en la Figura B-02, ubicada en Anexo “B” de esta tesis. Una forma de realizar una “evaluación de los factores que la afectan” (una de las etapas del ciclo) es mediante la utilización y análisis de las Cartas Balance, tal cual se detalla en los siguientes apartados.

2.2.2. Nueva filosofía de producción

2.2.2.1. Modelo de conversión de procesos vs. modelo de flujo de procesos.

Hace años, en las industrias, se solía idealizar el proceso productivo mediante el Modelo de Conversión de procesos, el cual establecía que el proceso de transformación de la materia prima hacia el producto terminado era directo. Este tipo de lógica se solía emplear en formatos como el *Critical Path Method* (CPM) o *Work Breakdown Structure* (WBS). Su función principal solía ser la descomposición jerárquica del trabajo, de modo que estas actividades descompuestas puedan ser controladas y optimizadas (Ghio, 2001).

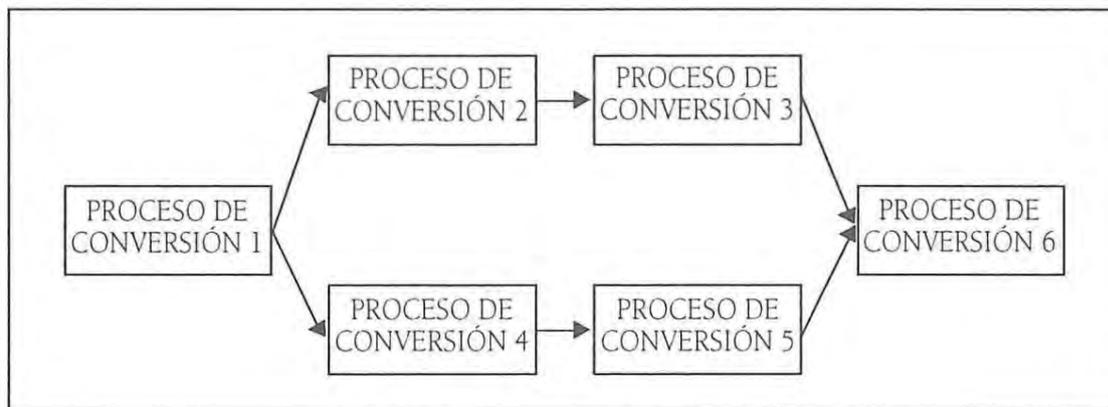


Figura N°01. Modelo de conversión de procesos (Ghio, 2001)

En teoría, el modelo de conversión estaría correcto puesto que sólo presenta procesos que agregan valor al producto final. Sin embargo, en la práctica el modelo está errado debido a que no refleja la realidad de lo que ocurre en la industria. El modelo de conversión no toma en cuenta los flujos físicos adicionales para poder cumplir con los procesos de conversión propiamente representados.

Es el modelo de flujo de procesos el que refleja, no sólo los procesos de conversión, sino también la inspección, transportes y esperas, actividades que no agregan valor al producto final pero sí están presentes inevitablemente en la realidad. Este modelo se enfoca en la eliminación de pérdidas y reducción de tiempos de cada actividad, permitiendo dividir el trabajo en tres tipos: Trabajo Productivo (TP), Trabajo Contributorio (TC) y Trabajo No Contributorio (TNC).

Botero y Álvarez (2002) definen estos tres tipos de trabajo de la siguiente manera:

- Trabajo Productivo (TP): Tiempo empleado por el trabajador en la fabricación de alguna unidad de producción. Se enfoca en los trabajos que agreguen valor al producto. Ejemplos de este tipo de trabajo serían: Vaciado de concreto, armado de acero de refuerzo estructural, pega de ladrillos en muros, etc.
- Trabajo Contributorio (TC): Tiempo que emplea el trabajador realizando labores de apoyo necesarias para que se ejecuten las actividades productivas. Ejemplos de esto serían los transportes de materiales, mediciones previas, armado de plataformas o andamios, inspecciones, etc.
- Trabajo No Contributorio (TNC): Cualquier otra actividad realizada por los obreros no clasificada en las anteriores categorías, considerándose pérdidas. Ejemplos de esto serían los tiempos ociosos, esperas, trabajos rehechos, etc.

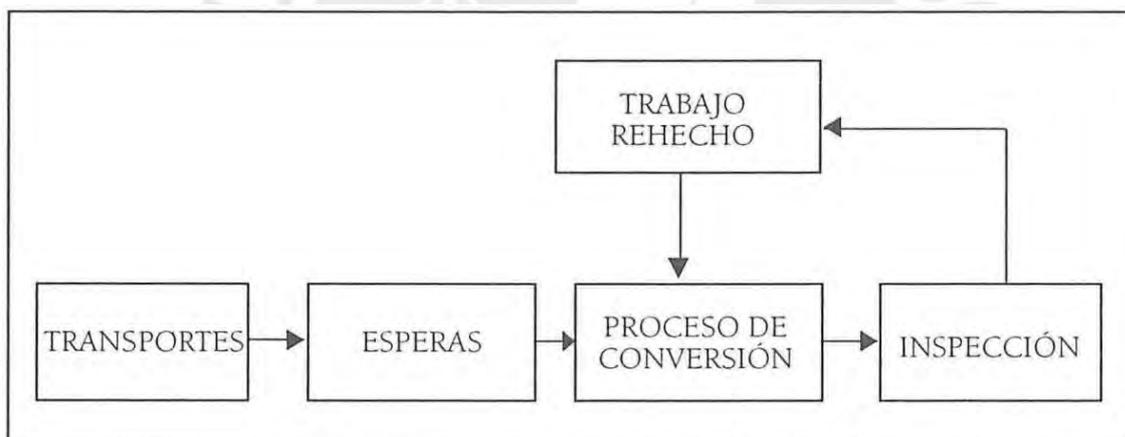


Figura N°02. Modelo de flujo de procesos - cada proceso se representa como la combinación de TP, TC y TNC (Ghio, 2001)

Mientras que el modelo de conversión ignora las pérdidas, lo cual impide su identificación y eliminación, el modelo de flujos de procesos acepta su existencia y las incluye en el flujo para poder elaborar estrategias para eliminarlas.

2.2.2.2. Lean Production.

Esta evolución en el modo de trabajar de las empresas, cambiando el “chip” del modelo de conversión de procesos hacia el del modelo de flujos de procesos, vio su cúspide en el Sistema de Producción Toyota (Toyotismo) surgido en los años 70 para la industria automotriz. Los objetivos principales de este sistema se basaban en la eliminación de inventarios y pérdidas, subdivisión de la producción en pequeñas partes, simplificación de la estructura de producción, aumento de la productividad a través de la gestión y organización, relación entre tiempo y producción, etc (Koskela, 1992).

El resultado final de practicar el Toyotismo dio origen a la filosofía de la Producción sin Pérdidas (*Lean Production*), la cual plantea que la producción es un flujo de materiales y/o información desde la materia prima hasta el final del producto terminado (Ghio, 2001). Es así como la eficiencia de la producción se da gracias a la eficiencia en los procesos de conversión, pero también gracias a la eficiencia del flujo de actividades, estando ambos estrechamente relacionados.

Si bien es cierto todas las actividades consumen recursos (costo y tiempo), únicamente los procesos de conversión agregan valor al producto final. Por lo que el mejoramiento en los flujos debe centrarse en su reducción o eliminación, mientras que los procesos de conversión deben volverse más eficientes (Koskela, 1992). La Figura B-03, detallada en el Anexo “B”, compara las diferencias entre los enfoques convencionales y la nueva filosofía de producción.

Koskela (1992) plantea que la nueva filosofía de producción considera estos elementos en su diseño y control de producción: Reducción de actividades que no agregan valor, incremento del valor de la producción mediante consideración de requerimientos del cliente, reducción de variabilidad, reducción del tiempo de los ciclos, incremento de flexibilidad de producto terminado, introducción de mejoramiento continuo dentro de los procesos, balance del

mejoramiento de los flujos respecto de las conversiones y simplificación mediante reducción de pasos, partes y relaciones.

2.2.2.3 Teoría de las restricciones.

En la década de los años 80, Eliyahu Goldratt formuló por vez primera la teoría de las restricciones. Esta plantea que un conjunto de procesos con interrelaciones y dependencias se mueve a la velocidad del proceso más lento, por lo que la única manera de aumentar la velocidad del conjunto es aumentando la capacidad del proceso más lento o “cuello de botella” (Goldratt, 1984). De este modo, Goldratt propone que dichas restricciones, las cuales son factores limitantes para el proceso productivo, deben identificarse y controlarse.

En su libro “La Meta”, Goldratt plantea que la “meta” es ganar dinero y para ello es necesario elevar el rendimiento. Para lograr esto, se propone el rompimiento de los siguientes paradigmas de las industrias (Goldratt, 1984):

- Operar el sistema como si se formara de eslabones independientes, en vez de una cadena.
- Tomar decisiones en función del costo contable en lugar de hacerlo en función de la contribución a la meta (rendimiento).
- Requerimiento de una gran cantidad de datos cuando sólo se requieren unos pocos.
- Mejora continua requiere de un sistema de medición y método que involucre la participación del personal.

Por otra parte, el enfoque de análisis de restricciones propuesto por Goldratt se compone de la siguiente forma:

- 1) Identificación de restricciones del sistema
- 2) Obtención de la mayor producción posible de la restricción

- 3) Subordinación de todo a la restricción anterior: Todo el esquema debe funcionar al ritmo que marca la restricción
- 4) Mejoramiento del nivel de actividad de la restricción
- 5) Vuelta al primer paso en caso se elimina una restricción

2.2.3 Herramientas *Lean Construction*.

2.2.3.1 Definición de *Lean Construction*.

La nueva filosofía de producción o *Lean Production* adaptado al sector construcción se denomina *Lean Construction*. Como menciona Bustos (2021), *Lean Construction* es el hito estratégico más importante que ha tenido la industria de la construcción en los últimos 100 años. Esta se enfoca en las pérdidas en el proceso constructivo y la reducción de estas, para lo cual se encarga de fortalecer los sistemas de gestión de producción, así como los propios procesos de producción (Ballard y Howell 1994).

De este modo, *Lean Construction* ejecuta tres procesos para aumentar la eficiencia: Transformación (minimizando o eliminando flujos), Planificación (definiendo estrategias para alcanzar los objetivos) y Control (asegurando que actividades se llevan a cabo en secuencia prevista).

Asimismo, esta filosofía se fundamenta en cinco principios fundamentales: definir el valor del cliente y/o proyecto; disminuir el desperdicio de los procesos; necesidad del flujo en la industria y la necesidad de disminuir la variabilidad de los proyectos; no empujar el trabajo, sino jalar el mismo; y, finalmente, aplicar el principio de mejora continua (Bustos, 2021).

En este esfuerzo por eliminar pérdidas, *Lean Construction* identifica 8 clases de desperdicios: Talento no utilizado, inventario, movimiento, esperas, transportes, defectos, sobreproducción y sobreprocesamiento.

La planificación de esta filosofía se basa en la reducción de las pérdidas mejorando la confiabilidad de los flujos, a diferencia de los sistemas de gestión tradicional que insertan incertidumbre en el flujo de trabajo y, por consiguiente, generan pérdidas. La confiabilidad de estos flujos puede incrementarse a través de una planificación de horizontes de tiempo más cortos y, por consiguiente, más predecibles y confiables (Ghio, 2001).

2.2.3.2. El último planificador (*Last planner*).

Se le denomina “Último Planificador” a aquella persona que designa trabajo directo a los trabajadores, por ejemplo, los capataces o maestros de obra. Su función es lograr que lo que “queremos hacer” coincida con lo que “podemos hacer” y, finalmente, juntos se transformen en lo que “vamos a hacer” (Ghio, 2001). Esta teoría se basa en planificar a corto plazo, a un horizonte de una semana, planteando metas realistas y cumplibles.

Así, el Último Planificador elige las actividades que tengan todos los recursos y condiciones necesarias para cumplirse en esa semana. Al planificar, debe tenerse la certeza de que este trabajo seleccionado cumpla con la secuencia correcta, que sea una cantidad proporcional, esté de acuerdo con la disponibilidad de materiales y equipos, y pueda ser ejecutado efectivamente (Ghio, 2001).

2.2.3.3. *Look Ahead Planning*.

Este es un tipo de planificación realizado para 3-5 semanas, el cual, prevee las actividades a realizar para las siguientes semanas tomando en cuenta todo los requisitos previos y condiciones necesarias para poder cumplir con dichas actividades correctamente. Esto implica un amplio control y conocimiento de capacidad de almacenamiento en obra, conocimiento de las restricciones para ejecución de procesos, coordinación con proveedores, cantidades de materiales, etc (Lozano y Murillo, 2007).

2.2.3.4. Nivel general de actividad.

Esta es una herramienta de medición del Trabajo Productivo (TP), Trabajo Contributorio (TC) y Trabajo No Contributorio (TNC) en la mano de obra en un proyecto a nivel macro. Sirve para determinar los porcentajes generales de trabajo productivo e improductivo en una obra de construcción durante su ejecución.

Este tipo de medición tiene las siguientes características:

- Medición realizada de forma aleatoria
- La persona que realiza la medición debe recorrer toda la obra o colocarse en un punto fijo donde pueda visualizar todo el campo de obra.
- Cada vez que la persona que realiza la medición encuentre visualmente a un obrero, deberá apuntar en un formato el tipo de trabajo que está realizando (TP, TC o TNC).
- Es necesario definir previamente qué actividades van en cada categoría de tipo de trabajo.

2.2.3.5. Carta Balance o Carta de Equilibrio de Cuadrilla.

La Carta Balance inicialmente fue utilizada como herramienta en la Ingeniería Industrial, pero fue Alfredo Serpell Bley quien adaptó esta técnica al sector construcción, convirtiéndola en una herramienta de muestreo muy útil en los estudios de productividad.

La Carta Balance mide los tiempos productivos (TP, TC y TNC) de la mano de obra, pero enfocándose en una actividad en particular y en una cuadrilla en específico. Las mediciones apuntan a medir los porcentajes de TP, TC y TNC de la cuadrilla analizada durante el tiempo de ejecución de la actividad, para analizar su productividad y plantear potenciales propuestas de mejora como un mejor balanceo de esta.

“El objetivo de esta técnica es analizar la eficiencia del método constructivo empleado, más que la eficiencia de los obreros, de modo que no se pretende conseguir que trabajen más duro, sino en forma más inteligente” (Serpell 1990:2).

Es así como el autor propone otras funciones importantes para la herramienta:

- Descripción formal del proceso de una operación de construcción, detalladamente
- Permite comentar el método usado
- Determinación de la cantidad de obreros más adecuada para cada cuadrilla.

En ese sentido, Serpell plantea diferentes acciones para mejorar la eficiencia de las cuadrillas (aumentar TP y disminuir TC y TNC):

- Reasignar tareas entre sus integrantes
- Modificar el tamaño de la cuadrilla
- Implementar algún cambio tecnológico que cambie el proceso constructivo para hacerlo más eficiente.

Por otro lado, Serpell formula la siguiente secuencia para la utilización de la Carta Balance:

- 1) Revisar el proceso constructivo seleccionado y buscar otro método que permita cuestionar comparativamente su conveniencia.
- 2) Cuantificar previamente un grado de utilización eficiente de los recursos de mano de obra, maquinaria, equipos, etc. para el proceso seleccionado.
- 3) Analizar el diagrama de proceso de los recursos
- 4) Procesar la información, concluir y discutir resultados. Plantear mejoras y describir carta balance ideal para el procedimiento mejorado propuesto.

2.2.4. Diagnóstico de la productividad en obras de construcción en el Perú.

En el año 1999, un grupo de alumnos de la Pontificia Universidad Católica del Perú llevaron a cabo un estudio de productividad en 50 obras de edificación en Lima. Esta investigación fue realizada en el marco de la realización de dos tesis de pregrado trabajadas por Flores, Salízar y Torre (2000) y por Bonelli y Carrasco (2000). Este estudio, el primero en su tipo realizado en el país, fue guiado y supervisado por el Ing. Virgilio Ghio Castillo, pionero peruano de métodos avanzados de gestión de la construcción.

Luego de analizar y tomar mediciones de productividad en estas obras, empleando cartas balance, muestreos del nivel general de obra y encuestas de profesionales responsables de obra y personal obrero, se obtuvo el siguiente gráfico resumen.

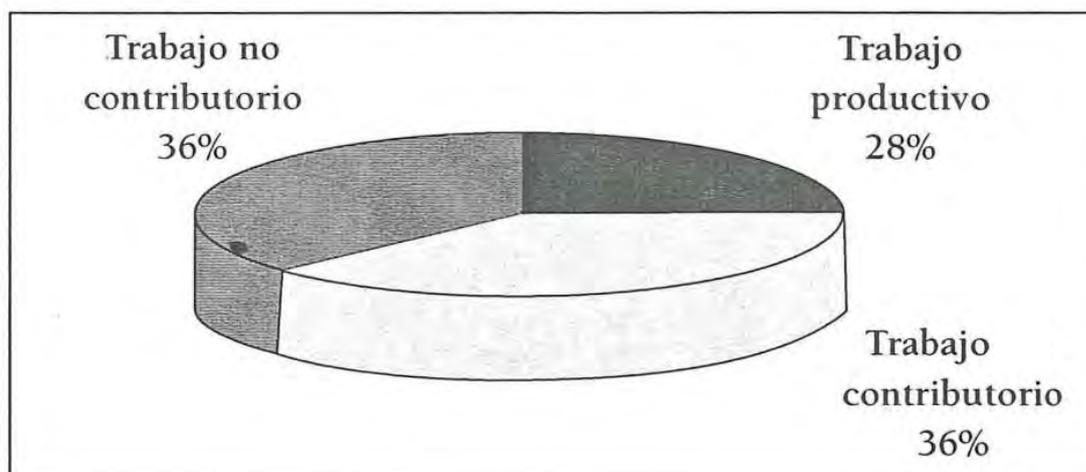


Figura N°03. Resultado de la ocupación del tiempo en 50 obras en Lima (Ghio, 2001).

La Figura 6 refleja que el 28% del trabajo realizado por la mano de obra es trabajo productivo, mientras que el 36% y 36% fueron empleados en trabajo contributorio y no contributorio respectivamente.

Los trabajos no contributorios se debieron a los siguientes motivos: Viajes (13%), tiempo ocioso (10%), esperas (6%) y trabajo rehecho (3%). Los trabajos contributorios se compusieron

de la siguiente manera: Transporte manual (14%), trabajos lentos y falta de diseño de procesos constructivos (11%), mediciones (5%), limpieza (4%) e instrucciones (3%).

El estudio establece que las principales causas de estas pérdidas fueron:

- Cuadrillas sobredimensionadas,
- Falta de supervisión
- Deficiencias en el flujo de materiales
- Mala distribución de instalaciones en obra
- Actitud del trabajador
- Falta de manejo de campo
- Mala calidad
- Trabajos lentos
- Deteriores de trabajos ya realizados
- Cambios en los diseños
- Falta de programación y control en el uso de equipos
- Trabajos lentos
- Falta de diseño de los procesos constructivos

Luego de un exhaustivo análisis, el estudio concluyó que ninguna de las obras superó el 38% de trabajo productivo y el 27% del tiempo de trabajo de los obreros se dedica a transportes y viajes.

Además, la investigación arribó a la conclusión de que el trabajo productivo en las obras en Lima no guarda relación con el tamaño de la obra, ni con el tipo de empresa, pero sí se ve afectado directamente por el tipo de administración de obra. Es así como las empresas que ejercen un mayor y mejor nivel profesional de planificación en obra tienen mayores niveles de

productividad. De hecho, el estudio afirma que la mayoría de las fuentes de pérdidas son responsabilidad directa de los sistemas de administración de la producción.

Finalmente, el texto recomienda que los esfuerzos de la administración de obra deberían estar dirigidos a controlar las fuentes de los trabajos no productivos, mejorando su supervisión, sus sistemas de producción, sistemas de información y planificación.

2.2.5. Sistemas de abastecimiento de agua potable para Lima Metropolitana

Un sistema de abastecimiento de agua potable se refiere a un sistema de infraestructura montada especialmente para la distribución de agua potabilizada, desde su fuente hasta los beneficiarios.

Este sistema tiene una fuente de Captación, de la que se extrae agua a través de una Línea de Conducción directamente hacia una Planta de Tratamiento. Después de seguir el proceso de potabilización del agua, desde esta planta, la Línea de Conducción transporta el agua tratada hacia uno de los reservorios de la ciudad. Desde este reservorio, a través de una Línea de Aducción, el agua viaja hasta la red principal de distribución, desde donde fluye a las redes secundarias y desemboca, finalmente, en las conexiones domiciliarias de las casas beneficiadas. A grandes rasgos, este es el viaje del agua para poder llegar en condiciones óptimas a su punto final.

En el caso de la ciudad de Lima, la empresa encargada de construir y brindar mantenimiento a estos sistemas es la empresa estatal SEDAPAL (Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima). Para visualizar mejor el esquema básico de un sistema de abastecimiento de agua potable, se puede observar la Figura B-04, desarrollada en el Anexo “B” de este documento.

Las fuentes de captación pueden ser superficiales (ríos, lagunas), meteóricas (lluvia o nieve) o aguas subterráneas. En el caso de SEDAPAL, esta emplea al río Rímac como fuente de Captación, abasteciendo al 80% de la ciudad de Lima. El agua se recolecta por medio de una

represa y pasa, a través de la línea de conducción, directamente a la planta de tratamiento La Atarjea para su potabilización.

Una línea de conducción es un grupo de tuberías y accesorios que transporta el agua desde la captación hasta la planta de tratamiento y, posteriormente, hasta las redes de distribución. Esta línea puede transportar el agua por gravedad o por bombeo, dependiendo si la cota de la fuente de captación es mayor o menor a la planta de tratamiento o redes de distribución.

Por otra parte, el reservorio o tanque de almacenamiento es un elemento de regulación, el cual tiene por funciones almacenar agua para emergencias (como incendios), solventar diferencias de consumo durante un día y mantener presiones de servicio en la red, garantizando la permanente disponibilidad del líquido elemento. Para conocer las partes básicas de un reservorio de agua apoyado, se puede buscar la Figura B-05 del Anexo “B” de esta tesis.

El tanque de almacenamiento tiene por función adicional albergar el agua cuando el caudal de demanda es menor, para poder tener suficiente líquido para una ocasión en que la demanda sea mayor. Por este motivo, los tanques apoyados se suelen colocar en las partes altas de los cerros para poder aprovechar la cota y el agua fluya por gravedad. En su defecto, pueden construirse tanques elevados.

Así, el agua viaja a través de la línea de aducción hasta la red de distribución, la cual es el conjunto de tuberías y válvulas que llevan el agua potable desde el reservorio hasta las conexiones domiciliarias. Una red de distribución suele dividirse en sectores para facilitar su función y puede ser de tipo ramificada o tipo mallada.

Una red ramificada cuenta con una tubería principal de mayor diámetro, desde la cual salen tuberías de menor diámetro (ramales) que se conectan directamente con los domicilios. Mientras que una red mallada se compone de mallas o circuitos que se interconectan entre ellos.

En una red de distribución suele llamársele Troncales a las líneas principales de distribución (en la red mallada, son las que van en los exteriores de la malla del sector), mientras que aquellas que se unen a las conexiones domiciliarias son las líneas secundarias. Para visualizar con más detalle cómo es el recorrido de la red de distribución desde el reservorio hasta las conexiones domiciliarias, se puede observar la Figura B-06 del Anexo “B”. De igual manera, para ver gráficamente cómo funciona la red primaria y red secundaria de una red de abastecimiento, se puede apreciar la Figura B-07 del Anexo “B”.

Por otra parte, SEDAPAL, en su conjunto de especificaciones técnicas, señala que el proceso constructivo básico para toda línea principal o línea secundaria en la red de distribución (siempre y cuando no haya napa freática superficial) es el siguiente:

- 1) Excavación de zanja a corte abierto en terreno normal, semi-rocoso o rocoso
- 2) Refine y nivelación de los bordes de la zanja
- 3) Preparación de cama de apoyo
- 4) Tendido de tubería en zanja
- 5) Relleno y compactación de la zanja

En primer lugar, respecto a la excavación de la zanja, esta puede ser en terreno normal, semi rocoso, rocoso o saturado. El terreno normal se refiere a suelo de naturaleza suelta (limo, arcillas, arena); el semi rocoso se compone de roca fracturada o mezcla de terreno normal y roca fracturada; el terreno rocoso está constituido por roca fija y sana, para lo cual es necesario explosivos o herramientas mecánicas para su excavación; y, por último, el terreno saturado es aquel que necesita un bombeo previo para su excavación. Para ejecutar esta actividad es necesario contar con las tuberías en obra. En zonas urbanas, adicionalmente es necesario tener el mapa de interferencias previo a los trabajos para evitar romper algún tubo o conexión de gas preexistente.

En segundo lugar, el refine y nivelación se refiere al perfilado de las paredes de la zanja excavada, eliminando protuberancias que choquen o afecten la tubería posteriormente instalada. Asimismo, la nivelación se realiza al fondo de la zanja, ejecutando cortes y rellenos para darle a la zanja el nivel necesario requerido por el expediente técnico. Para realizar esta actividad, en excavaciones de zanja profunda en las que el suelo no tenga la resistencia suficiente, se deben colocar entibados o tablestacado para asegurar la firmeza del suelo durante los trabajos posteriores. La Figura B-08 del Anexo “B” permite contemplar gráficamente el acabado del proceso de refine y nivelación.

En tercer lugar, la preparación de cama de apoyo depende del tipo de terreno y tipo y clase de tubería a instalarse. Este procedimiento permite garantizar un colchón flexible que le otorgue estabilidad y colocación uniforme a los tubos. Para terrenos normales, el material del que debe estar hecho es agregado fino con módulo de fineza entre 2.3 y 3.1 (SEDAPAL, 2010). Para revisar gráficamente las dimensiones técnicas recomendadas por SEDAPAL para la cama de apoyo, puede buscarse la Figura B-09 del Anexo “B”.

En cuarto lugar, el tendido de tubería se lleva a cabo sobre cama de apoyo tomando en cuenta que el ancho de la zanja es el ancho de la tubería sumado a 15 centímetros a cada lado como mínimo. La tubería, sea de hierro o HPDE (polietileno de alta densidad), tiene un lomo (cuerpo de la tubería), una campana (extremo que sirve de conexión con la tubería siguiente) y una clave (punta superior de la campana). La distancia mínima desde la clave del tubo hasta la superficie de la zanja debe ser de 1 metro y debe estar instalada en el eje de la zanja.

Asimismo, las tuberías deben ser unidas una vez instaladas al fondo de la zanja, siendo la unión flexible con anillo de jebe para que tenga suficiente maleabilidad en caso de un sismo. Para una visión gráfica de las partes de la tubería y sus dimensiones, se puede contemplar la Figura B-10 del Anexo “B” de esta investigación.

En quinto lugar, el relleno se realiza para restituir la cota de terreno a su posición original antes de la excavación de la zanja y puede ejecutarse con material propio o de préstamo libre de impurezas o materia orgánica. Este tiene dos etapas: la primera es hasta 30 centímetros sobre la clave de la tubería. Este relleno puede tener sólidos de diámetro máximo hasta $\frac{3}{4}$ " de material selecto para que no dañe la tubería. Se rellena en capas de 15 centímetros y en esta primera etapa es necesario compactar con pisones manuales, no equipo mecánico (para mantener tuberías intactas). La segunda etapa es desde 30 centímetros por encima de la clave de la tubería hasta la superficie y las capas de 15 cm sí puede compactarse con equipo mecánico. Asimismo, la compactación debe hacerse al 95% del Proctor modificado.

Finalmente, se debe hacer una prueba de calidad llamada doble prueba hidráulica, la cual sirve para verificar que no existen fugas en un tramo de tuberías y estas no colapsen. La primera se lleva a cabo a zanja abierta, luego de 24 horas de haber colocado dos capas de relleno sobre la cama de apoyo. Un tramo de tuberías debidamente conectados debe llenarse de agua durante dos horas a una presión determinada y no debe haber fugas luego de ese tiempo. La segunda prueba hidráulica se realiza 24 horas luego de haber relleno toda la zanja de la tubería instalada, llenándose la tubería de agua a una presión normal y verificando luego de una hora que no se hayan generado fugas.

2.3 Definición de términos básicos

- **Productividad:** Cociente entre el producto terminado y los recursos transformados para crear ese producto.
- **Velocidad:** Cantidad de producción que realiza una cuadrilla en una unidad de tiempo (m²/día, m³/día, ml/días, etc.)
- **Rendimiento:** Índice de productividad. Medida de eficiencia a la cantidad de recursos usados por unidad de producción (hh/m²; hh/m³; hh/ml).

- **Efectividad:** Logro de un objetivo requerido.
- **Eficiencia:** Uso apropiado de los recursos para lograr un objetivo.
- **Flujo:** Movimiento de materiales y/o información a través de red de unidades de producción.
- **Conversión:** Proceso por el cual los recursos o insumos se transforman en un producto específico.
- **Trabajo productivo (TP):** Trabajo que agrega valor a un producto y que aporta directamente a su producción.
- **Trabajo contributorio (TC):** Trabajo que soporta al TP, es necesario llevarlo a cabo para completar el TP, pero no agrega valor directamente al producto.
- **Trabajo no contributorio (TNC):** Acción que no agrega valor al producto y constituye una pérdida para la producción.
- **Producto:** Resultado de procesos que satisface las necesidades de un cliente.
- **Calidad:** Conjunto de características de un producto que determina el grado de satisfacción del cliente.
- **Partida:** Tarea específica en una obra de construcción.
- **Cuadrilla:** Grupo de trabajadores que realizan una actividad específica.
- **Actividad:** Trabajo referente a una partida realizada por una cuadrilla.
- **Carta Balance:** Resumen estadístico de los tipos de trabajo (TP, TC o TNC) medidos en una actividad específica por una cuadrilla específica.
- **Sistema de abastecimiento de agua potable:** Conjunto de infraestructura para distribuir agua potabilizada desde una fuente de captación hasta las conexiones domiciliarias de los usuarios.

- **Reservorio:** Estructura elevada que contiene agua como reserva, del cual sale una línea de aducción para llevar el agua potable hacia la red de distribución por medio de gravedad.
- **Red de distribución de agua potable:** Sistema de líneas principales y líneas secundarias para abastecer de agua un cuadrante de domicilios.
- **Troncal:** Línea principal de una red de abastecimiento de agua potable.
- **Excavación de zanja abierta:** Actividad por la cual se excava una zanja para una tubería de agua potable en terreno rocoso, semi rocoso, normal o saturado.
- **Interferencias:** Elementos subterráneos de servicios preexistentes al excavar una zanja.
- **Refine y nivelación:** Procedimiento en el que las paredes y el fondo de una zanja excavada se nivelan, eliminando protuberancias.
- **Cama de apoyo:** Material fino que se extiende en una capa mínima de 10 cm en la zanja para que la tubería descansa sobre ella.
- **Tendido de tubería:** Actividad en la que se instala la tubería de agua al fondo de la zanja y se conectan sucesivamente.
- **Relleno y compactación:** Procedimiento de relleno de la zanja en capas de 15 cm sucesivas que se van compactando conforme se llega a la superficie.
- **Prueba hidráulica:** Prueba de calidad que sirve para verificar que un tramo de tuberías instaladas esté bien sellado, que no haya fisuras ni goteos de agua, llenándolo de agua a una presión determinada, tanto a zanja abierta como a zanja cubierta.
- **SEDAPAL:** Empresa estatal que se encarga del abastecimiento de agua potable y alcantarillado en la ciudad de Lima.

CAPÍTULO III: Metodología

3.1. Diseño de la Investigación

El diseño de investigación elegido es el “no experimental”. Se observará el trabajo de las cuadrillas de trabajadores sin interferir ni manipular ninguna variable, viéndolas en su contexto natural para luego realizar los análisis respectivos.

3.1.1. Enfoque de la investigación.

El enfoque elegido para la presente investigación es el cuantitativo. Se escogió este enfoque porque se empleará la recopilación de datos a través de mediciones con cartas balance para calcular los porcentajes de trabajo productivo en las actividades, todo esto para probar una hipótesis. Partir desde este enfoque es menester porque se requiere usar mediciones numéricas y análisis estadístico para llegar a conclusiones respecto a la hipótesis. Asimismo, el enfoque implica una investigación sistemática, rigurosa y objetiva (Hernández, Fernández y Baptista. 2010:4).

3.1.2. Tipo de investigación.

El tipo de investigación escogido es la investigación aplicada. Esto se debe a que se aplicará las cartas balance para analizar los tiempos productivos de las cuadrillas, con el fin de plantear propuestas de mejora para el futuro.

3.1.3. Nivel de investigación.

El nivel de investigación escogido es descriptivo. Esto es porque se especificarán propiedades, características y rasgos importantes de las variables analizadas (Hernández et al. 2010: 80), incluyendo productividad, rendimientos, tiempos productivos, número de integrantes de cuadrilla, etc.

3.2. Variables y Matriz de Operacionalización

La variable dependiente vendría siendo la productividad de la mano de obra, mientras que la variable independiente es la Carta Balance.

A continuación, se muestra la “Matriz de Operacionalización de variables”:

Tabla N°01. “Matriz de Operacionalización de variables”

<i>Variable</i>	<i>Tipo</i>	<i>Indicadores</i>	<i>Instrumentos</i>	<i>Fuente</i>
Carta Balance	Independiente	Tiempo productivo	Ficha de recolección de datos de campo	Obra analizada
		Tiempo Contributorio		
		Tiempo no contributorio		
Productividad mano de obra	Dependiente	Recursos utilizados	Ficha de recolección de datos de campo	Obra analizada
		Horas hombre		

Nota: Elaboración propia

3.3. Población y Muestra

La *población* es la obra llamada “Ampliación y Mejoramiento de los sistemas de agua potable y alcantarillado para el A.H. Incahuasi – Pampa de Comas – Distrito de Comas” en Lima, Perú.

Mientras que la *muestra* se refiere a las partidas de la obra analizadas para realizar las cartas balance. Las partidas sujetas a estudio son las más incidentes a nivel de costo en el presupuesto general de la obra mencionada anteriormente.

Para determinar qué partidas serían las escogidas se utilizó el Principio de Pareto, el cual, puede determinar los factores más importantes. Este principio señala que, por lo general, el 80% de los resultados totales se originan en el 20% de los elementos, o lo que es lo mismo, en todo grupo de elementos que contribuyen a un mismo efecto sólo unos pocos son los directos responsables del mayor impacto en el resultado final (EALDE Business School, 2013). Para visualizar un ejemplo gráfico de cómo funciona el Diagrama de Pareto, se puede buscar la Figura B-11 del Anexo “B”.

Es así como, en el análisis posterior, se graficará el Diagrama de Pareto, tomando como base el presupuesto general del proyecto, para evaluar cuáles son las cinco partidas más incidentes en costo y, en consecuencia, en la productividad. Así se determinarán las cinco partidas que serán la muestra de análisis para las Cartas Balance.

3.4. Técnicas de Recolección de Datos

3.4.1. Herramientas de recolección.

Las herramientas de recolección de datos:

- Cartas Balance: Para conocer el formato utilizado por esta investigación, puede visitarse la Figura B-12 del Anexo “B” de esta investigación.
- Expediente Técnico de la obra “Ampliación y Mejoramiento de los sistemas de abastecimiento de agua potable y alcantarillado del A.H. Incahuasi – Pampa de Comas – Distrito de Comas”, centrándonos directamente en la parte de agua potable.
- Formatos de medición cartas balance, cronómetros, smartphone, calculadora HP 50G, lapiceros, bases duras para apoyo de formatos, resaltadores.

- Implementos de seguridad en obra: Casco, chaleco reflectivo, botas punta de acero, lentes de seguridad, cortavientos.

3.4.2 Procedimiento de recolección.

- Determinar las 05 partidas más incidentes mediante aplicación de Diagrama de Pareto. Una vez hecho esto, se trabajará actividad por actividad seleccionada.
- Se describirá de manera detallada la actividad.
- Se elaborará el diagrama de flujo de procesos de la actividad
- Se calificarán los procesos de la actividad en tres grupos: Trabajo Productivo, Trabajo Contributorio y Trabajo No Contributorio (TNC) y se les asignarán un código cada uno para colocar en el formato.
- Se escogerá la cuadrilla a analizar: Se identificarán a sus integrantes y sus rangos respectivos. Se tendrán presentes su Análisis de Precios Unitarios (APU) tomados del presupuesto general de obra.
- Se identificarán las herramientas y equipos necesarios para la ejecución de la actividad.
- Se identificarán los insumos (recursos) necesarios para la ejecución de la actividad.
- Se determinará cuál será el producto terminado al final de la jornada o la medición.
- Se llevarán a cabo 384 mediciones, cada medición de 30 segundos (un total de 3 horas y 12 minutos), para clasificar cada unidad de tiempo de cada uno de los trabajadores de la cuadrilla en TP, TC, y TNC. En caso de que la actividad dure menos, se muestreará el total de esta.
- Se llevarán a cabo dos muestreos con Carta Balance por cada actividad estudiada para que tenga validez estadística. Las condiciones de la cuadrilla en cada par de muestreos deben ser las mismas.

- Se completará el formato de Carta Balance al final del muestreo.

3.5. Técnicas de Procesamiento de Datos

Una vez realizadas las Cartas Balance, se pasa al procesamiento de datos que tiene la siguiente secuencia:

- Se pasarán los resultados obtenidos en campo en una hoja de cálculo en Excel.
- Se determinarán los porcentajes de tiempos productivos de cada trabajador.
- Se obtendrán los porcentajes de tiempo para cada uno de los procesos realizados para cada trabajador.
- Se graficarán diagramas de torta mostrando los porcentajes de TP, TC, y TNC de cada uno de los trabajadores.
- Se redactarán las observaciones del trabajo de cada trabajador de la cuadrilla. Identificando causas de tiempos no productivos.

Después de hacer el análisis por trabajador, se realizará el análisis por la cuadrilla completa:

- Se obtendrán los porcentajes de tiempo para cada uno de los procesos realizados por la cuadrilla.
- Se dibujará el histograma para la distribución de tiempo de todos estos procesos por la cuadrilla completa.
- Se graficarán diagramas de torta mostrando los porcentajes de TP, TC, y TNC de la cuadrilla completa.

Posteriormente se realizarán los cálculos respectivos, comparando con el APU de la cuadrilla estipulado en el Expediente Técnico de obra.

- Se calculará el avance físico de la cuadrilla.

- Se calculará la velocidad de mano de obra, Índice de productividad y Costo Unitario de la cuadrilla, comparándola con la del APU.
- Tomando en cuenta el metrado total de cada actividad, se calcularán las pérdidas potenciales en Costo de mano de obra y Hora – Hombre.
- Se identificarán las causas de las principales pérdidas y las causas de los trabajos productivos, para replicarlos.
- Se llevará a cabo un análisis del balance de la cuadrilla, identificando si esta estuvo bien articulada. De ser necesario, se propondrá un nuevo balance de cuadrilla para obtener una mejor productividad.
- Se brindarán propuestas de solución para mejorar el proceso constructivo, habiendo identificado las causas de los trabajos no productivos.

Capítulo IV: Desarrollo de la Investigación

4.1 Datos generales del proyecto

El nombre del proyecto (objeto de estudio de esta investigación) es “Ampliación y Mejoramiento de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado para el A.H. Incahuasi – Pampa de Comas – Distrito de Comas”, obra ubicada en Lima Metropolitana. El plano de ubicación del proyecto y su área de influencia se proyectan en las Figuras C-01 y C-02 respectivamente, pertenecientes al Anexo “C” de esta investigación.

Los datos generales del proyecto son los siguientes:

- Ubicación: Asensamiento Humano “Incahuasi”, Pampa de Comas, Comas, Lima, Perú.
- Monto del contrato: S/. 71,121,281.85
- Contratista: Consorcio San Isaías (“China Machinery Engineering Corporation” y “2H Ingeniería y Construcción S.A.C.”)
- Entidad contratante: SEDAPAL

- Población beneficiada: 486,977
- Lotes: 3044 lotes
- Plazo de ejecución: 360 días calendario

La memoria descriptiva del Expediente Técnico del proyecto contempla 06 componentes principales del mismo: Obras civiles – estructuras, equipamiento hidráulico e instalaciones eléctricas, líneas de agua potable, líneas de alcantarillado, redes y conexiones de agua potable y, por último, redes y conexiones de alcantarillado. Sin embargo, para efectos del alcance de esta tesis, se dejará de lado los componentes de líneas de alcantarillado y conexiones de alcantarillado, para darle un enfoque más preciso al abastecimiento de agua potable.

4.2 Elección de partidas a analizar

Para elegir las actividades para muestrear, en primer lugar, se tomó en cuenta la incidencia en costo de los componentes del presupuesto del proyecto. Posteriormente, dentro de esos componentes, se eligieron los subcomponentes más incidentes en costo. Por último, al interior de dichos subcomponentes se tomaron las actividades más incidentes, pero a la vez repetitivas para escogerlas para los muestreos.

Del presupuesto total del proyecto, se puede extraer la Figura C-03, localizada en el Anexo “C” de esta tesis (sin incluir líneas y conexiones de alcantarillado), la cual le da un 42.89% de incidencia en el costo a “Obras civiles – Estructuras”, un 13.88% de incidencia a “Equipamiento hidráulico e instalaciones eléctricas” y un 43.23% de incidencia a “Líneas de agua potable” (considerando principales y secundarias). De este modo, se elaboró el Diagrama de Pareto respecto al resumen del presupuesto general, el cual puede visualizarse en la Figura C-04 del Anexo “C”. De dicha figura queda claro que, entre los 03 componentes referidos exclusivamente a abastecimiento de agua potable, los 02 más incidentes en el costo son “Obras civiles – Estructuras” y “Líneas de agua potable”, siendo los dos elegidos para el análisis.

4.2.1. Elección de actividades en “Obras civiles – Estructuras”

Respecto al componente “Obras civiles – Estructuras”, la Figura C-05 del Anexo “C” presenta sus subcomponentes dentro del presupuesto del proyecto. En base a esta figura, pueden agruparse los tipos de estructuras proyectadas y elaborar el Gráfico C-06, ubicado en el Anexo “C”, el cual refleja el porcentaje de incidencia en costo de cada uno de ellos: “Obras provisionales” tiene un 8.36%, los “Reservorios” ostentan un 21.75%, “Muros de contención” inciden en un 61.87% y, por último, el “Plan de vigilancia Covid 19” tiene un 8.02%.

Finalmente, puede graficarse el Diagrama de Pareto de estos subcomponentes, plasmado en la Figura C-07 del Anexo “C”, en el cual se ve que “Muros de contención – líneas” es el subcomponente más incidente en costo. No obstante, este es un subcomponente muy específico de esta obra en particular. Por lo que se tomará como elección, el siguiente componente más incidente: “Reservorios”.

En lo que respecta a reservorios, al momento del trabajo de campo el único reservorio por ejecutar fue el “Reservorio Apoyado Proyectado RAP – 01 $V = 100 \text{ m}^3$ ”. Por lo tanto, se tomó este reservorio como materia de análisis para los muestreos de la presente tesis. Del mismo modo, dado que la herramienta “Carta Balance” investiga a detalle el trabajo de la mano de obra, se escogió la partida de “Vaciado de concreto en anillo de reservorio” pues es la actividad que más mano de obra demanda en este reservorio.

Así, para tener una vista del plano de estructuras del RAP-01, puede verse la Figura C-08 localizada en el Anexo “C” de este estudio: la cuba del reservorio tiene una altura de 4.25 m y su cúpula tiene una altura proyectada de 1 m. Su diámetro interior es de 6 m y su diámetro externo es de 6.6 m. El volumen interior tendrá una capacidad de 100 m³. El nombre RAP – 01 se refiere a “Reservorio Apoyado Proyectado 01” y este se encuentra apoyado en la cima del cerro de la pampa de Comas para aprovechar la caída de agua por gravedad hacia los sectores beneficiados.

De acuerdo con el expediente técnico, el método constructivo será a través de vaciado de anillos sucesivos de su cuba, hasta llegar a la cúpula superior. La Actividad 01 de la presente tesis, justamente hará el análisis de los vaciados progresivos de los anillos de la cuba.

4.2.2. Elección de actividades en “Líneas de agua potable”

Respecto al componente “Líneas de agua potable”, todos los subcomponentes que la conforman, según el Expediente Técnico, pueden ser evaluados en la Figura C-09 del Anexo “C”.

De igual manera, como el caso anterior, los subcomponentes pueden agruparse en tipo de estructura en la Figura C-10 del Anexo “C”, la cual permite conocer que “Líneas de impulsión” representa un 5.74% de incidencia, “Líneas de conducción” aporta un 6.4%, “Troncales Estratégicas” un 69.41% y, finalmente, “Cámaras” representa un 18.45%.

Tomando como base la figura anterior, puede elaborarse el diagrama de Pareto para los subcomponentes del componente “Líneas de agua potable” (Figura C-11 del Anexo “C”), en el cual se puede concluir que el más incidente es “Troncales estratégicas”, por lo que se tomarán dichas troncales como base del estudio.

Ahora bien, tomando como punto de partida las troncales estratégicas CD - 04 y CD – 05, las cuales estuvieron ejecutándose al momento del trabajo de campo, se decidió analizar las actividades de “Excavación de zanja en terreno normal”, “Excavación de zanja en terreno rocoso”, “Tendido de tubería en zanja” y “Relleno y compactación de zanja”, por ser las actividades más repetitivas en toda la construcción de las troncales, e incluso, también de las redes secundarias de agua potable. Si bien es cierto, las actividades de “Preparación de cama de apoyo” y “Refine y nivelación” también se repiten constantemente en la ejecución de las troncales estratégicas, se decidió descartarlas para los muestreos de carta balance por su poca utilización de mano de obra.

4.3 Toma de muestras con cartas balance

4.3.1. Actividad 01: Vaciado de concreto en anillo de reservorio

4.3.1.1. Descripción del proceso constructivo de Actividad 01

El vaciado de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en las paredes de la cuba del reservorio RAP – 01 (Reservorio Apoyado 01), se realizó por medio de 04 anillos sucesivos desde la base de este hasta la base de su cúpula. El procedimiento de vaciado se llevó a cabo utilizando 04 carretillas “buggy” que se trasladaron desde la mezcladora de concreto hasta el encofrado, vaciando su contenido dentro de las paredes de este, siendo necesaria, a su vez, la ayuda de un trabajador adicional. Asimismo, durante el vaciado se contó con una vibradora para el concreto, operada por otro trabajador. De este modo, se vaciaron los 6 m³ correspondientes a cada uno de los anillos de la cuba del RAP – 01.

Se realizaron 02 muestreos para esta actividad, el primero en el vaciado del primer anillo y el segundo en el vaciado del tercer anillo. Cada muestreo se llevó a cabo mediante mediciones en intervalos de 30 segundos, tomando 219 mediciones (109.5 min) el primero y 241 mediciones (120.5 min) el segundo.

4.3.1.2. Reconocimiento TP, TC y TNC

Tabla N°02. Tipos de trabajo en la Actividad de Vaciado de concreto en anillo de reservorio

Trabajo Productivo (TP)	
VAC	Vaciar concreto
Trabajo Contributorio (TC)	
MEZ	Mezclado de concreto
TRANS	Transportar concreto / materiales
INST	Recibir / dar instrucciones
HER	Recoger o blandir herramientas (no “buggy”)
AFI	Afinar máquina (mezcladora o vibradora)
INS	Vaciado de insumos en trompo
LLEN	Llenado de insumos en balde
VIA	Viajes Contributorios: Para abastecer material
MOV	Mover el concreto con lampa
VIB	Vibrar concreto
Trabajo No Contributorio (TNC)	

E	Esperas
V	Viajes No contributorios
OC	Tiempo Ocioso
D	Descanso
AUS	Ausentarse
OA	Otra actividad

Nota: Elaboración propia

4.3.1.3. Diagrama de flujo de Actividad 01: Vaciado de concreto en anillo de reservorio

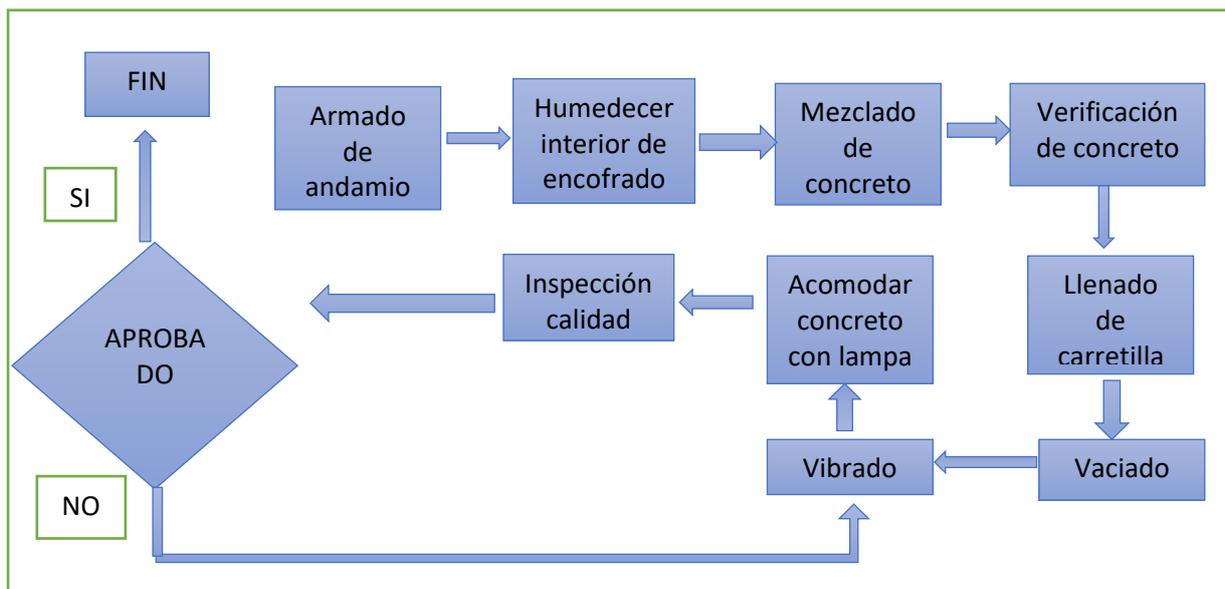


Figura N°04. Diagrama de flujo de Actividad 01 (Elaboración propia).

4.3.1.4. Recursos utilizados

Los materiales empleados para la Actividad 01 fueron:

- Piedra partida – grava de 1/2” a 3/4”
- Arena gruesa
- Cemento Portland I Sector público - en bolsa
- Aditivo plastificante e impermeabilizante – SIKA “Plastiment HE98” (Balde 20 kg)
- Agua, incluye transporte a pie de obra (camión cisterna y motobomba)

Mientras que los equipos destinados para la actividad fueron:

- 01 mezcladora de concreto t/tambor 23 HP 11-12p3
- 01 vibrador de concreto 4HP (1.5”)

- 04 carretillas “buggy” para transporte de concreto
- 05 baldes de plástico (20 L)
- 02 lampas punta huevo con mango (1.2 kg)

4.3.1.5. *Distribución de cuadrilla para Actividad 01*

La cuadrilla empleada para vaciar el concreto en el anillo de reservorio se compuso de 12 trabajadores. Seis de ellos netamente encargados de la elaboración del concreto en la máquina mezcladora, mientras que los otros seis enfocados en el vaciado del material dentro de las paredes del encofrado.

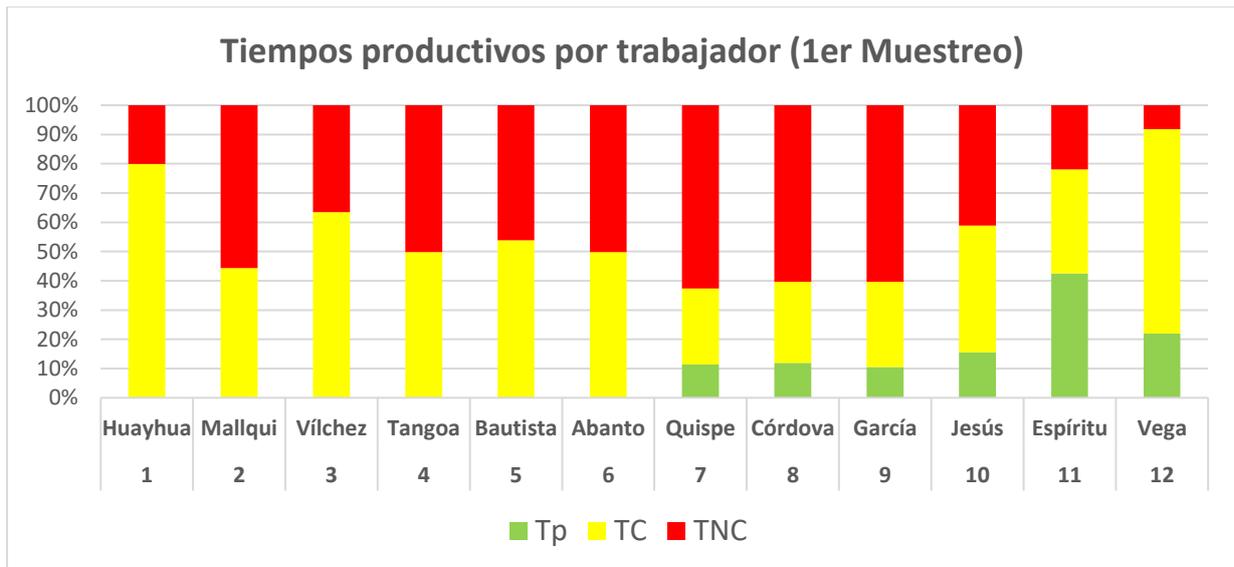
Tabla N°03. Cuadrilla para ejecución Actividad 01

Trabajador	Cargo	Responsabilidad	Nombre
1	Operario	Operar la mezcladora de concreto	Huayhua
2	Peón	Cargar insumos a la mezcladora	Mallqui
3	Peón	Cargar insumos a la mezcladora	Vílchez
4	Peón	Cargar insumos a la mezcladora	Tangoa
5	Peón	Cargar insumos a la mezcladora	Bautista
6	Peón	Cargar insumos a la mezcladora	Abanto
7	Peón	Manejar carretilla para vaciar concreto	Quispe
8	Peón	Manejar carretilla para vaciar concreto	Córdova
9	Peón	Manejar carretilla para vaciar concreto	García
10	Peón	Manejar carretilla para vaciar concreto	Jesús
11	Operario	Vibrar el concreto y ayudar a vaciar carretilla dentro del encofrado	Espíritu
12	Oficial	Ayudar a vaciar carretilla dentro del encofrado y moverlo con lampa	Vega

Nota: Elaboración propia

4.3.1.6. *Tablas de resultados y gráficos por trabajador*

4.3.1.6.1. *Primer Muestreo de Actividad 01 – Por trabajador*



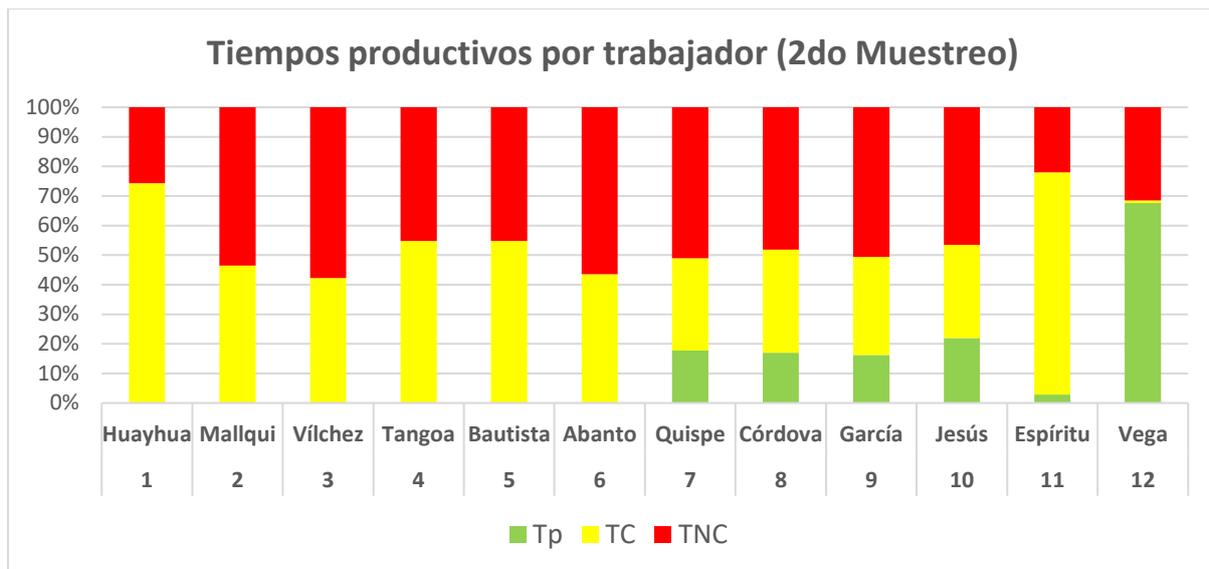
*Figura N°05. Porcentajes de productividad por trabajador en Actividad 01 (1er Muestreo).
Elaboración propia*

La Figura N°05 exhibe los porcentajes de TP, TC y TNC de cada trabajador de la cuadrilla en el primer muestreo.

En la figura se aprecia que los 06 primeros trabajadores de la cuadrilla únicamente aportan trabajo contributivo, lo cual es lógico pues sólo mezclan el concreto. Cabe resaltar que los peones Quispe, Córdova y García, quienes se encargaron de vaciar el concreto mediante carretillas “buggy” son los integrantes de la cuadrilla que mayor porcentaje de TNC tienen (63%; 60% y 60% respectivamente). La Figura también expone que el operario Huayhua, responsable de la mezcladora, y el oficial Vega, encargado de la máquina vibradora, aportan mayor porcentaje de TC a la labor (79.9 y 70% respectivamente). Ahora bien, la figura también enseña que el Operario Espíritu, responsable de ayudar a vaciar el concreto, es el integrante de la cuadrilla que mayor porcentaje de TP aporta (42%).

Este análisis puede complementarse con las Tablas E-1 y E-2, localizadas en el Anexo “E” del presente trabajo, las cuales muestran la cantidad de mediciones para cada proceso productivo. En el Anexo “E” también puede encontrarse la Tabla E-3, en la que se plasman los diagramas de torta de procesos productivos de cada trabajador en el primer muestreo.

4.3.1.6.2. Segundo Muestreo de Actividad 01 – Por trabajador



*Figura N°06. Porcentajes de productividad por trabajador en Actividad 01 (2do Muestreo).
Elaboración propia*

La Figura N°06 expone los porcentajes de TP, TC y TNC de cada integrante de la cuadrilla en el segundo muestreo.

Puede apreciarse que el integrante de cuadrilla más productivo es el oficial Vega con un porcentaje de TP igual a 67%, pues él se encargó exclusivamente de ayudar a vaciar concreto desde las carretillas hasta el interior del encofrado, sin ocuparse de trabajos contributorios, a diferencia del muestreo anterior en el que él se turnaba con el operario Espíritu realizando trabajo productivo y contributorio. Por otra parte, la Figura también muestra que el operario de mezcladora Huayhua y el operario de vibradora Espíritu son los que mayor porcentaje de TC aportan (74% y 75% respectivamente). Igualmente, en este segundo muestreo, todos los peones, tanto los que mezclan el concreto como los que vacían, muestran porcentajes similares de TNC, los cuales fluctúan entre 47% y 58%.

Esta evaluación puede complementarse con las Tablas E-4 y E-5, ubicadas en el Anexo “E” de la presente investigación, las cuales brindan más información sobre la cantidad de mediciones para cada proceso productivo. En el Anexo “E” también se encuentra la Tabla E-6, en la que figuran los diagramas de torta de procesos de cada trabajador en el segundo muestreo.

4.3.1.7. Tablas de resultados y gráficos por cuadrilla

4.3.1.7.1. 1er Muestreo de Actividad 01 – Por cuadrilla

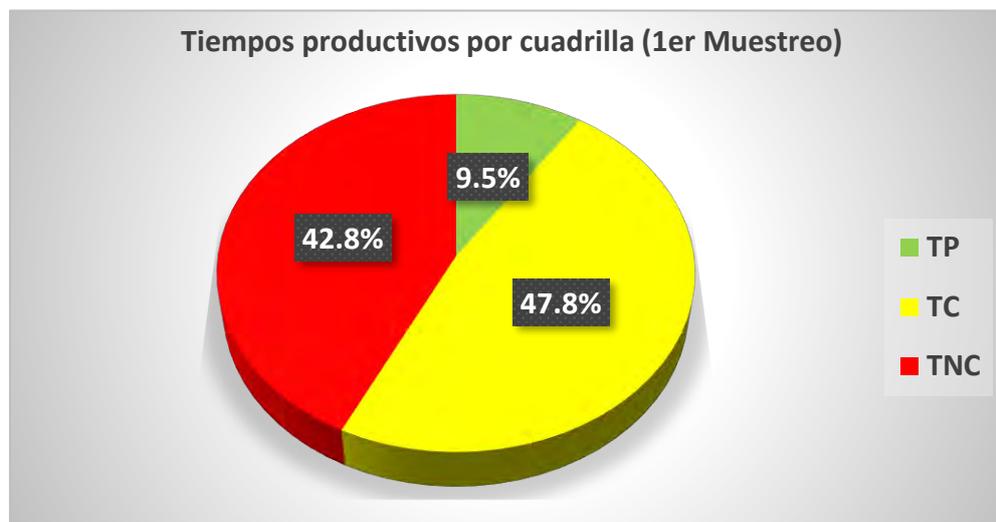


Figura N°07. Porcentajes de productividad por cuadrilla en Actividad 01 (1er Muestreo).
Elaboración propia.

La Figura N°07 resume los porcentajes de productividad de la cuadrilla entera para el primer muestreo. Se obtiene un porcentaje de TP igual a 9.5%, un porcentaje de TC equivalente a 47.8% y un porcentaje de TNC igual a 42.8%. La información ampliada, en la que puede leerse la cantidad de mediciones para cada proceso, puede visualizarse en la Tabla E-7, localizada en el Anexo “E” de este trabajo.

Respecto al Trabajo Contributorio, la Figura D-01, localizada en el Anexo “D”, indica que, siguiendo el principio de Pareto, los procesos “Llenar insumos en balde” (20.2%), “Transportar concreto/materiales” (19.7%) y los “Viajes Contributorios” (17.5%) son los más incidentes dentro de toda la cuadrilla. Tiene sentido puesto que una parte importante del tiempo de la actividad fue destinada a desplazamientos de los trabajadores desde la mezcladora hasta la zona de vaciado, ida y vuelta. De igual modo, la mitad de la cuadrilla se responsabilizó solamente de la labor contributoria de mezclar el concreto, por esta razón “Llenar insumos en balde” tiene mayor incidencia.

Respecto al Trabajo No Contributorio, la Figura D-02, ubicada en el Anexo “D”, señala que el proceso más incidente es, por lejos, el de “Esperas”. El 72.5% del TNC de la cuadrilla fue

destinado a esperar. Y eso sucede debido a que, mientras los encargados de la fabricación del concreto mezclaban, los vaciadores esperaban hasta que el concreto esté listo; y mientras los vaciadores cumplían su tarea, los encargados de la mezcla debían esperar a que se acabe el concreto del trompo para empezar a fabricar el concreto nuevamente.

4.3.1.7.2. 2do Muestreo de Actividad 01 – Por cuadrilla



Figura N°08. Porcentajes de productividad por cuadrilla en Actividad 01 (2do Muestreo).
Elaboración propia.

La Figura N°31 resume los porcentajes de productividad de la cuadrilla entera para el segundo muestreo. Se obtiene un porcentaje de TP igual a 12%, un porcentaje de TC equivalente a 43.6% y un porcentaje de TNC igual a 44.5%. La información ampliada, la cual detalla la cantidad de muestras para cada proceso, se encuentra en la Tabla E – 8 del Anexo “E” de esta tesis.

Respecto al Trabajo Contributorio, la Figura D-03 del Anexo “D” da cuenta que, al igual que en el 1er muestreo, los procesos más incidentes son “Transportar concreto” (30.5%), “viajes contributorios” (17.9%) y “llenar de insumos el balde” (14.4%), evidenciando la coherencia de ambos muestreos en lo que respecta a TC.

Respecto al Trabajo No Contributorio, la Figura D-04 del Anexo “D” refleja nuevamente que el proceso más incidente es el proceso “Esperas”, sólo que en este caso es aún mayor: 86.1%

del TNC versus el 72.5% del 1er muestreo. Se concluye, en base a esta figura, que las esperas son el TNC necesario de eliminar en esta actividad para mejorar la productividad.

4.3.1.8. Cálculo de parámetros de productividad

Se calculó la Velocidad y el Índice de Productividad de la cuadrilla formado por 12 trabajadores: 02 operarios, 01 oficial y 09 peones. Adicionalmente, para hallar el Índice de productividad se incluyó el aporte de 0.1 del capataz (como estipula la partida en los Análisis de precios unitarios del Expediente Técnico) a pesar de que no se le consideró en los muestreos de carta balance.

Tabla N°04. Velocidad de la cuadrilla de vaciado de concreto en anillo de reservorio

	Jornada diaria	8 h	480 min			
	N° mediciones	Duración (min)	Tiempo respecto a la jornada (h)	Metrado (m3)	Velocidad (m3/día)	Promedio (m3/día)
1er Muestreo	219	109.5	0.2281	4.38	19.20	20.67
2do Muestreo	241	120.5	0.2510	5.56	22.15	

Nota: Elaboración propia.

Tabla N°05. Índice de productividad de la cuadrilla de vaciado de concreto en anillo de reservorio

	Duración (min)	Duración (h)	Tiempo total cuadrilla (hh)	Metrado (m3)	Productividad M.O. (hh/m3)	Promedio (hh/m3)
1er Muestreo	109.5	1.825	22.082	4.38	5.04	4.68
2do Muestreo	120.5	2	24.2	5.56	4.35	

Nota: Elaboración propia

Analizando las Tablas N°04 y N°05, el cálculo del índice de productividad de mano de obra concluye que el muestreo más productivo fue el segundo, con 4.35 hh/m³ de IP respecto al 5.04 hh/m³ del primero. Tiene sentido puesto que el TP del primer muestreo fue 9.5%, mientras que el TP del segundo fue de 12%. Ambos TP son bajos, pero arrojan un 4.68 hh/m³ de productividad promedio para la actividad.

4.3.2. Actividad 02: Excavación de zanja en terreno rocoso

4.3.2.1. Descripción del proceso constructivo de Actividad 02

El nombre de esta partida es: “Excavación zanja (s/exp) p/tub. T - rocoso II DN 100 – 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.”, excavación que servirá posteriormente para tender la línea de aducción del reservorio RAP – 01. Esta actividad se ejecutó sólo con mano obra empleando pico, barretas, comba y 02 martillos neumáticos. No se usó maquinaria pesada debido la dificultad de acceso del campo de trabajo (cima del cerro donde se encontraba el reservorio). Se realizaron 02 muestreos para esta actividad, cada uno se llevó a cabo empleando mediciones en intervalos de 30 segundos, tomando 289 mediciones (144.5 min) para el primero y 384 mediciones (192 min) para el segundo.

4.3.2.2. Reconocimiento TP, TC y TNC

Tabla N°06. Tipos de trabajo en la Actividad de excavación de zanja en terreno rocoso.

Trabajo Productivo (TP)	
EML	Excavación c/máquina ligera (martillo neumático)
EMAN	Excavación c/herr. Manual (comba, pico, barreta)
Trabajo Contributorio (TC)	
TMEX	Transporte y eliminación de material excedente
INST	Recibir/dar instrucciones
HER	Recoger o blandir herramientas
AFI	Afinar máquina
DES	Despejar escombros de la zanja hacia afuera
VIA	Viajes contributorios: De un punto de trabajo a otro
Trabajo No Contributorio (TNC)	
E	Esperas
V	Viajes No contributorios: Desplazamientos para realizar procesos no contributorios
OC	Tiempo Ocioso
D	Descanso
AUS	Ausentarse

Nota: Elaboración propia

4.3.2.3. Diagrama de flujo de Actividad 02: Excavación de zanja en terreno rocoso

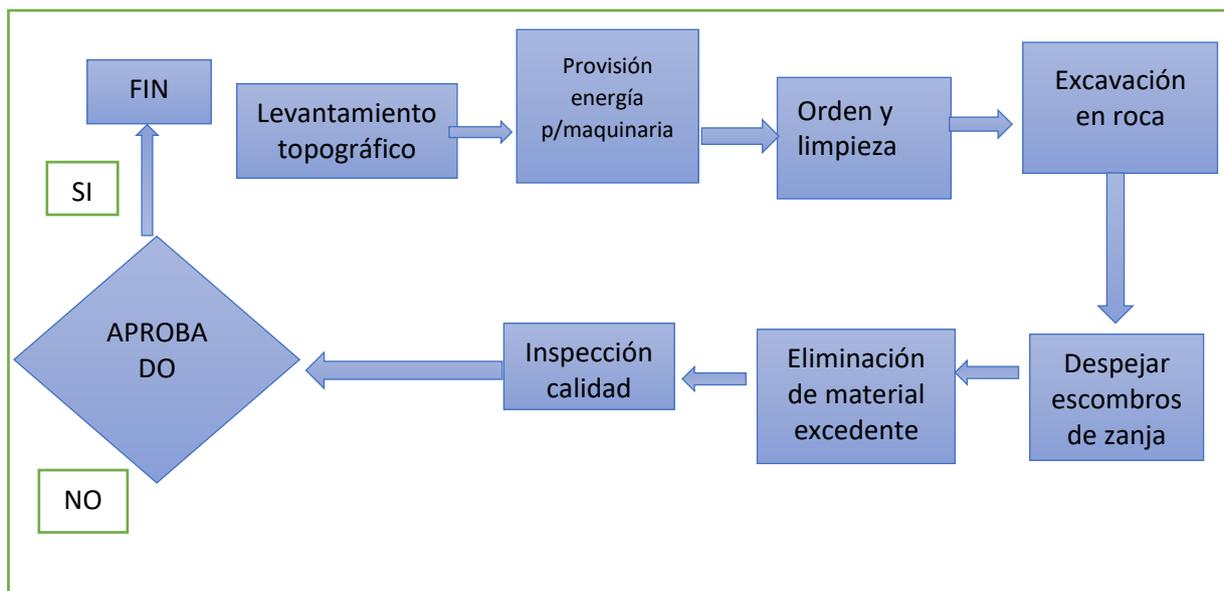


Figura N°09. Diagrama de flujo de Actividad 02 (Elaboración propia).

4.3.2.4. Recursos utilizados

Los equipos destinados para la actividad fueron:

- Equipo t/quemador (incl. Combustible)
- Compresora neumática 87 HP 250 – 330 pcm.
- Martillo neumático 25 – 29 kg
- Barreno o cincel para martillo neumático
- Lampas punta huevo con mango (1.2 kg)
- Barreta punta escoplo 1 ¼” x 1.75 m de Acero
- Comba de 14 libras
- Pico

4.3.2.5. Distribución de cuadrilla para Actividad 02

La cuadrilla empleada para la excavación de zanja en terreno rocoso se compuso de 06 trabajadores: 02 operarios de martillo neumático y 04 peones.

Tabla N°07 – Cuadrilla para ejecución Actividad 02

Trabajador	Cargo	Responsabilidad	Nombre
------------	-------	-----------------	--------

1	Peón	Excava en la roca con herramientas manuales	Torres
2	Operario	Excava en la roca con martillo neumático	Zúñiga
3	Peón	Excava en la roca con herramientas manuales	Janampa
4	Operario	Excava en la roca con martillo neumático	Oliva
5	Peón	Excava en la roca con herramientas manuales	Huallpa
6	Peón	Excava en la roca con herramientas manuales	Tito

Nota: Elaboración propia

4.3.2.6. Tablas de resultados y gráficos por trabajador

4.3.2.6.1. Primer Muestreo de Actividad 02 – Por trabajador

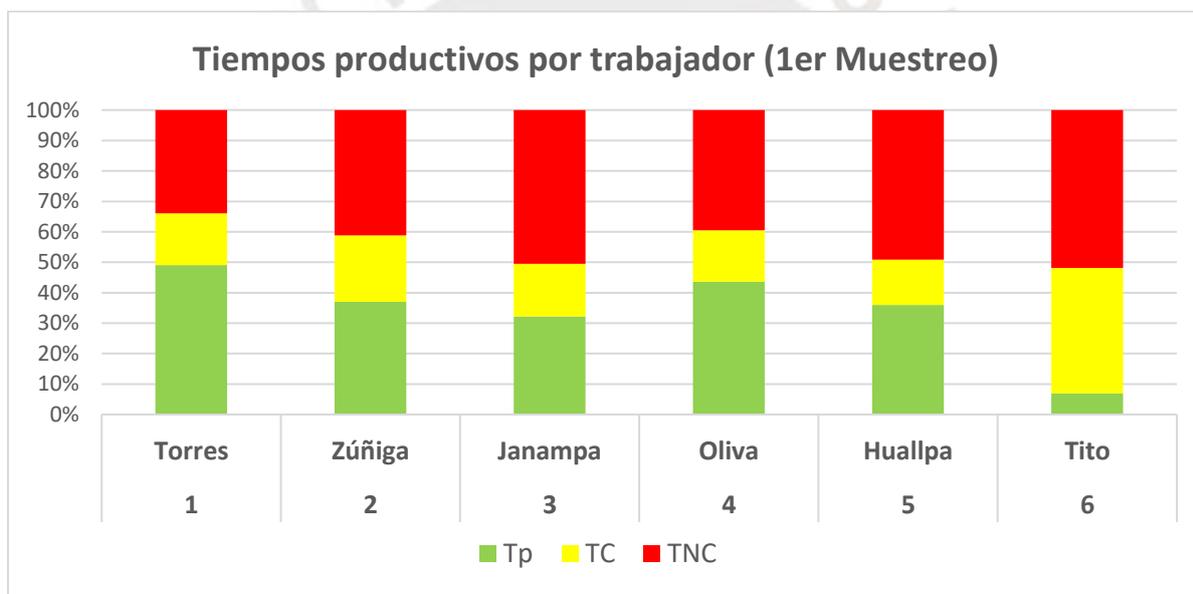


Figura N°10. Porcentajes de productividad por trabajador en Actividad 02 (1er Muestreo).
Elaboración propia

La Figura N°10 muestra los porcentajes de TP, TC y TNC de cada uno de los trabajadores de la cuadrilla en el primer muestreo de la actividad.

Esta refleja que el peón Torres aporta el porcentaje de TP más alto (49.1%), pues dedicó casi todo su tiempo a excavación manual, seguido del operario Oliva (44%) y el operario Zúñiga (37%). Por el contrario, es el peón Tito quien exhibe un TNC mayor (52%) seguido del peón

Janampa (51%). Asimismo, es el mismo peón Tito quien ostenta el porcentaje de TC más alto de la cuadrilla (41%).

En pro de complementar la información, los porcentajes de TP, TC y TNC de cada uno de los trabajadores de la cuadrilla en el primer muestreo de la actividad, así como la cantidad de muestras para cada proceso de cada trabajador, pueden ser encontrados en la Tabla E-09 del Anexo “E” de esta tesis. De igual modo, los diagramas de torta de trabajos productivos de cada trabajador pueden visualizarse en la Tabla E-10 del Anexo “E”.

4.3.2.6.2. Segundo Muestreo de Actividad 02 – Por trabajador

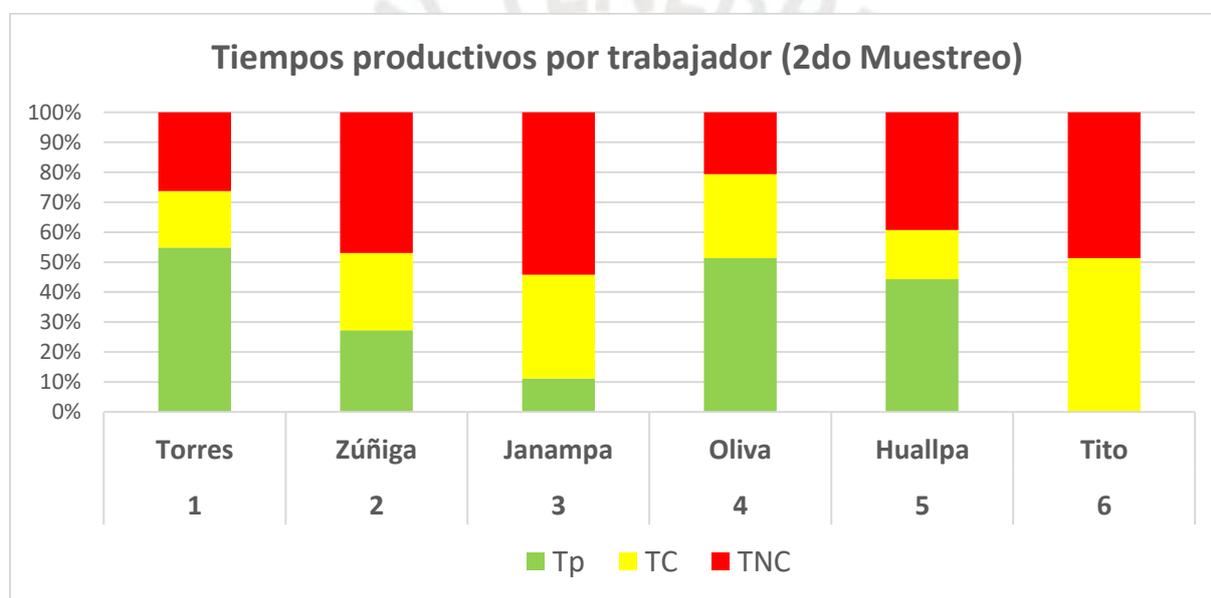


Figura N°11. Porcentajes de productividad por trabajador en Actividad 02 (2do Muestreo).
Elaboración propia

La Figura N°11 indica los porcentajes de TP, TC y TNC de cada uno de los trabajadores de la cuadrilla en el segundo muestreo de la actividad.

La figura demuestra que, en esta segunda oportunidad, el peón Torres aportó mayor porcentaje de TP (55%), seguido del operario de martillo neumático Oliva (51%) y el operario Huallpa (44%). En contraste, el integrante de cuadrilla que exhibió mayor porcentaje de TNC fue el peón Janampa (54%) seguido del peón Tito (49%) el cual sólo se dedicó a labores

contributorias en esta oportunidad. Por este motivo, es justamente el peón Tito quien ostenta mayor porcentaje de TC dentro de la cuadrilla (51%).

Para complementar la información, los porcentajes de TP, TC y TNC de cada uno de los integrantes de la cuadrilla en el segundo muestreo de la actividad, así como la cantidad de muestras para cada proceso de cada trabajador, pueden ser analizados en la Tabla E-11 del Anexo “E”. De igual manera, los diagramas de torta de procesos de cada trabajador pueden leerse en la Tabla E-12 del Anexo “E”.

4.3.2.7. Tablas de resultados y gráficos por cuadrilla

4.3.2.7.1. 1er Muestreo de Actividad 02 – Por cuadrilla

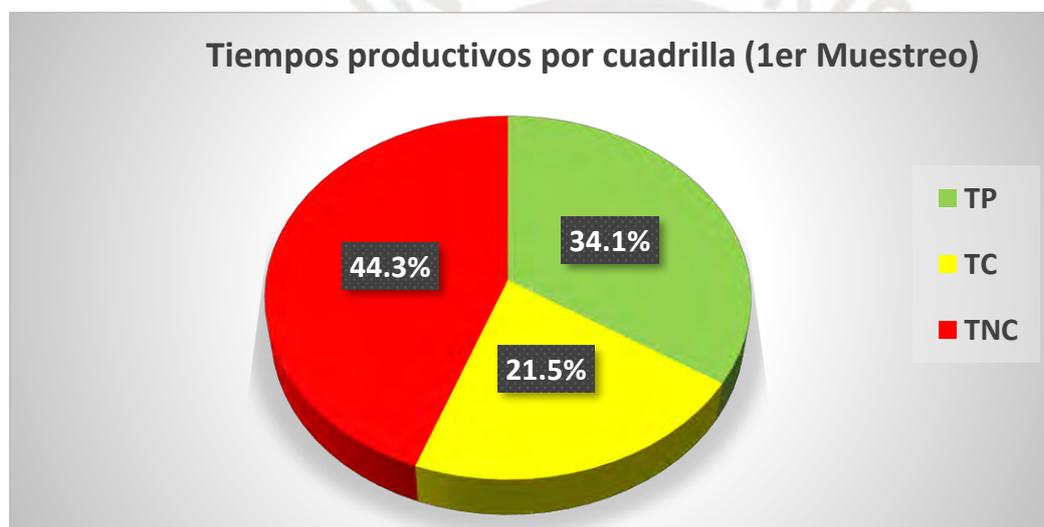


Figura N°12. Porcentajes de productividad por cuadrilla para Actividad 02 (1er Muestreo).
Elaboración propia.

La Figura N°12 señala que, para el primer muestreo de la Actividad 02, el porcentaje de TP para toda la cuadrilla es de 34.1%, siendo los dos procesos contenidos en este la excavación con martillo neumático (28% del TP) y la excavación manual (72% del TP). Asimismo, el porcentaje de TC es de 21.5% y el porcentaje de TNC es de 44.3%. Para complementar esta información, la Tabla E-13 (ubicada en Anexo “E”) exhibe la cantidad de muestras por proceso.

En lo que respecta al Trabajo Contributorio, la Figura D-05 del Anexo “D” indica que, siguiendo el principio de Pareto, el TC más incidente fue el proceso “Despejar zanja de

escombros hacia afuera” (45.8%) y, en menor medida, el proceso “Recoger o blandir herramientas” (20.1%). Tiene sentido porque el proceso de excavación requiere que todo aquel material desprendido se acopie fuera de la zona de trabajo y, dado que el trabajo manual fue mayoritario, se requirió la manipulación permanente de herramientas.

Evaluando el Trabajo No Contributivo, la Figura D-06 del Anexo “D” señala que el proceso más incidente del TNC fue el “Descanso” (28.3%). Esto debido a que excavar en terreno rocoso es una labor tremendamente agotadora pues fue realizada casi en su totalidad con trabajo manual. Los procesos “Esperas” (23.1%) y “Ausentarse” (23.1%) le siguen en nivel de incidencia.

4.3.2.7.2. 2do Muestreo de Actividad 02 – Por cuadrilla

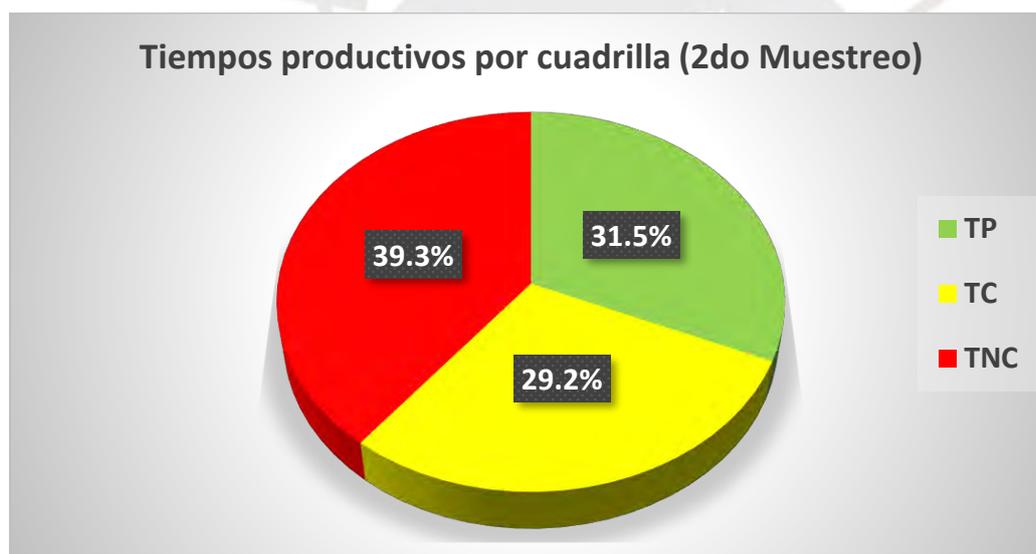


Figura N°13. Porcentajes de productividad por cuadrilla en Actividad 02 (2do Muestreo).
Elaboración propia

La Figura N°13 muestra que, para el segundo muestreo de la Actividad 02, el porcentaje de TP para toda la cuadrilla es de 31.5%. Dentro del TP, 66.4% corresponde a excavación manual y el 33.6% corresponde a excavación con martillo neumático. Asimismo, el porcentaje de TC es de 29.2% y el porcentaje de TNC es de 39.3%. Para mayor detalle, la Tabla E-14 del Anexo “E” contiene la cantidad de mediciones por cada proceso en el segundo muestreo.

Por otro lado, analizando el Trabajo Contributorio, la Figura D-07 del Anexo “D” da cuenta que, en este segundo muestreo, el proceso contributorio más incidente es “Despejar zanja de escombros” (53.4%) seguido por “Blandir herramientas” (26.2%), estando estos resultados en concordancia clara con el primer muestreo, concluyendo su validez.

Por otra parte, evaluando el Trabajo No Contributorio, la Figura D-08 del Anexo “D” da cuenta de que los procesos más incidentes fueron las esperas (39.5%) y los descansos (31%). Esta subida en el porcentaje de esperas se debió a que los operadores de los martillos neumáticos tuvieron que esperar un buen rato hasta que la energía del grupo electrógeno volviera para seguir trabajando y sus herramientas vuelvan a estar operativas. No obstante, ellos no tuvieron la iniciativa de hacer trabajo de excavación manual durante su espera.

4.3.1.8. Cálculo de parámetros de productividad

Se calculó la Velocidad y el Índice de Productividad de la cuadrilla formado por 06 trabajadores: 02 operarios y 04 peones. Para el cálculo del segundo se tomó en cuenta el aporte de 0.1 de capataz en la cuadrilla, a pesar de no haber sido objeto de muestra para las cartas balance.

Tabla N°08. Velocidad de la cuadrilla de excavación de zanja en terreno rocoso

	Jornada diaria	8 h	480 min			
	N° mediciones	Duración (min)	Tiempo respecto a la jornada (h)	Metrado (m)	Velocidad (m/día)	Promedio (m/día)
1er Muestreo	289	144.5	0.3010	2.7	8.97	8.73
2do Muestreo	384	192	0.4	3.4	8.5	

Nota: Elaboración propia.

Tabla N°09. Índice de productividad de la cuadrilla de excavación de zanja en terreno rocoso.

	Duración (min)	Duración (h)	Tiempo total cuadrilla (hh)	Metrado (m)	Productividad M.O. (hh/m)	Promedio (hh/m)
1er Muestreo	144.5	2.4	14.64	2.7	5.42	5.59
2do Muestreo	192	3.2	19.52	3.4	5.74	

Nota: Elaboración propia

La tabla N°08 refleja que el muestreo más veloz fue el primero, con 8.97 m/día respecto al segundo que tuvo velocidad de 8.5 m/día. Por otro lado, la Tabla N°09 indica que el muestreo más productivo fue el primero, con un IP de 5.42 hh/m, respecto al segundo que tuvo IP de 5.74 hh/m. El IP promedio de la actividad se redondea en 5.59 hh/m.

4.3.3. Actividad 03: Excavación de zanja en terreno normal

4.3.3.1. Descripción del proceso constructivo de Actividad 03

El nombre de esta partida es: “Excavación zanja (maq.) p/tub. Terr - normal II DN 100 – 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.”, excavación que servirá posteriormente para tender la tubería que servirá para la línea troncal CD – 04 de agua potable. Esta actividad se ejecutó con maquinaria pesada y mano de obra, las cuales utilizaron picos, palas y barretas para llevarla a cabo. Para esto, después de haberse removido el pavimento existente, la retroexcavadora va extrayendo el material del suelo poco a poco, mientras que la mano de obra acopia el material, despeja la zanja de escombros y excava manualmente lo que la maquinaria pesada no pudo sacar. Se realizaron 02 muestreos para esta actividad, cada uno se llevó a cabo empleando mediciones en intervalos de 30 segundos, tomando 384 mediciones (192 min) cada uno.

4.3.3.2. Reconocimiento TP, TC y TNC

Tabla N°10. Tipos de trabajo en la Actividad de excavación de zanja en terreno normal.

Trabajo Productivo (TP)	
EMP	Excavación c/máquina pesada
EMAN	Excavación c/herr. Manual (comba, pico, barreta)
Trabajo Contributorio (TC)	
TMEX	Transporte y eliminación de material excedente
INST	Recibir/dar instrucciones
HER	Recoger o blandir herramientas
AFI	Afinar máquina
DES	Despejar escombros de la zanja hacia afuera
VIA	Viajes contributorios: De un punto de trabajo a otro
Trabajo No Contributorio (TNC)	
E	Esperas
V	Viajes No contributorios: Desplazamientos para realizar procesos no contributorios
OC	Tiempo Ocioso
D	Descanso
AUS	Ausentarse

Nota: Elaboración propia

4.3.3.3. Diagrama de flujo de Actividad 03: Excavación de zanja en terreno normal

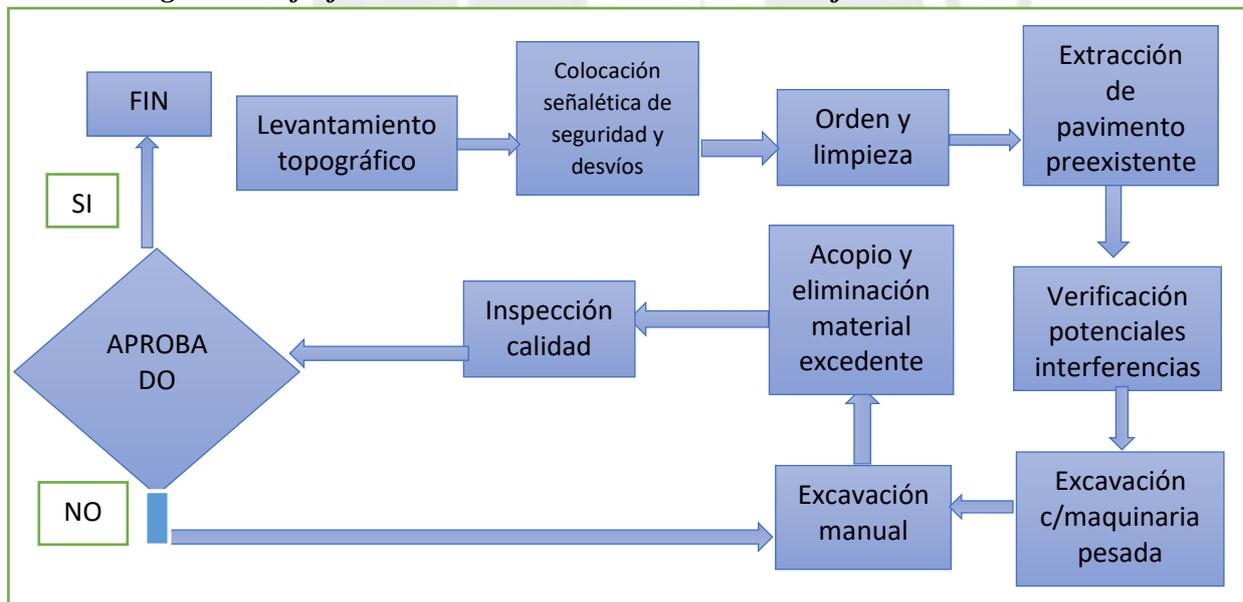


Figura N°14. Diagrama de flujo de Actividad 03 (Elaboración propia).

4.3.3.4. Recursos utilizados

Los equipos destinados para la actividad fueron:

- Cargador retroexcavador 0,5 – 0,75 Yd3 62HP
- Lampas punta huevo con mango (1.2 kg)

- Barreta punta escoplo 1 ¼" x 1.75 m de Acero
- Comba de 14 libras
- Pico

4.3.3.5. Distribución de cuadrilla para Actividad 03

La cuadrilla empleada para la excavación de zanja en terreno normal se compuso de 04 trabajadores. 01 operador de retroexcavadora y 03 peones.

Tabla N°11 – Cuadrilla para ejecución Actividad 03

Trabajador	Cargo	Responsabilidad	Nombre
1	Operador	Excava el terreno de la zanja con cargador retroexcavador	Uribe
2	Peón	Excava el terreno de la zanja dejado por el cargador retroexcavador	Espinoza
3	Peón	Excava el terreno de la zanja con herramientas manuales	Arana
4	Peón	Excava el terreno de la zanja con herramientas manuales	Vilca

Nota: Elaboración propia

4.3.3.6. Tablas de resultados y gráficos por trabajador

4.3.3.6.1. Primer Muestreo de Actividad 03 – Por trabajador

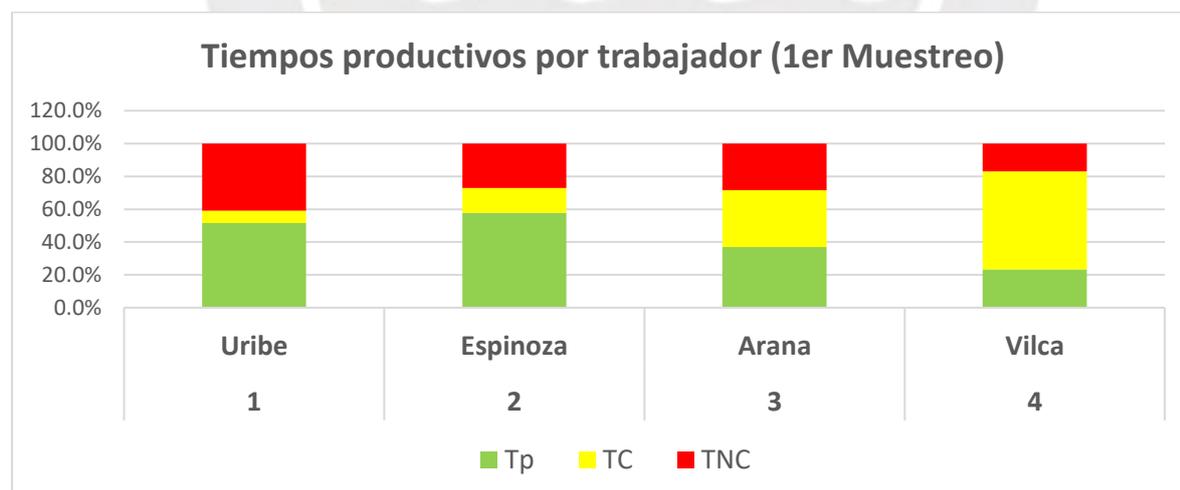


Figura N°15. Porcentajes de productividad por trabajador en Actividad 03 (1er Muestreo).
Elaboración propia

La Figura N°15 revela los porcentajes de TP, TC y TNC de cada uno de los trabajadores de la cuadrilla en el primer muestreo de la actividad.

De la figura, se reconoce que el peón Espinoza es el integrante de cuadrilla con TP más alto (57.8%), puesto que gran parte de su tiempo lo invirtió a excavación manual, mientras que el peón Vilca tiene el TP más bajo (23%).

Por otro lado, el operador de retroexcavadora Uribe también tuvo un TP bastante aceptable de 51.6%. Sin embargo, es curioso notar que es el mismo operador Uribe quien ostenta el porcentaje de TNC más alto (40.9%), lo cual se debió a que casi no realizó labores contributorias. En contraposición, el peón Vilca es quien brinda el TNC más bajo (17%).

Para complementar la información, pueden revisarse las Tablas E-15 y E-16 del Anexo “E” de este documento, en las que se detalla la cantidad de tomas de muestra para cada proceso en el primer muestreo y también pueden visualizarse los diagramas de torta de procesos productivos para cada trabajador.

4.3.3.6.2. Segundo Muestreo de Actividad 03 – Por trabajador

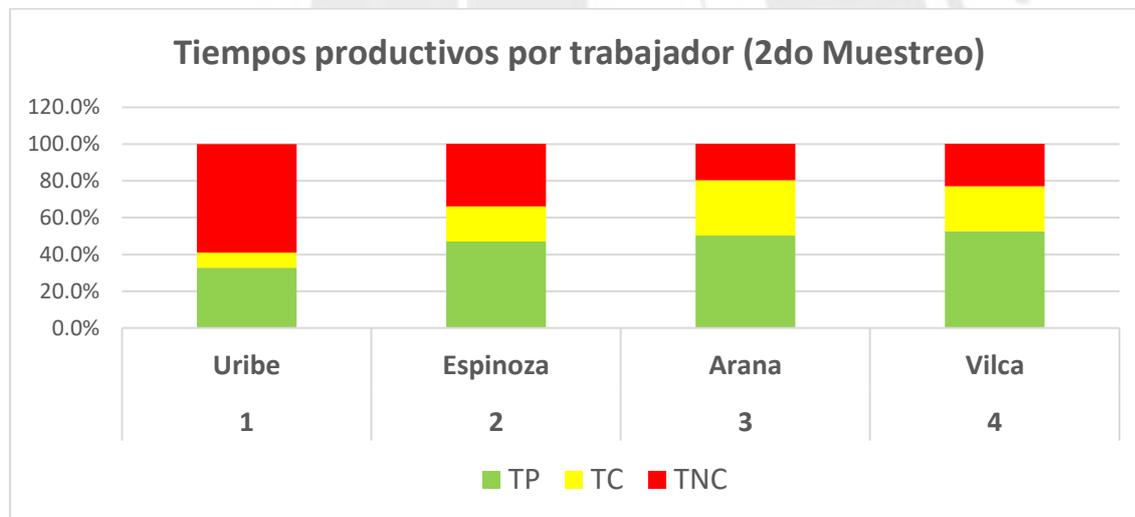


Figura N°16. Porcentajes de productividad por trabajador en Actividad 03 (2do Muestreo).
Elaboración propia

La Figura N°16 detalla los porcentajes de TP, TC y TNC de cada uno de los integrantes de la cuadrilla en el segundo muestreo de la actividad.

Esta figura subraya que el trabajador con el TP más alto fue el peón Vilca (52.6%), en este 2do muestreo, aumentando casi en 20% su porcentaje de TP respecto al muestreo anterior. Por otra

parte, quien nuevamente tiene el TNC más elevado es el operador Uribe (59.11%), aumentando en 18% su porcentaje de TNC. Asimismo, los peones Espinoza, Arana y Vilca aportan valores muy cercanos de porcentaje de TP (47%, 50% y 53% respectivamente).

Para más información, pueden verse las Tablas E-17 y E-18 del Anexo “E” de esta investigación, las cuales incluyen la cantidad de tomas de muestra para cada proceso en el segundo muestreo y también pueden analizarse los diagramas de torta de procesos productivos para cada trabajador.

4.3.3.7. Tablas de resultados y gráficos por cuadrilla

4.3.3.7.1. 1er Muestreo de Actividad 03 – Por cuadrilla



Figura N°17. Porcentajes de productividad por cuadrilla para Actividad 03 (1er Muestreo).
Elaboración propia.

La Figura N°17 evidencia que, para el primer muestreo, el porcentaje de TP de la cuadrilla es 42.4%, dentro del cual, 69.6% corresponde a excavación manual y el 30.4% corresponde a excavación con máquina pesada. Ahora bien, el porcentaje de TC es de 29.2% y el porcentaje de TNC es de 28.3%. Para complementar esta información, la Tabla E-19 del Anexo “E” expone la cantidad de muestras por cada proceso en el primer muestreo de esta Actividad.

Respecto al Trabajo Contributorio, la Figura D-09 del Anexo “D” demuestra que el proceso más incidente de la cuadrilla es “Despejar zanja”, por lejos, con un 67.7% de incidencia en el TC. Puede encontrarse un punto en común con la Actividad 02 (Excavación en terreno rocoso),

puesto que en dicha actividad este proceso también fue el más importante del TC. Tiene sentido debido a que todo lo excavado por los trabajadores, debe salir de la zanja para acopiarse fuera de esta.

Respecto al Trabajo No Contributivo, la figura D-10 del Anexo “D” demuestra que, en el primer muestreo, el proceso más incidente fue “Esperas”. Eso se debió a la dinámica de trabajo entre el operador de retroexcavadora y el peón Espinoza. La retroexcavadora excavaba un volumen de la zanja, y el peón excavaba lo faltante o despejaba la zanja hacia afuera en el mismo punto donde trabajó la maquinaria, esperando mutuamente a que el otro culmine su labor por motivos de seguridad.

4.3.3.7.2. 2do Muestreo de Actividad 03 – Por cuadrilla



Figura N°18. Porcentajes de productividad por cuadrilla en Actividad 03 (2do Muestreo).
Elaboración propia

La Figura N°18 revela que, para el segundo muestreo, el porcentaje de TP es de 46%, dentro del cual 82% corresponde a excavación manual y el 18% corresponde a excavación con máquina pesada. De modo similar, el porcentaje de TC es de 20% y el porcentaje de TNC es de 34%. Para obtener más información, se puede verificar la Tabla E-20 del Anexo “E”, en la que se puede observar la cantidad de muestras por cada proceso.

Al verificar el Trabajo Contributivo, la Figura D-11 del Anexo “D” evidencia que, al igual que en el primer muestreo y al igual que en la Actividad 02, el proceso más incidente en el TC de la cuadrilla es “Despejar zanja de escombros hacia afuera”. Con un sólido 73.7%, este proceso es el más incidente del TC de la cuadrilla en ambos muestreos, concluyendo su validez.

Al evaluar el Trabajo No Contributivo, la Figura D-12 del Anexo “D” señala que el proceso más incidente de la cuadrilla, al igual que en el primer muestreo, es “Esperas” (69.5%). Esto se debe a la dinámica de trabajo entre el operador de la retroexcavadora y el peón Espinoza quienes, igual que en el primer muestreo, se esperaban mutuamente para continuar su labor.

4.3.3.8. Cálculo de parámetros de productividad

Se calculó la Velocidad y el Índice de Productividad de la cuadrilla formado por 04 trabajadores: 01 operador y 03 peones. Para el Índice de productividad se consideró el aporte de 0.1 del capataz a la cuadrilla, tal cual se estipula en el Análisis de precios unitarios del Expediente Técnico. Cabe recalcar que el capataz no fue objeto de estudio en las cartas balance.

Tabla N°12. Velocidad de la cuadrilla de excavación de zanja en terreno normal

	Jornada diaria	8 h	480 min			
	N° mediciones	Duración (min)	Tiempo respecto a la jornada (h)	Metrado (m)	Velocidad (m/día)	Promedio (m/día)
1er Muestreo	384	192	0.4	12.5	31.25	33.1
2do Muestreo	384	192	0.4	14	35	

Nota: Elaboración propia

Tabla N°13. Índice de productividad de la cuadrilla de excavación de zanja en terreno normal.

	Duración (min)	Duración (h)	Tiempo total cuadrilla (hh)	Metrado (m)	Productividad M.O. (hh/m)	Promedio (hh/m)
1er Muestreo	192	3.2	13.12	12.5	1.049	0.99
2do Muestreo	192	3.2	13.12	14	0.937	

Nota: Elaboración propia

La Tabla N°12 enseña que el muestreo en el que la actividad se realizó más velozmente fue el segundo, con un 35 m/día respecto al primero, que fue 31.25 m/día. Respecto a la productividad, la Tabla N°13 indica que el muestreo más productivo fue el segundo, con un valor de IP de 0.937 hh/m, en comparación con el 1er muestreo, que tuvo IP de 1.049 hh/m, obteniéndose una productividad promedio de 0.99 hh/m para la actividad.

4.3.4. Actividad 04: Tendido de tubería en zanja

4.3.4.1. Descripción del proceso constructivo de Actividad 04: Tendido de tubería en zanja

El nombre de esta partida es: “Instalación de tubería de hierro dúctil DN 100, incluye prueba hidráulica”, tubería que servirá para la línea de abastecimiento de agua potable en las troncales CD – 04 y CD – 05. Esta actividad se ejecutó con 03 trabajadores, los cuales, en primer término, tuvieron que recubrir la tubería de hierro con una manga protectora de HDPE, amarrarla y asegurarla para posteriormente instalar la tubería al fondo de la zanja (encima de la cama de apoyo) y conectarla con la tubería anterior. Si bien es cierto la partida incluye la verificación de la “prueba hidráulica”, esta no se tomó en cuenta en el muestreo porque esta generalmente se da horas después de la instalación de la tubería y suele durar de un día para otro.

Se realizaron 02 muestreos para esta actividad, cada uno se llevó a cabo empleando mediciones en intervalos de 30 segundos. El primero duró 168 mediciones (84 min) y el segundo duró 190 mediciones (95 min).

4.3.4.2. Reconocimiento TP, TC y TNC

Tabla N°14. Tipos de trabajo en la Actividad de Tendido de tubería en zanja.

Trabajo Productivo (TP)	
COL	Colocar Tubería
CON	Conectar Tubería
Trabajo Contributorio (TC)	
PLAS	Abrir y manipular plástico impermeable
RECUB	Recubrir tubería c/plástico impermeable
HER	Recoger o blandir herramientas

VIA	Viajes Contributorios: De un punto de trabajo a otro
INST	Recibir / Dar instrucciones
CAVAR	Cavar el terreno para acomodar tubería
SACAR	Sacar escombros de la zanja
Trabajo No Contributorio (TNC)	
E	Esperas
V	Viajes No contributorios: Desplazamientos relacionados con procesos no contributorios
OC	Tiempo Ocioso
D	Descanso
AUS	Ausentarse
OA	Otra actividad

Nota: Elaboración propia

4.3.4.3. Diagrama de flujo de Actividad 04: Tendido de tubería en zanja

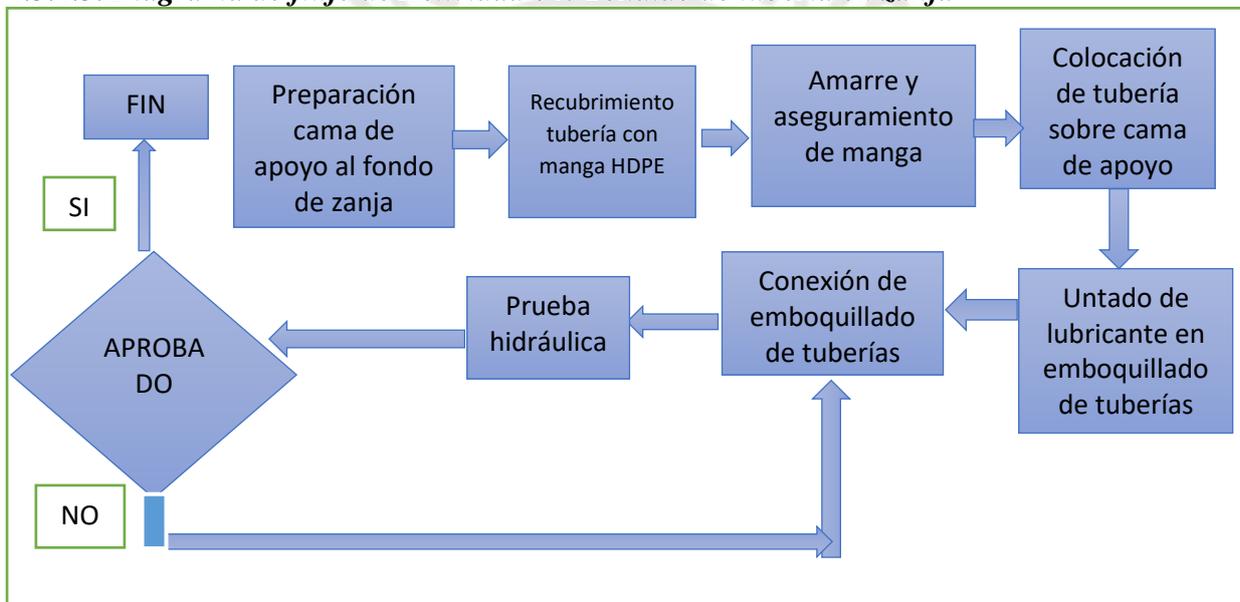


Figura N°19. Diagrama de flujo de Actividad 04 (Elaboración propia).

4.3.4.4. Recursos utilizados

Los materiales empleados en esta actividad fueron:

- Tubería acerrojada de fierro fundido dúctil C – 40 (Bares) DN 100, incluye anillo
- Lubricante para tubo de hierro dúctil
- Manga de polietileno DN 100 de HD e = 8 mils (200 micrones)
- Sogas: Driza polipropileno trenza 5mm 3/16

4.3.4.5. Distribución de cuadrilla para Actividad 04

La cuadrilla empleada para el tendido de tubería en zanja se compuso de 03 trabajadores. 01 operario, 01 oficial y 01 peón.

Tabla N°15 – Cuadrilla para ejecución Actividad 04

Trabajador	Cargo	Responsabilidad	Nombre
1	Operario	Recubre tubería con manga impermeable y la coloca. Conecta la tubería con la previamente instalada.	Culqui
2	Oficial	Recubre tubería con manga impermeable y ayuda a colocarla. Ayuda en el proceso de conexión de tuberías.	Vargas
3	Peón	Ayuda a colocar la tubería en la zanja y labores de apoyo	Condori

Nota: Elaboración propia

4.3.4.6. Tablas de resultados y gráficos por trabajador

4.3.4.6.1. Primer Muestreo de Actividad 04 – Por trabajador

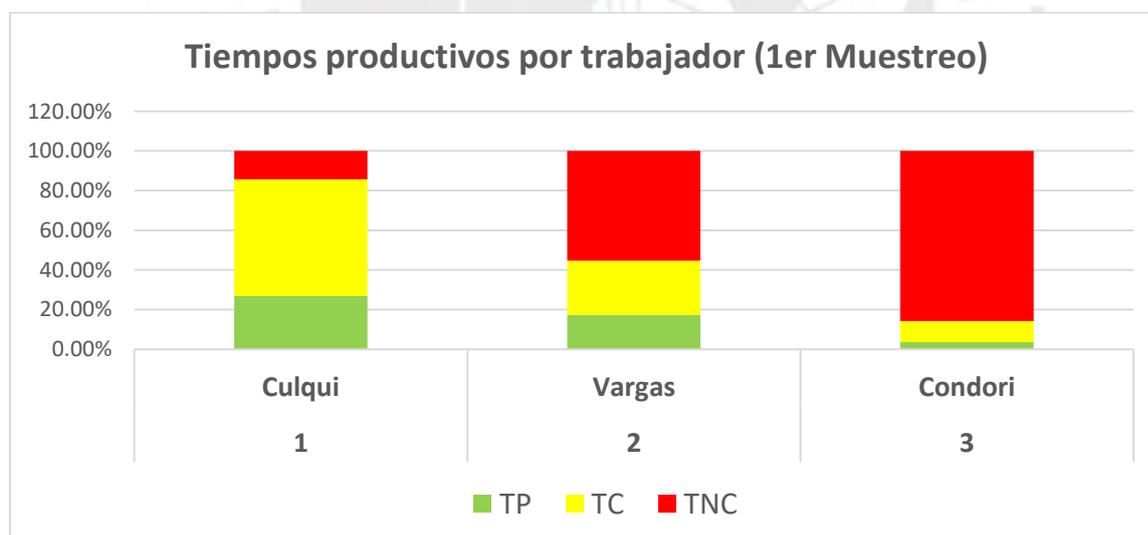


Figura N°20. Porcentajes de productividad por trabajador en Actividad 04 (1er Muestreo).
Elaboración propia

La Figura N°20 muestra los porcentajes de TP, TC y TNC de cada uno de los trabajadores de la cuadrilla en el primer muestreo en la actividad.

Esta dilucida que el trabajador con el TP más alto fue el operario Culqui, con un 26.79% de TP, mientras que el peor fue Condori, con un 3.57% de TP. Es justamente también el peón Condori quien tiene mayor TNC (85.71%), evidenciando su casi nula participación en la actividad. Esto se debe a que dicho peón sólo se acercaba a apoyar cuando se le llamaba, participando en dos actividades al mismo tiempo. Para visualizar el muestreo con más detalle, la Tabla E-21 del Anexo “E” analiza la cantidad de muestras en cada proceso para cada obrero, mientras que la Tabla E-22 del mismo Anexo permite visualizar los diagramas de torta de los procesos productivos de cada trabajador.

4.3.4.6.2. Segundo Muestreo de Actividad 04 – Por trabajador

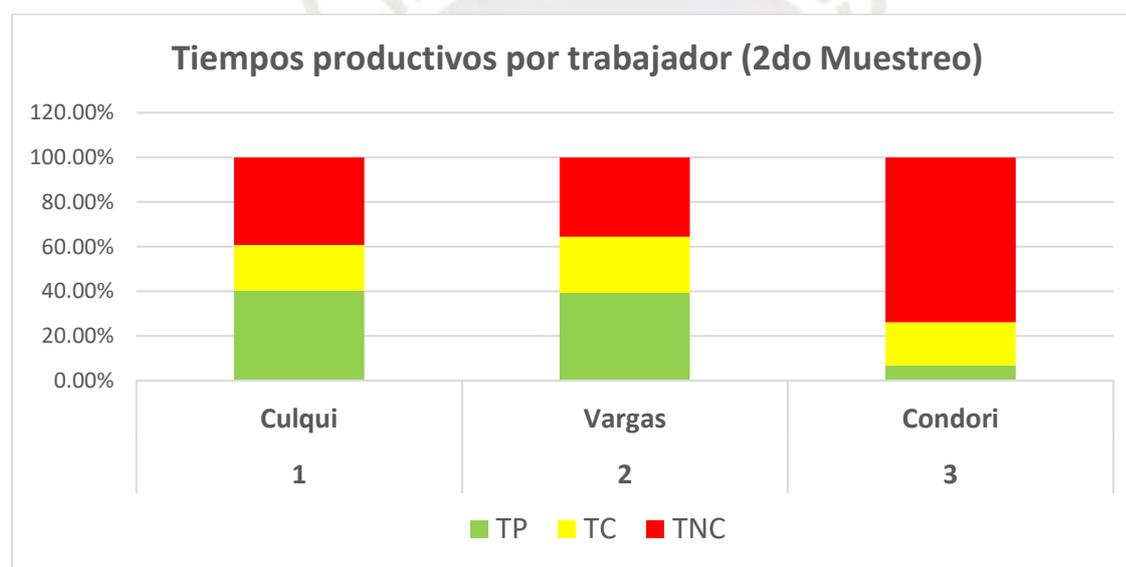


Figura N°21. Porcentajes de productividad por trabajador en Actividad 04 (2do Muestreo).
Elaboración propia

La Figura N°21 da cuenta de los porcentajes de TP, TC y TNC de cada uno de los trabajadores de la cuadrilla en el segundo muestreo en la actividad. Los resultados son bastante parecidos a los del primer muestreo puesto que nuevamente el peón Condori es quien tiene el porcentaje de TP más bajo (6.8%) y el porcentaje de TNC más elevado (73.8%). Por otro lado, el trabajador con el TP más alto fue el operario Culqui (40.31%), elevándose significativamente su TP respecto al primer muestreo. Para ampliar el detalle del muestreo, la Tabla E-23 del Anexo “E” analiza la cantidad de muestras en cada proceso para cada obrero, mientras que la

Tabla E-24 del mismo Anexo permite contemplar los diagramas de torta de los procesos productivos de cada trabajador.

4.3.4.7. Tablas de resultados y gráficos por cuadrilla

4.3.4.7.1. 1er Muestreo de Actividad 04 – Por cuadrilla

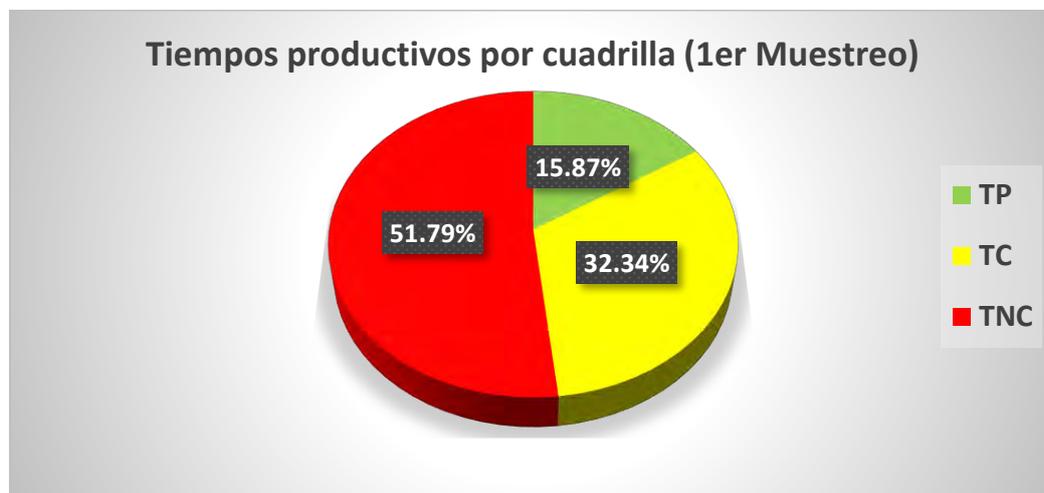


Figura N°22. Porcentajes de productividad por cuadrilla para Actividad 04 (1er Muestreo).
Elaboración propia.

La Figura N°22 enseña que, en el primer muestreo de la Actividad 04, el porcentaje de TP es de 15.9%, dentro del cual el 67.5% corresponde al proceso de colocar tubería y el 32.5% corresponde al proceso conectar tubería. Asimismo, el porcentaje de TC es 32.3% y el porcentaje de pérdida (TNC) es de 51.8%. La Tabla E-25 del Anexo “E” de esta tesis, brinda más información respecto a la cantidad de mediciones para cada proceso en la cuadrilla en el primer muestreo.

Revisando el Trabajo Contributorio, la Figura D-13 del Anexo “D” da cuenta que, mediante el principio de Pareto, el proceso más incidente del TC fue “Recubrir tubería con plástico impermeable” (46%), lo cual tiene sentido puesto que parte importante de esta actividad tenía que ser invertida en recubrir y asegurar el tubo con la manga protectora, antes de colocarse al fondo de la zanja.

Evaluando el Trabajo No Contributorio, la Figura D-14 del Anexo “D” muestra que “Esperas” (31.8%) es el proceso más incidente dentro del TNC. Estas se debieron a que los 3 trabajadores

se esperaban mutuamente, en especial el trabajador 2 y 3, quienes esperaban la iniciativa e instrucciones del trabajador 1 (Culqui). En segundo lugar, “Otra Actividad” tiene un 19.2% de incidencia en las pérdidas, y esto se debe a que el peón Condori constantemente iba a apoyar en otra actividad simultánea que se estaba realizando.

4.3.4.7.2. 2do Muestreo de Actividad 04 – Por cuadrilla

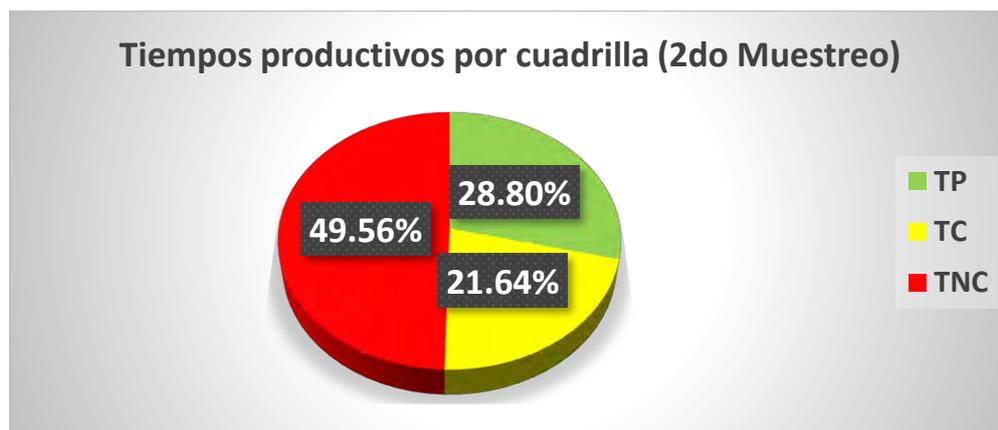


Figura N°23. Porcentajes de productividad por cuadrilla en Actividad 04 (2do Muestreo).
Elaboración propia

La Figura N°23 identifica el porcentaje de TP como 28.8%, dentro del cual el 19.4% corresponde al proceso de colocar tubería y el 80.6% corresponde al proceso de conectar tubería. Por otra parte, el porcentaje de TC es 21.6% y el porcentaje de TNC es 49.6%. La Tabla E-26 del Anexo “E” de este documento, otorga más detalles respecto a la cantidad de mediciones para cada proceso en la cuadrilla en el segundo muestreo.

En lo que respecta al Trabajo Contributorio, la Figura D-15 del Anexo “D” formula que, por principio de Pareto, el proceso más incidente en el TC de la cuadrilla es “recubrir la tubería con plástico impermeable” (54.8%) coincidiendo exactamente con el primer muestreo y demostrándose su validez.

En lo que respecta al Trabajo No Contributorio, la Figura D-16 del Anexo “D” demuestra que son las “Esperas” (65.14%), nuevamente, el proceso más incidente en el TNC de la cuadrilla, debido a la dinámica entre los 3 trabajadores ya explicada en el primer muestreo

4.3.4.8. Cálculo de parámetros de productividad

Se calculó la Velocidad y el Índice de Productividad de la cuadrilla formado por 03 trabajadores: 01 operario, 01 oficial y 01 peón. Para el Índice de productividad se valoró el aporte de 0.1 del capataz, para que coincida con el análisis de precios unitarios del Expediente Técnico. Cabe recalcar que el capataz no fue objeto de estudio en las cartas balance.

Tabla N°16. Velocidad de la cuadrilla de tendido de tubería en zanja

	Jornada diaria	8 h	480 min			
	N° mediciones	Duración (min)	Tiempo respecto a la jornada (h)	Metrado (m)	Velocidad (m/día)	Promedio (m/día)
1er Muestreo	168	84	0.175	18	102.9	96.7
2do Muestreo	191	95.5	0.1989	18	90.5	

Nota: Elaboración propia

Tabla N°17. Índice de productividad de la cuadrilla de tendido de tubería en zanja.

	Duración (min)	Duración (h)	Tiempo total cuadrilla (hh)	Metrado (m)	Productividad M.O. (hh/m)	Promedio (hh/m)
1er Muestreo	84	1.4	4.34	18	0.241	0.256
2do Muestreo	95.5	1.59	4.93	18	0.274	

Nota: Elaboración propia

La tabla N°16 señala que en el primer muestreo hubo más velocidad de la cuadrilla (102.9 m/día), respecto al segundo (90.5 m/día). Asimismo, la Tabla N°17 indica que el muestreo que tuvo mejor productividad, igualmente, fue el primero, con un 0.241 hh/m de IP en comparación con el IP de 0.274 hh/m del segundo muestreo. Finalmente, se calculó un IP promedio de 0.256 hh/m.

4.3.5. Actividad 05: Relleno y Compactación de zanja

4.3.5.1. Descripción del proceso constructivo de Actividad 05

El nombre de esta partida es: “Relleno comp. Zanja (pulso) p/tub t-normal DN 100 – 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.”, actividad que se ejecuta después de haber tendido y colocado correctamente la totalidad de la tubería de hierro y de haber ensayado su prueba hidráulica. Esta actividad tuvo la participación de 02 operarios de apisonador canguro para compactar el relleno de la zanja, 01 operario de minicargadora para echar material de relleno en zanja, 01 oficial que manejaba otro apisonador, pero también afirmaba el terreno y 01 peón cuya labor fue netamente de afirmar el terreno y labores de apoyo.

Se realizaron 02 muestreos para esta actividad, cada uno se llevó a cabo empleando mediciones en intervalos de 30 segundos, tomando 384 mediciones (192 min) cada uno.

4.3.5.2. Reconocimiento TP, TC y TNC

Tabla N°18. Tipos de trabajo en la Actividad de relleno y compactación de zanja.

Trabajo Productivo (TP)	
EMR	Echar material de relleno
ATC	Afinar terreno p/compactado
CML	Compactación con máquina ligera
Trabajo Contributorio (TC)	
CARG	Cargar material de relleno
TRANS	Transportar material de relleno
HER	Recoger o blandir herramientas
ELIM	Eliminar estorbos de la zanja
INST	Recibir/dar instrucciones
LLEN	Llenar agua en recipiente
H2O	Echar agua a zanja
VIA	Viajes Contributorios: De un punto de trabajo a otro
Trabajo No Contributorio (TNC)	
E	Esperas
V	Viajes No contributorios: Desplazamientos relacionados con procesos no contributorios
OC	Tiempo Ocioso
D	Descanso
AUS	Ausentarse

OA	Otra actividad
----	----------------

Nota: Elaboración propia

4.3.5.3. Diagrama de flujo de Actividad 05: Relleno y compactación de zanja

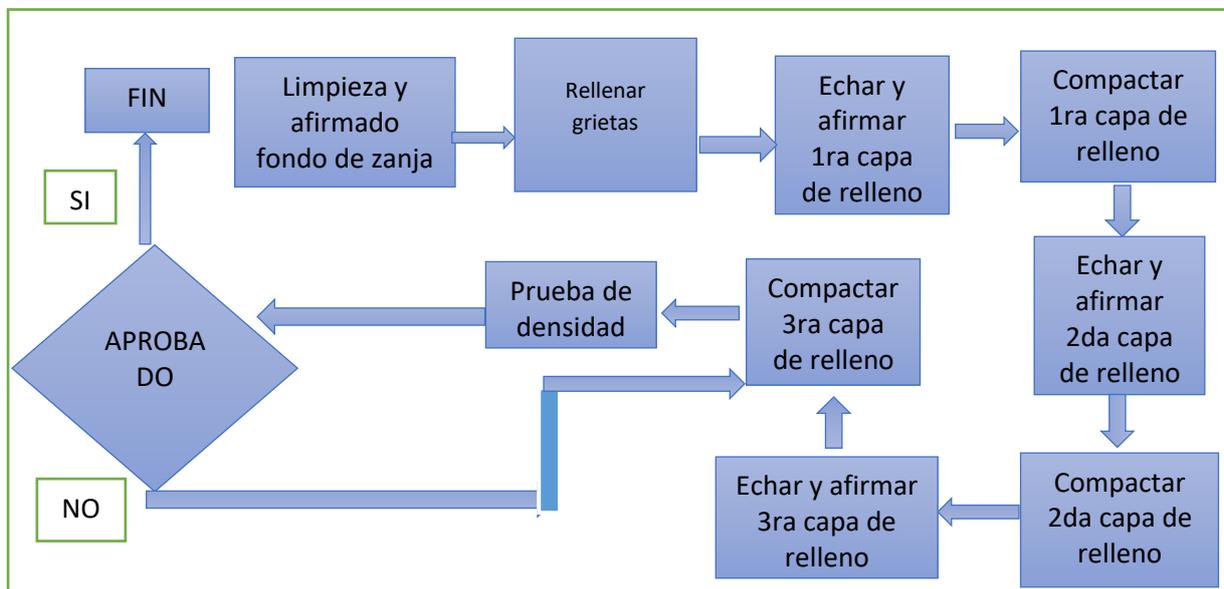


Figura N°24. Diagrama de flujo de Actividad 05 (Elaboración propia).

4.3.5.4. Recursos utilizados

Los materiales empleados en la actividad fueron:

- Material de préstamo selecto “arena gruesa”
- Material propio zarandeado “tipo selecto”
- Agua, incluye transporte a pie de obra

Los equipos destinados para la actividad fueron:

- Apisonador Canguro – Compactadora EMR70H
- Minicargador Bobcat S570
- Rastrillo recto 16 dientes mango 152 cm

4.3.5.5. Distribución de cuadrilla para Actividad 05

La cuadrilla empleada para la excavación de zanja en terreno rocoso se compuso de 05 trabajadores: 02 operarios de apisonador canguro, 01 operador de minicargador, 01 oficial y 01 peón.

Tabla N°19. Cuadrilla para ejecución Actividad 05

Trabajador	Cargo	Responsabilidad	Nombre
1	Operario	Compacta el material de relleno de la zanja con apisonador canguro	Herrera
2	Oficial	Ayuda a compactar el material de relleno de zanja con compactadora y también afina el terreno	Ulco
3	Operador	Opera el minicargador para echar relleno en zanja	Núñez
4	Peón	Afina el terreno que echa el minicargador	Chávez
5	Operario	Compacta el material de relleno de la zanja con apisonador canguro	Huaroc

Nota: Elaboración propia

4.3.5.6. Tablas de resultados y gráficos por trabajador

4.3.5.6.1. Primer Muestreo de Actividad 05 – Por trabajador

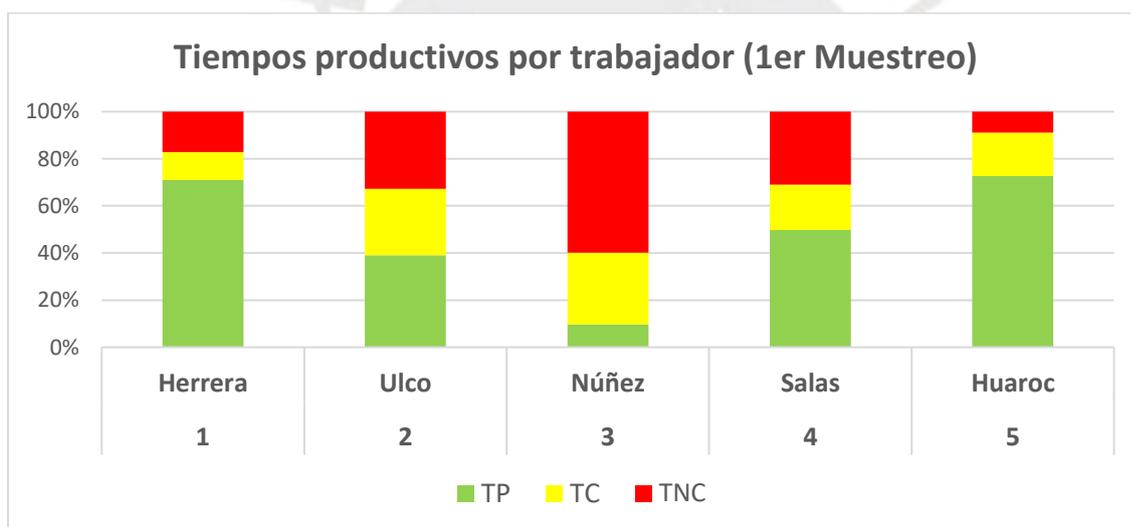


Figura N°25. Porcentajes de productividad por trabajador en Actividad 05 (1er Muestreo).
Elaboración propia

La Figura N°25 muestra los porcentajes de TP, TC y TNC de cada uno de los trabajadores de la cuadrilla en el primer muestreo de la actividad. Esta da cuenta de que los operarios Herrera y Huaroc fueron quienes obtuvieron un porcentaje de TP más alto (71.09% y 72.66% respectivamente). Esto se debe a la continuidad sin paradas de su trabajo de compactación con el apisonador canguro. Por el contrario, fue el operario de minicargador Núñez, quien tuvo menor TP (9.64%) y mayor TNC (59.9%), debido a su prolongada

ausencia durante el muestreo. Para obtener más detalles del muestreo, puede revisarse la Tabla E-27 del Anexo “E”, en la cual pueden verificarse la cantidad de mediciones por proceso por cada trabajador, o la Tabla E-28 del Anexo “E”, en la que es posible constatar los diagramas de torta para los tiempos productivos de cada trabajador.

4.3.5.6.2. Segundo Muestreo de Actividad 05 – Por trabajador

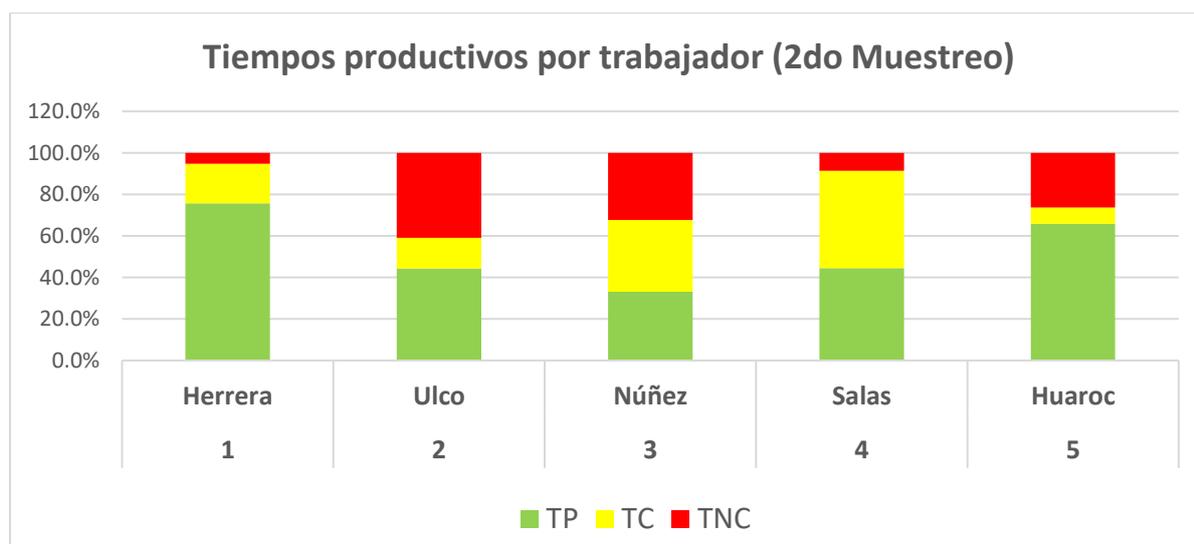


Figura N°26. Porcentajes de productividad por trabajador en Actividad 05 (2do Muestreo).
Elaboración propia

La Figura N°26 muestra los porcentajes de TP, TC y TNC de cada uno de los trabajadores de la cuadrilla en el segundo muestreo en la actividad.

La figura señala que, al igual que el primer muestreo, el operador de apisonador canguro Herrera es el de TP más alto (75.78%), seguido del operario Huaroc (65.89%). Cabe señalar que el TP del operador de minicargador Núñez tuvo mejor TP en este segundo muestreo (33.07%). En esta oportunidad, fue el oficial Ulco quien tuvo mayor porcentaje de TNC (40.89%) debido a su prolongada ausencia durante el muestreo. Para conocer más información del muestreo, puede visualizarse la Tabla E-29 del Anexo “E”, la cual detalla la cantidad de mediciones por proceso por cada trabajador, o la Tabla E-30 del Anexo “E”, en la que es posible verificar los diagramas de torta para los tiempos productivos de cada trabajador.

4.3.5.7. Tablas de resultados y gráficos por cuadrilla

4.3.5.7.1. 1er Muestreo de Actividad 05 – Por cuadrilla



Figura N°27. Porcentajes de productividad por cuadrilla para Actividad 05 (1er Muestreo).
Elaboración propia.

La Figura N°27 revela que, en el primer muestreo, el porcentaje de TP de la cuadrilla es 48.4%, dentro del cual el 50.2% corresponde a “compactación con apisonador canguro”, el 43.1% corresponde al proceso de “Afinar terreno para compactarlo” y 6.7% corresponde a “Echar material de relleno”. Por otra parte, el porcentaje de TC se calculó en 21.6% y el de TNC en 29.9%. Mayores detalles de la cantidad exacta de mediciones para cada proceso en la cuadrilla pueden encontrarse en la Tabla E-31 del Anexo “E” de esta tesis.

Por un lado, el Trabajo Contributorio puede analizarse mediante la Figura D-17 del Anexo “D”, la cual demuestra que, en el primer muestreo, los procesos más incidentes en el TC de la cuadrilla fueron: “Echar agua a zanja” (23.37%), “Recoger o blandir herramientas” (19.52%) y “Transportar material de relleno” (18.07%). Echar agua a la zanja es parte importante del proceso de compactación, por eso fue necesaria su constancia a lo largo del muestreo. El transporte del material de relleno también fue parte importante en su labor contributoria para el relleno de la zanja.

Por otra parte, el Trabajo No Contributorio puede evaluarse mediante la Figura D-18 del Anexo “D”, la cual verifica que el proceso más incidente en el TNC de la cuadrilla fue “Ausentarse”

(47.8%), para este primer muestreo, debido a la prolongada ausencia injustificada del operador de minicargador Núñez.

4.3.5.7.2. 2do Muestreo de Actividad 05 – Por cuadrilla



Figura N°28. Porcentajes de productividad por cuadrilla en Actividad 05 (2do Muestreo).
Elaboración propia

La Figura N°28 representa que, para el segundo muestreo, el porcentaje de TP es 52.7%, dentro del cual el 58.1% corresponde al proceso de “Afinar terreno para compactado”, el 29.1% corresponde a “Compactación con apisonador canguro” y el 12.7% corresponde a “Echar material de relleno”. De igual modo, el porcentaje de TC es de 24.6% y el de TNC es 22.7%. Más información de la cantidad precisa de mediciones para cada proceso en la cuadrilla puede leerse en la Tabla E-32 del Anexo “E” de esta investigación.

Para verificar el Trabajo Contributorio, la Figura D-19 del Anexo “D” es muy útil pues refleja que, al igual que el primer muestreo, la actividad más incidente para el TC de la cuadrilla fue “Echar agua a zanja” (33.83%), coincidiendo ambos.

Por último, para evaluar el Trabajo No Contributorio puede visualizarse la Figura D-20, la cual explica que “Ausentarse” (49.89%) es nuevamente el proceso más incidente en el porcentaje de TNC, al igual que en el primer muestreo, esta vez debido a la prolongada e injustificada ausencia del oficial Ulco durante el estudio.

4.3.5.8. Cálculo de parámetros de productividad

Se calculó la Velocidad y el Índice de Productividad de la cuadrilla formado por 05 trabajadores: 02 operarios, 01 operador, 01 oficial y 01 peón. Para determinar el Índice de Productividad, se consideró el aporte de 0.1 del capataz para que tenga coherencia con el Análisis de precios unitarios. Esto se hizo a pesar de que el capataz no se tomó en cuenta en la evaluación de las cartas balance.

Tabla N°20. Velocidad de la cuadrilla de Relleno y Compactación de zanja

	Jornada diaria	8 h	480 min			
	N° mediciones	Duración (min)	Tiempo respecto a la jornada (h)	Metrado (m)	Velocidad (m/día)	Promedio (m/día)
1er Muestreo	384	192	0.4	11	27.5	27.9
2do Muestreo	384	192	0.4	11.3	28.25	

Nota: Elaboración propia.

Tabla N°21. Índice de productividad de la cuadrilla de Relleno y Compactación de zanja

	Duración (min)	Duración (h)	Tiempo total cuadrilla (hh)	Metrado (m)	Productividad M.O. (hh/m)	Promedio (hh/m)
1er Muestreo	192	3.2	16.32	11	1.484	1.462
2do Muestreo	192	3.2	16.32	11.3	1.444	

Nota: Elaboración propia

La tabla N°20 indica que las velocidades de la actividad en ambos muestreos es casi la misma: 27.5 m/día y 28.25 m/día respectivamente. En consecuencia, tal como indica la Tabla N°21, la productividad de la mano de obra también es bastante similar para ambos muestreos, obteniéndose un promedio de 1.462 hh/m.

Capítulo V: Discusión de Resultados

5.1. Discusión de Actividad 01: Vaciado de concreto en anillo de reservorio

5.1.1. Análisis de resultados de Actividad 01

5.1.1.1. Evaluación del promedio de muestreos de cartas balance de Actividad 01

Habiendo verificado la validez y coherencia de ambos muestreos, se calculó el promedio de estos para encontrar un resultado final. De este modo, se obtuvieron los siguientes resultados.



Figura N°29. Tiempos productivos promedio de ambos muestreos para Actividad 01. Elaboración propia.

La Figura N°29 muestra que el porcentaje de TP es 10.7%, el cual incluye al único proceso que fue “Vaciar concreto”, mientras que el porcentaje de TC es 45.7% y el de TNC es 43.6%. Es decir, el TP es bastante bajo y la mayor parte del tiempo de la cuadrilla se dirige a ejecutar labores contributorias, seguido muy de cerca del porcentaje de TNC.

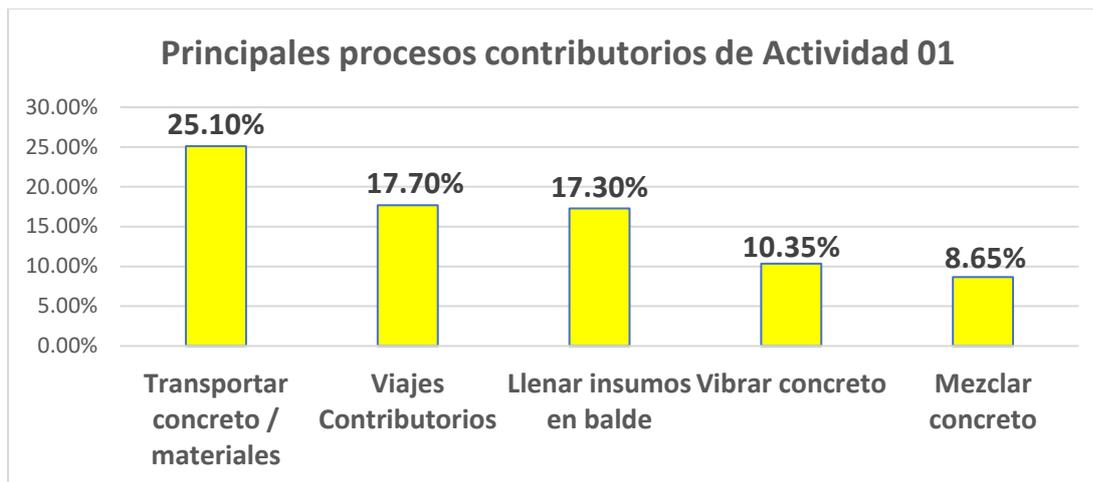


Figura N°30. Histograma de Trabajo Contributorio final en Actividad 01. Elaboración propia.

La Figura N°30 enseña que los procesos contributorios más incidentes definitivamente son “Transportar concreto/materiales” (25.1%) y “Viajes contributorios” (17.7%). El primero se refiere a la acción de trasladar el concreto desde la mezcladora hasta la zona de vaciado, así como también al traslado de insumos (grava, arena, cemento, etc.) desde su pila de acopio hasta el interior del mezclador trompo. Por otra parte, el segundo alude a los viajes que inevitablemente tienen que realizarse para dirigirse a la zona de abastecimiento de concreto o de insumos para la mezcla. Si se suman ambos procesos se obtiene que el 42.8% del tiempo contributorio total se utiliza sólo en traslados.

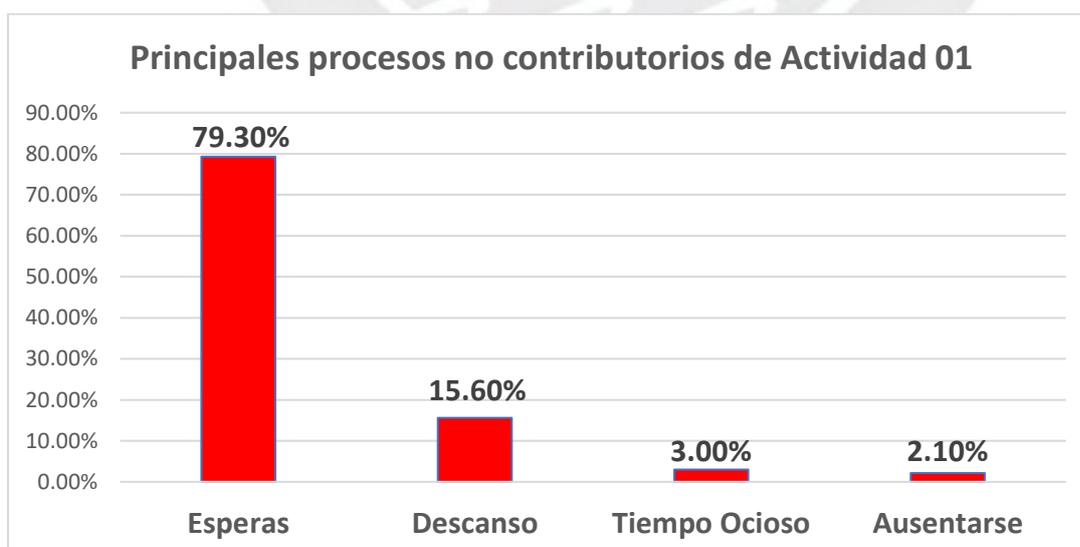


Figura N°31. Histograma de Trabajo No Contributorio final en Actividad 01. Elaboración propia.

La Figura N°31 identifica la mayor fuente de pérdidas en la actividad de vaciado de concreto: Las esperas. Un aplastante 79.3% dentro de las pérdidas únicamente se va en esperar. Este hecho coincide con el 42.8% del trabajo contributorio que se invierte en traslados. Mientras la mitad de la cuadrilla se moviliza para vaciar, la otra mitad de la cuadrilla espera a que termine de vaciarse la mezcla del trompo; y durante la fabricación de la mezcla, son los vaciadores quienes tienen que esperar a que los mezcladores terminen y así sucesivamente. Definitivamente, las esperas son la razón por la cual el trabajo productivo es apenas 10.7% y es el tipo de pérdida más crítico por reducir.

5.1.1.2. Evaluación de parámetros de productividad de Actividad 01

Evaluando los análisis de precios unitarios (APU) encontrados en el Expediente Técnico del proyecto analizado, la velocidad definida para esta partida es de 25 m³/día. Por consiguiente, se calculó el Índice de productividad para la cuadrilla conformada por 0.1 capataz (como estipula el APU), 02 operarios, 01 oficial y 09 peones, así como el costo unitario de la mano de obra. Dicho cálculo se llevó a cabo mediante la Tabla E-33 del Anexo “E”, la cual estima que el Índice de productividad de la cuadrilla para esta actividad es 3.87 hh/m³, tomando en cuenta la velocidad definida en APU y la jornada diaria de 8 horas. Asimismo, determina el costo unitario de la mano de obra (S/.70.16) tomando en cuenta los precios por tipo de trabajador estipulados en el Expediente Técnico del proyecto.

Análogamente, se realizó el mismo análisis de precios unitarios, pero con la velocidad real de 20.67 m³/día, parámetro calculado en Tabla N°04. Este cálculo puede comprobarse mediante la Tabla E-34 del Anexo “E”, la cual determinó la productividad de mano de obra (IP) en campo, la cual es 4.68 hh/m³, así como el costo unitario de la mano de obra que resultó S/. 84.86. Se tomó en cuenta el aporte a la cuadrilla del capataz (0.1 de la cuadrilla) para establecer

una comparación directa con los parámetros calculados del APU del Expediente Técnico, a pesar de que el Capataz no fue considerado para los muestreos de carta balance.

Tabla N°22. Cuadro comparativo de parámetros Velocidad, Índice de Productividad (IP) y Costo Unitario (C.U.) – Actividad 01.

Velocidad APU	25 m ³ /día
Velocidad campo	20.67 m ³ /día
IP APU	3.87 hh/m ³
IP Campo	4.68 hh/m ³
C.U. APU	S/. 70.16
C.U. Campo	S/. 84.86

Nota: Elaboración propia

La Tabla N°22 toma los parámetros correspondientes a los muestreos de campo (velocidad, Índice de productividad y costo unitario de mano de obra), comparándolos con los extraídos del Análisis de precios unitarios del Expediente Técnico. En el caso de la velocidad, la del APU es aproximadamente un 17% mayor que la calculada en campo mediante los muestreos.

Por otro lado, la eficiencia de la productividad de mano de obra encontrada en el APU es mayor en aproximadamente 17% respecto a la productividad calculada en campo. Esto se debe a que el IP verificado en campo requiere más horas hombre para ejecutar 01 m³ de concreto, en comparación con el propuesto por el IP del APU.

Finalmente, el costo unitario de mano de obra calculado con la velocidad de campo es S/. 14.7 más caro que el costo unitario calculado en base a la velocidad propuesta por el APU.

Por lo tanto, para la Actividad 01, los parámetros estimados en el APU son más eficientes que los encontrados en la realidad.

5.1.2. Propuestas de mejora de productividad para Actividad 01

Tomando en cuenta lo expuesto en la Figura N°31, las esperas deben reducirse al máximo para aumentar la productividad, debido a que dichas esperas representan cuellos de botella constantes para vaciar concreto en el encofrado y para mezclar concreto en la mezcladora

trompo. Para eliminarlas es necesario mejorar el flujo de procesos adoptando las siguientes medidas:

- Adquisición de otra mezcladora de concreto tipo tambor 23 HP 11-12p3: La implementación de una mezcladora adicional permitirá que el flujo sea constante. Mientras el trompo N°01 fabrica el concreto, el trompo N°02 puede abastecer de concreto al grupo de carretillas “buggy” y, posteriormente, mientras el trompo N°01 abastece de concreto, el trompo N°02 puede fabricar el material. La inclusión de una nueva maquinaria tiene sentido porque el reservorio RAP – 01 requirió 04 anillos de concreto para el levantamiento de su fuste, y eso sumado a su cimentación y cúpula implican vaciados constantes de concreto. De igual manera, este proyecto contemplaba la construcción de otros 03 reservorios adicionales de mayor capacidad y diferentes obras de arte, para lo cual la posibilidad de adquirir otra mezcladora trompo cobra bastante sentido debido a la cantidad de horas hombre que pueden ahorrarse y no perderse por las “Esperas”.
- Balance de cuadrilla de 12 trabajadores a 13 trabajadores: La utilización de una segunda mezcladora trompo requiere la inclusión de 01 operario adicional para manejar dicha maquinaria.

5.2 Discusión de Actividad 02: Excavación de zanja en terreno rocoso

5.2.1. Análisis de resultados de Actividad 02

5.2.1.1. Evaluación del promedio de muestreos de cartas balance de Actividad 02

Habiendo verificado la validez y coherencia de ambos muestreos, se calculó el promedio de estos para encontrar un resultado final. De este modo, se obtuvieron los siguientes resultados.



Figura N°32. Tiempos productivos promedio de ambos muestreos para Actividad 02. Elaboración propia.

La Figura N°32 muestra que el porcentaje de TP es 32.8%, el cual es un porcentaje bajo, mientras que el porcentaje de TC es 25.4% y el de TNC es 41.8%, representando las pérdidas el porcentaje más alto dentro del trabajo de esta cuadrilla.

Tal como registra la Figura D-21 del Anexo "D", casi el 70% de este trabajo ha sido trabajo manual, excavando con comba, pico o barreta, mientras que aproximadamente el 30% ha sido realizado con martillo neumático. Por lo tanto, el producto final fue elaborado en gran medida manualmente.

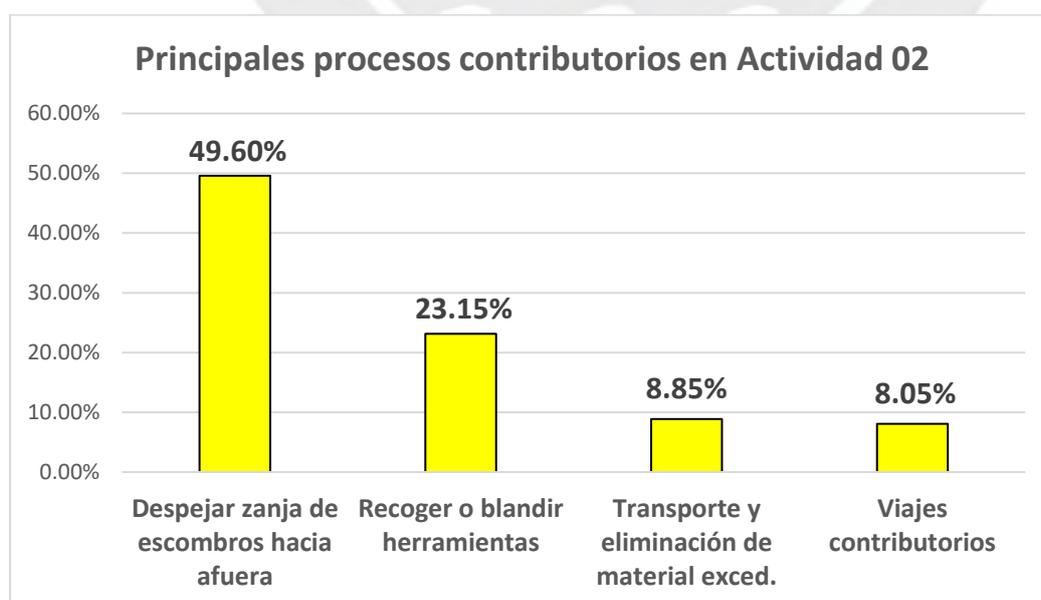


Figura N°33. Histograma de Trabajo Contributorio final en Actividad 02. Elaboración propia.

La Figura N°33 presenta los principales procesos contributorios y sus porcentajes. Esta exhibe que casi el 50% del trabajo contributorio está ligado al proceso de despejar la zanja de escombros. Esto tiene sentido puesto que, luego de excavar, es necesario remover el material sobrante desde la zanja hacia afuera. Esto representa una labor contributoria (no productiva) porque no aporta valor al producto final, a diferencia de la excavación en sí. En segundo lugar, con un 23.15%, está el proceso de recoger o blandir herramientas, lo cual tiene sentido puesto que, en una excavación principalmente manual, el manipuleo constante de herramientas es imprescindible. Los otros dos procesos contributorios más incidentes, pero en menor medida, fueron el transporte y eliminación de material excedente, acción necesaria para continuar con la excavación, y los viajes contributorios (traslados de un punto de trabajo al otro, necesarios para el trabajo productivo).

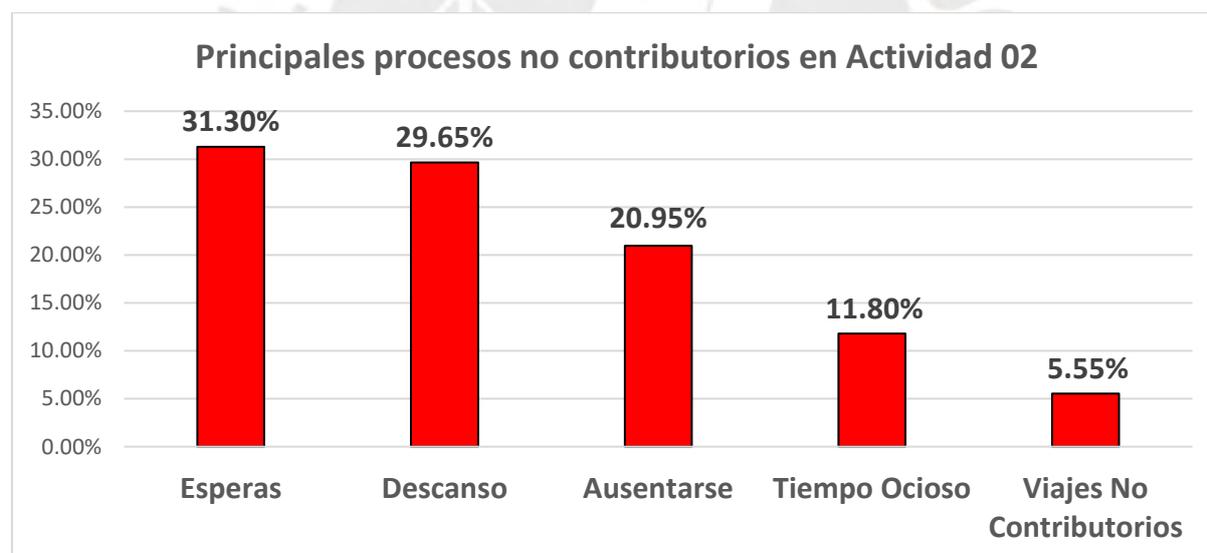


Figura N°34. Histograma de Trabajo No Contributorio final en Actividad 02. Elaboración propia.

La Figura N°34 enseña que las esperas, los descansos y las ausencias fueron los tres principales tipos de pérdidas en esta cuadrilla.

En primer lugar, las esperas (31.3%) se dieron por razones muy específicas en los dos muestreos. En la cuadrilla hubo 02 operarios de martillo neumático, cada uno con su respectiva herramienta de trabajo. Sin embargo, en ambos muestreos, durante una parte del trabajo uno

de los martillos neumáticos no tenía suficiente energía para operar correctamente, por lo que al final sólo podían trabajar con un solo martillo neumático. En ese caso, ambos operarios se ayudaron mutuamente para utilizar la herramienta y se esperaban mutuamente también, en vez de agarrar un pico o pala y realizar trabajo de excavación manual. Esta fue la principal causa de esperas para esta cuadrilla.

En segundo lugar, los descansos (29.65%) en esta cuadrilla son naturales porque la labor de excavar manualmente en roca es sumamente agotadora y la mano de obra requiere un momento de respiro para continuar trabajando.

En tercer lugar, las ausencias (20.95%) se debieron a que tanto los baños portátiles, como las fuentes de agua helada se encontraban muy alejados de la zona de trabajo. La excavación en terreno rocoso se realizó en lo alto de un cerro para cavar la línea de aducción del reservorio RAP-01. Los baños portátiles y depósitos de agua se encontraban cerca de la zona de trabajo del reservorio apoyado, por lo que los obreros de esta cuadrilla tenían que caminar hasta el frente de trabajo del reservorio para hacer sus necesidades o servirse agua helada. Otra razón para que las ausencias tengan esa incidencia se debe al hecho de que uno de los operarios optó por irse por un buen rato al no tener operativa su herramienta de trabajo.

Los viajes no contributivos (5.55%) son los desplazamientos referidos a labores no contributivas de algunos obreros. Es decir, no se trasladaban de un punto de trabajo a otro, simplemente se trasladaban para ir al baño, ir a tomar agua o descansar.

5.2.1.2. Evaluación parámetros de productividad de Actividad 02

Evaluando los análisis de precios unitarios (APU) encontrados en el Expediente Técnico del proyecto analizado, la velocidad definida para esta partida fue 12.78 m/día. Por consiguiente, se calculó el Índice de productividad (IP) y Costo Unitario (C.U.) para la cuadrilla conformada por 02 operarios y 04 peones. También se tomó en cuenta el aporte de 0.1 del

capataz, tal como lo estipula el APU del Expediente Técnico. Este cálculo se formuló mediante la Tabla E-35 del Anexo “E”, la cual estima que el Índice de productividad de la cuadrilla para esta actividad es 3.82 hh/m, tomando en cuenta la velocidad definida en el APU y la jornada diaria de 8 horas. Asimismo, determina el costo unitario de la mano de obra (S/.73.11) tomando en consideración los precios por tipo de trabajador estipulados en el expediente técnico del proyecto.

Por otra parte, La Tabla E-36 del Anexo “E” realiza el mismo análisis de precios unitarios que la tabla anterior pero hecho con la velocidad real de 8.73 m/día, parámetro hallado en la Tabla N°11. Se determinó la productividad de mano de obra (IP) en campo, la cual es 5.59 hh/m, así como el costo unitario de la mano de obra que resultó S/. 107.04. Se tomó en cuenta el aporte a la cuadrilla del capataz (0.1 de la cuadrilla) para establecer una comparación directa con los parámetros calculados del APU del Expediente Técnico, a pesar de que el Capataz no fue considerado para los muestreos de carta balance.

Tabla N°23. Cuadro comparativo de parámetros Velocidad, Índice de Productividad (IP) y Costo Unitario (C.U.) – Actividad 02.

Velocidad APU	12.78 m/día
Velocidad campo	8.73 m/día
IP APU	3.82 hh/m
IP Campo	5.59 hh/m
C.U. APU	S/. 73.11
C.U. Campo	S/. 107.04

Nota: Elaboración propia

La Tabla N°23 toma los parámetros correspondientes a los muestreos de campo (velocidad, Índice de productividad y costo unitario de mano de obra), comparándolos con los extraídos del Análisis de precios unitarios del Expediente Técnico. En el caso de la velocidad, la del APU es aproximadamente un 31.7% mayor que la calculada en campo mediante los muestreos.

Por otra parte, la eficiencia de la productividad de mano de obra encontrada en el APU es mayor en 31.7% respecto a la productividad calculada en campo. Esto se debe a que el IP

verificado en campo requiere más horas hombre para ejecutar 01 m de excavación en terreno rocoso, en comparación con el IP del APU.

Finalmente, el costo unitario de mano de obra calculado con la velocidad de campo es S/. 33.93 más caro que el costo unitario calculado en base a la velocidad propuesta por el APU.

5.2.1.3. Cálculo de pérdidas totales potenciales para Actividad 02

Para profundizar en el análisis de los parámetros del costo y el tiempo, se estimará el costo total y “horas – hombre” totales para la Actividad 02 (Excavación de zanja en terreno rocoso) tomando en cuenta el metrado total del proyecto. El nombre exacto de esta partida en el Expediente Técnico es “*Excavación zanja (s/exp) p/tub. t-rocoso II DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.*”, la cual hace referencia a la excavación de zanja sin explosivos para tubería tipo DN 100 (Diámetro = 163 mm) a tipo DN 150 (Diámetro = 217 mm) en terreno rocoso tipo II, a profundidades de 1.01 m a 1.25 m.

De este modo, la Tabla E-37 localizada en el Anexo “E” suma todo el metrado en las diferentes troncales estratégicas donde se debe excavar en terreno rocoso, dando un metrado total de 2650.61 metros. En base a esto, se pueden desarrollar las siguientes tablas.

Tabla N°24. Costo total del proyecto para ejecutar la Actividad 02.

	Costo Unitario M.O. (S/.)	Metrado total (m)	Costo total partida (S/.)
APU	73.11	2650.61	193 786.10
Campo	107.04	2650.61	283 721.29

Nota: Elaboración propia.

La Tabla N°24 resalta que, de acuerdo con los valores estimados por los Análisis de precios unitarios del Expediente Técnico, el costo total de mano de obra estimado es S/. 193 786.10 para esta partida. No obstante, debido a los problemas de productividad el costo total de la

partida se encarecería hasta S/. 283 721.29, es decir, S/. 89 935.19 adicionales a lo estimado por el APU.

Tabla N°25. “Horas – hombre” totales del proyecto para ejecutar la Actividad 02.

	Productividad M.O. (hh/m)	Metrado total (m)	Horas - hombre totales
APU	3.82	2650.61	10125.33
Campo	5.59	2650.61	14816.91

Nota: Elaboración propia.

La Tabla N°25 señala que los Análisis de precios unitarios del Expediente Técnico estiman que para cubrir la totalidad del metrado de excavación en terreno rocoso se requerirían 10 125.33 “horas – hombre”. Sin embargo, debido a los problemas de productividad, las “horas – hombre” totales ascenderían a 14 816.91, es decir, 4691.58 “horas – hombre” más a lo estimado por el APU.

En ese sentido, de acuerdo con la Figura N°32, el 41.8% del tiempo total trabajado por la cuadrilla analizada es Trabajo No Contributorio, el cual cae en la categoría de pérdida. Si se continúa con dicha tendencia, para el final de la ejecución contractual se habrían perdido S/. 118 595.49, correspondiente a 6193.47 “horas – hombre”, lo cual equivale al porcentaje de Trabajo No Contributorio. Estas cifras globales dan cuenta de la necesidad imperiosa de tomar medidas correctivas.

5.2.2. Propuestas de mejora de productividad para Actividad 02

Tomando como base la Figura N°34, es necesario reducir al máximo las esperas, los descansos y las ausencias, para lo cual se proponen las siguientes medidas:

- Implementación de Incentivo por Tarea cumplida: Se propone dar un incentivo a la cuadrilla para que esta trabaje de manera más motivada y apuntando a cumplir el objetivo diario de excavar 12.78 metros por jornada (como mínimo). Si la cuadrilla termina su objetivo antes de la hora de salida, puede retirarse antes y adicionalmente se

le otorgaría una bonificación a fin de mes por objetivo cumplido. De ese modo, las “esperas” entre los dos operarios de martillo neumático se habrían esfumado y uno de ellos habría continuado excavando manualmente.

- Instalación de un nuevo baño portátil más cerca de la zona de trabajo de la cuadrilla y un bidón de agua helada permanente: Para reducir las ausencias por ir al baño, se propone colocar uno más cerca de esta cuadrilla aislada, así como un bidón de agua helada que se recargue constantemente por un ayudante. De este modo, los trabajadores también pueden darse un respiro más cerca de su zona de trabajo, tomando agua constantemente, sin tener que ausentarse.
- Instalación de grupo electrógeno en base del cerro para emergencias: Una de las razones para las elevadas esperas fue la falta de energía con suficiente potencia para uno de los martillos neumáticos, por lo que uno de los operarios se quedó por un tiempo prolongado sin su herramienta de trabajo. Se propone instalar un grupo electrógeno que sirva para este tipo de premuras y asegurar el permanente flujo de energía para que los trabajadores tengan sus equipos 100% operativos durante toda la jornada.

5.3 Discusión de Actividad 03: Excavación de zanja en terreno normal

5.3.1. Análisis de resultados de Actividad 03

5.3.1.1. *Evaluación del promedio de muestreos de cartas balance de Actividad 03*

Habiendo validado la coherencia de ambos muestreos, se determinó el promedio de estos para calcular un resultado final. De este modo, se llegó a los siguientes resultados.



Figura N°35. Tiempos productivos promedio de ambos muestreos para Actividad 03. Elaboración propia.

La Figura N°35 refleja que el porcentaje de TP es 44.0%, el cual es un porcentaje medianamente bajo, mientras que el porcentaje de TC es 24.8% y el de TNC es 31.2%, siendo el trabajo productivo el mayoritario dentro del tiempo laboral de la cuadrilla.

Tal como muestra la Figura D-22 del Anexo "D", casi el 76% del TP ha sido trabajo manual, excavando con comba, pico o barreta, mientras que el 24.2% ha sido realizado con retroexcavadora. Por lo tanto, el producto final fue elaborado en gran medida manualmente.

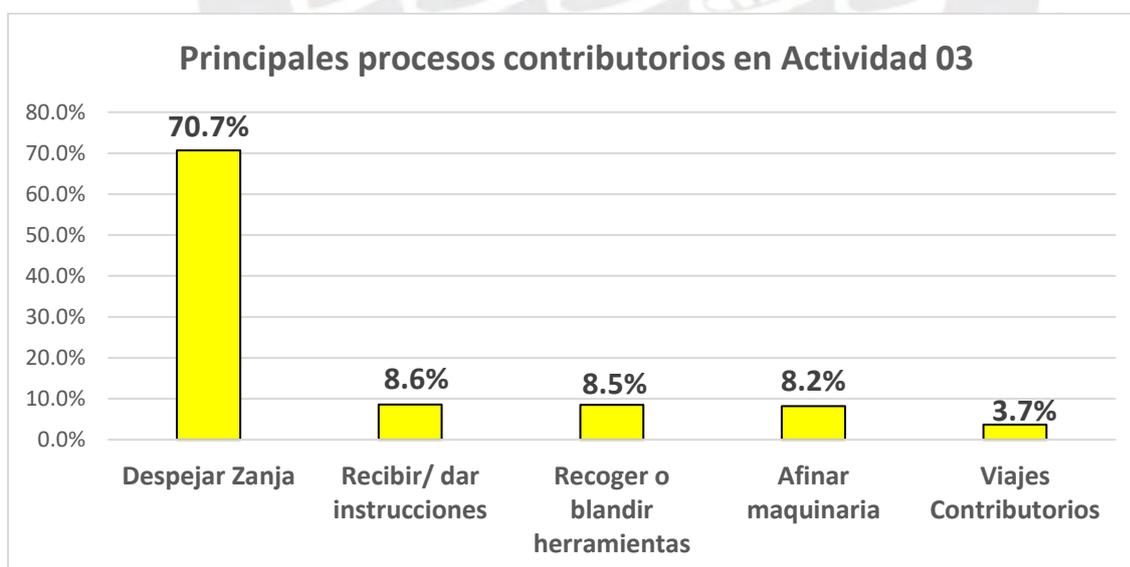


Figura N°36. Histograma de Trabajo Contributorio final en Actividad 03. Elaboración propia.

La Figura N°36 da a conocer los principales procesos contributorios y sus porcentajes. Esta revela que más del 70% del trabajo contributorio está ligado al proceso de despejar la zanja de

escombros. Esto tiene sentido puesto que, luego de excavar, es necesario remover el material sobrante desde la zanja hacia afuera. Asimismo, esto representa una coincidencia con la Actividad 02, la cual también tiene como proceso contributorio más incidente el “despejar zanja de escombros”. En segundo lugar, muy por debajo y empatando estadísticamente, siguen los procesos de recibir/dar instrucciones (8.6%), recoger o blandir herramientas (8.5%) y el de afinar máquina (8.2%). Este último proceso se refiere a la acción de revisar y controlar la maquinaria de la retroexcavadora durante las esperas del operador. Muy por detrás se encuentra el proceso de los viajes contributorios (3.7%), los cuales se refieren a los traslados de un punto de trabajo a otro para realizar labores productivas o contributorias.

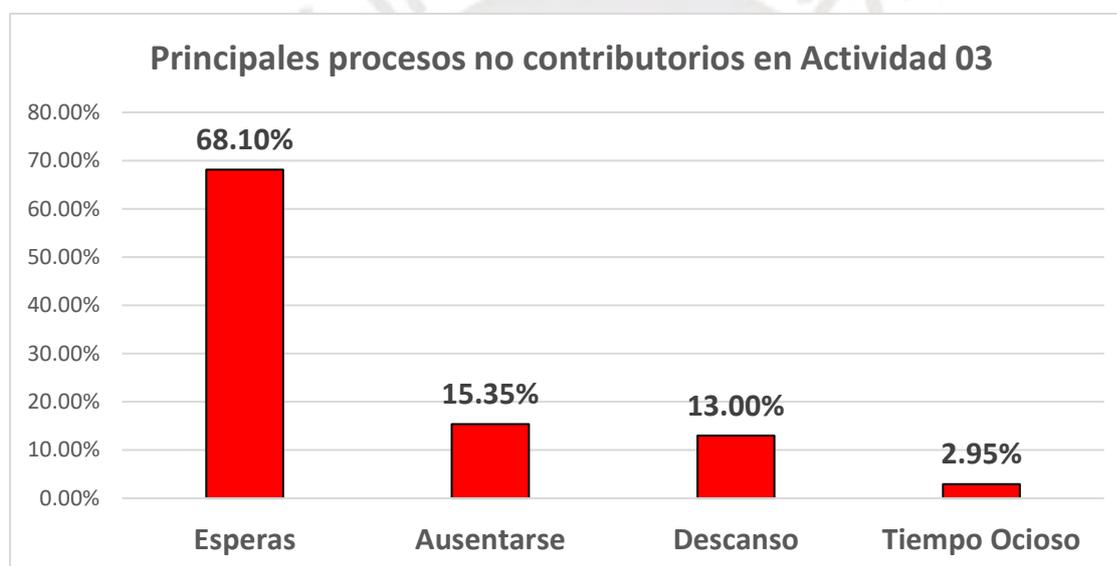


Figura N°37. Histograma de Trabajo No Contributorio final en Actividad 03. Elaboración propia.

La Figura N°37 identifica que las esperas (68.1%) son, por lejos, la pérdida más incidente en ambos muestreos. En segundo y tercer lugar, muy por debajo, se encuentran las ausencias (15.35%) y los descansos (13%) respectivamente.

En primer lugar, las esperas pueden explicarse mediante la dinámica entre dos integrantes de la cuadrilla: El operador de retroexcavadora y el peón que trabajaba en conjunto con él. La zanja de la troncal se excavó en un terreno urbano (habiendo removido previamente la capa asfáltica) mediante la retroexcavadora: Esta removía el terreno y, posteriormente, el peón

terminaba de excavar los espacios más pequeños dejados por la maquinaria. Sin embargo, por temas de seguridad, el peón debía esperar a que la máquina se detenga para entrar a excavar y, a su vez, el operador de la retro debía esperar a que el peón salga de la zanja para continuar su labor. Estas esperas constantes y sucesivas son la causa de alto porcentaje de este proceso en el TNC.

Otra causa de las esperas es el poco avance que el operador de la retroexcavadora ejecutaba, pues removía terreno de a pocos, sin avanzar con porciones más largas de la zanja, estando el espacio reducido entre la maquinaria y los peones. El resultado de esto fue la reducida e itinerante participación del operador en la tarea.

En segundo lugar, las ausencias se debieron a que, llegaba un punto en el que el operador de la retroexcavadora esperaba tanto que prefería ausentarse y luego regresar al campo de trabajo.

En tercer lugar, los descansos de los 03 peones que ejecutaban la excavación manual son naturales puesto que esta es una tarea muy agotadora y que requiere un descanso paulatino.

5.3.1.2. Evaluación parámetros de productividad de Actividad 03

Evaluando los análisis de precios unitarios (APU) encontrados en el Expediente Técnico del proyecto analizado, la velocidad definida para esta partida fue de 206.09 m/día. Por consiguiente, se calculó el Índice de productividad (IP) y Costo Unitario (C.U.) para la cuadrilla conformada por 01 operador de máquina pesada y 03 peones. También se tomó en cuenta el aporte de 0.1 del capataz, tal como lo estipula el APU del Expediente Técnico.

Este cálculo se definió a través de la Tabla E-38 del Anexo "E", la cual afirma que el Índice de productividad de la cuadrilla para esta actividad es de 0.16 hh/m, considerando la velocidad definida en el APU y la jornada diaria de 8 horas. Adicionalmente, calcula el costo unitario de la mano de obra (S/.3.0) tomando en cuenta los precios por tipo de trabajador definidos en el expediente técnico del proyecto.

En contraposición, la Tabla E-39 del Anexo “E” formula el mismo análisis de precios unitarios que la tabla anterior pero llevado a cabo con la velocidad real de 33.1 m/día, parámetro identificado en la Tabla N°15. Se calculó la productividad de mano de obra (IP) en campo la cual es de 0.99 hh/m, así como el costo unitario de la mano de obra que resultó S/. 18.76. Se consideró el aporte a la cuadrilla del capataz (0.1 de la cuadrilla) para establecer una comparación directa con los parámetros calculados del APU del Expediente Técnico, a pesar de que el Capataz no fue incluido para los muestreos de carta balance.

Tabla N°26. Cuadro comparativo de parámetros Velocidad, Índice de Productividad (IP) y Costo Unitario (C.U.) – Actividad 03.

Velocidad APU	206.09 m/día
Velocidad campo	33.1 m/día
IP APU	0.16 hh/m
IP Campo	0.99 hh/m
C.U. APU	S/. 3.0
C.U. Campo	S/. 18.76

Nota: Elaboración propia

La Tabla N°26 toma los parámetros correspondientes a los muestreos de campo (velocidad, Índice de productividad y costo unitario de mano de obra), comparándolos con los extraídos del Análisis de precios unitarios del Expediente Técnico. En el caso de la velocidad, la del APU es aproximadamente un 83.9% mayor que la calculada en campo mediante los muestreos.

Por otro lado, la eficiencia de la productividad de mano de obra encontrada en el APU es mayor en 83.9% respecto a la productividad calculada en campo. Esto se debe a que el IP verificado en campo requiere más horas hombre para ejecutar 01 m de excavación en terreno normal, en comparación con el IP del APU.

Finalmente, el costo unitario de mano de obra calculado con la velocidad de campo es S/. 15.76 más caro que el costo unitario calculado en base a la velocidad propuesta por el APU.

5.3.1.3. Cálculo de pérdidas totales potenciales para Actividad 03

Para tener un panorama más claro respecto al parámetro del costo y el tiempo, se estimará el costo total y “horas – hombre” totales para la Actividad 03 (Excavación de zanja en terreno normal) tomando en cuenta el metrado total del proyecto. El nombre exacto de esta partida en el Expediente Técnico es “*Excavac. zanja (máq.) p/tub. terr-normal DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.*”, la cual hace referencia a la excavación de zanja con maquinaria pesada para tubería tipo DN 100 (Diámetro = 163 mm) a tipo DN 150 (Diámetro = 217 mm) en terreno normal, a profundidades de 1.01 m a 1.25 m.

Es así como la Tabla E-40 del Anexo “E” suma todo el metrado en las diferentes troncales estratégicas donde se debe excavar en terreno normal, resultando un metrado total de 2893.37 metros. En base a esto, se pueden desarrollar las siguientes tablas.

Tabla N°27. Costo total del proyecto para ejecutar la Actividad 03.

	Costo Unitario M.O. (S/.)	Metrado total (m)	Costo total partida (S/.)
APU	3	2893.37	8680.11
Campo	18.76	2893.37	54 279.62

Nota: Elaboración propia.

La Tabla N°27 expone que, de acuerdo con los valores estimados por los Análisis de precios unitarios del Expediente Técnico, el costo total estimado es S/. 8680.11 para esta partida. Sin embargo, debido a los problemas de productividad el costo total de la partida se encarecería hasta S/. 54 279.62, es decir, S/. 45 599.51 adicionales a lo estimado por el APU.

Tabla N°28. “Horas – hombre” totales del proyecto para ejecutar la Actividad 03.

	Productividad M.O. (hh/m)	Metrado total (m)	Horas - hombre totales
APU	0.16	2893.37	462.94
Campo	0.99	2893.37	2864.44

Nota: Elaboración propia.

La Tabla N°28 exhibe que los Análisis de precios unitarios del Expediente Técnico calculan que para cubrir la totalidad del metrado de excavación en terreno normal se necesitarían 462.94 “horas – hombre”. No obstante, debido a los problemas de productividad, las “horas – hombre” totales ascenderían a 2864.44, es decir, 2401.5 “horas – hombre” más a lo estimado por el APU. Es decir, la ejecución total de la partida se haría 84% más cara.

En ese aspecto, de acuerdo con la Figura N°35, el 31.2% del tiempo total trabajado por la cuadrilla analizada es Trabajo No Contributorio, el cual cae en la categoría de pérdida. Si se continúa con dicha tendencia, para el final de la ejecución contractual se habrían perdido S/. 16935.24, equivalente a 893.7 “horas – hombre” sólo en esta partida, lo cual equivale al porcentaje de Trabajo No Contributorio.

5.3.2. Propuestas de mejora de productividad para Actividad 03

Verificando la Figura N°37, al ser las esperas la principal fuente de pérdidas, estas deberían reducirse lo más posible, adoptando las siguientes medidas de mejoramiento.

- Ejecutar tramos más largos de excavación: Una de las razones por las que el peón y el operador de la maquinaria no pueden trabajar simultáneamente (y, por lo tanto, se tienen que esperar) es el tema de la seguridad, pues el tramo de excavación es muy corto y maquinaria y peones están muy cerca de sí. Esto se confirma en el hecho de que la velocidad de avance diario es muy baja respecto al APU (33.1 m/día versus 206.09 m/día estipulado por el expediente), por lo que se sugiere que la retroexcavadora ejecute tramos más largos de avance para que pueda existir trabajo simultáneo entre los peones y la máquina sin exponerlos a problemas de seguridad. La principal razón por la cual la velocidad de avance es tan incipiente se debe a la presencia de interferencias subterráneas no estipuladas en el Expediente Técnico, por lo que se opta por avanzar

por tramos cortos para no romper o dañar alguna tubería o servicio preexistente. Esta situación puede superarse gracias la propuesta que se detalla a continuación.

- Implementación de Cuadrilla Anticipada de Verificación de Interferencias: Algunos contratistas organizan una cuadrilla de trabajadores que hacen calicatas previamente a la entrada de la maquinaria de excavación, para cerciorarse que no existan interferencias preexistentes en los puntos donde pasa el trazo de la zanja. Esto se lleva a cabo generalmente en zonas urbanas que presentan gran cantidad de tuberías de otros servicios básicos en el trazo de excavación. Si bien es cierto este trabajo ya se realiza como parte del Estudio de Suelos y Geotecnia del Expediente Técnico, algunas veces no se detectan toda la cantidad de interferencias existentes y recién se descubren durante la ejecución. Algunos contratistas prefieren asumir este costo adicional pues lo ven más rentable que perder más dinero debido a retrasos que generen ampliaciones de plazo que lleven a un consecuente pago de mayores gastos generales. Por lo tanto, la implementación de una cuadrilla que sólo se dedique a este trabajo puede permitirle al constructor entrar a excavar tramos más largos sin miedo, lo cual, a su vez, permitiría aumentar la tan reducida velocidad de avance actual en esta partida. El método de detección de interferencias puede ser a través de calicatas o mediante georradar.
- Balance de cuadrilla hacia 02 peones adicionales: Una vez adoptadas las dos medidas de mejoramiento previas, la velocidad de avance de la retroexcavadora aumentaría, por lo que se necesitaría más mano de obra en excavación manual para seguirle el ritmo a la maquinaria. Por esta razón, se propone la adición de 02 peones adicionales, de modo que sean 05 realizando excavación manual. Esta sería una opción viable porque aumentar la cantidad de trabajadores de la cuadrilla, pero aumentando la velocidad de avance diaria lo más cercana posible a 206.09 m/día proyectado en el APU, no generaría una variación significativa en el costo unitario proyectado.

5.4 Discusión de Actividad 04: Tendido de tubería en zanja

5.4.1. Análisis de resultados de Actividad 04

5.4.1.1. Evaluación del promedio de muestreos de cartas balance de Actividad 04

Habiendo comprobado la validez y coherencia de ambos muestreos, se calculó el promedio de estos para encontrar un resultado final. Así, se arribó a los siguientes resultados.



Figura N°38. Tiempos productivos promedio de ambos muestreos - Actividad 04. Elaboración propia.

La Figura N°38 comprueba que el porcentaje de TP es 22.3%, el cual es un porcentaje bajo, mientras que el porcentaje de TC es 27.0% y el de TNC es 50.7%, evidenciando que más de la mitad del trabajo de la cuadrilla son pérdidas.

En ese sentido, la Figura D-23 del Anexo "D" permite conocer los porcentajes correspondientes a cada trabajo productivo: el 56.5% del TP se invirtió en el proceso de conectar la tubería, mientras que el 43.5% se dedicó a colocarla.

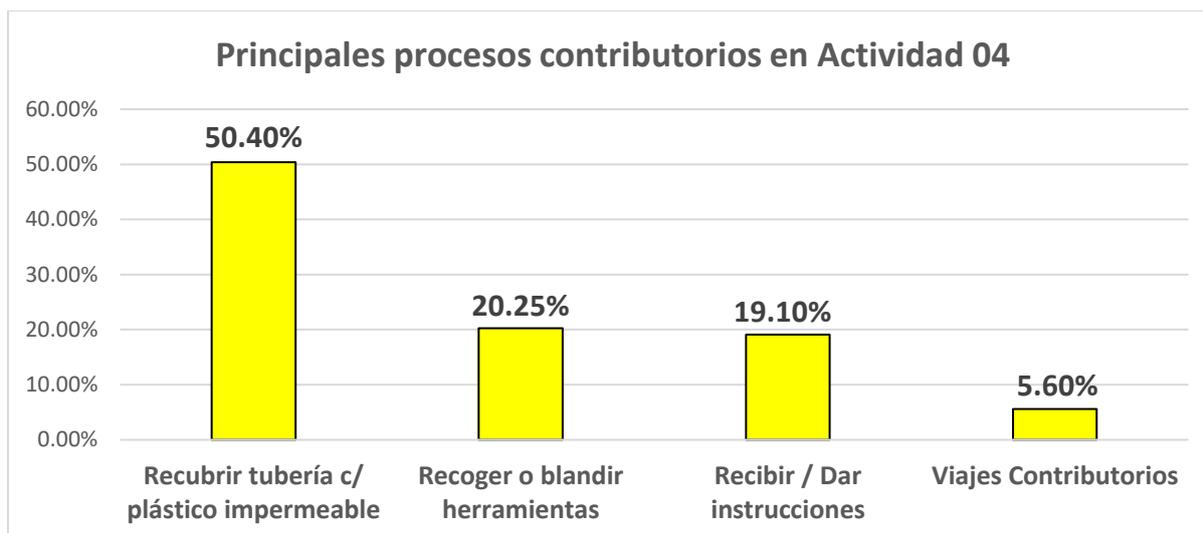


Figura N°39. Histograma de Trabajo Contributorio final en Actividad 04. Elaboración propia.

La Figura N°39 revela que más de la mitad de las labores contributorias fueron dedicadas a recubrir la tubería con la manga protectora impermeable (50.4%). Este proceso es menester y se lleva a cabo antes de instalar la tubería al fondo de la zanja. Muy por debajo, empatan estadísticamente el recoger y/o blandir herramientas (20.25%) y el recibir y/o dar instrucciones (19.1%). Por último, los viajes contributorios, representan el 5.6% del TC.

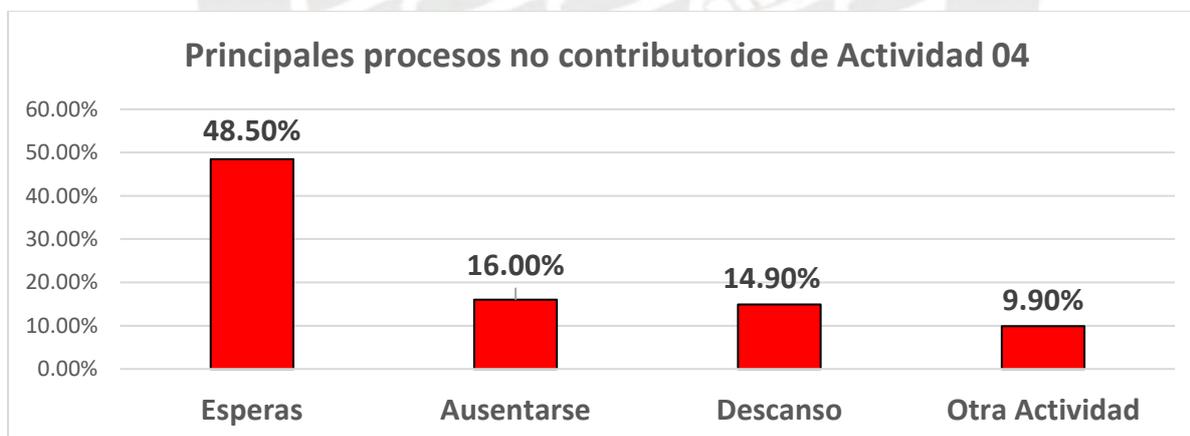


Figura N°40. Histograma de Trabajo No Contributorio final en Actividad 04. Elaboración propia.

La Figura N°40 advierte que las esperas (48.5%) representan casi la mitad de la totalidad de las pérdidas de esta cuadrilla. Le siguen las ausencias (16%), los descansos (14.9%) y, finalmente, dedicarse a otra actividad diferente al tendido de tubería (9.9%).

En primer lugar, las esperas se explican por la dinámica de trabajo entre los 03 integrantes de la cuadrilla. El operario tenía el liderazgo de la cuadrilla y él era quien daba las instrucciones al oficial y al peón para realizar la tarea. Mas, tanto el oficial como el peón carecían de iniciativa propia y esperaban las indicaciones del operario para proceder con el siguiente paso. Otra fuente de pérdida son las esperas del oficial y peón hasta que el operario terminara de realizar la conexión de tuberías al fondo de la zanja.

En segundo lugar, las ausencias tuvieron su fuente principal en el peón. Mientras el operario y el oficial instalaban la tubería al fondo de la zanja, el peón se ausentaba o, en todo caso, llevaba a cabo otra actividad ajena al tendido de tubería. La presencia del peón era esporádica y sólo ayudaba en el trabajo cuando era estrictamente necesario o cuando el operario lo solicitaba.

Por último, los descansos fueron momentos naturales puesto que las tuberías de hierro dúctil de seis metros de longitud eran sumamente pesadas y se instalaron manualmente.

5.4.1.2. Evaluación parámetros de productividad de Actividad 04

Estudiando los análisis de precios unitarios (APU) plasmados en el Expediente Técnico del proyecto, la velocidad definida para esta partida fue de 360 m/día. Por consiguiente, se calculó el Índice de productividad (IP) y Costo Unitario (C.U.) para la cuadrilla conformada por 01 operario, 01 oficial y 01 peón. Asimismo, se consideró el aporte de 0.1 del capataz, tal como lo estipula el APU del Expediente Técnico.

Es así como la Tabla E-41 del Anexo “E” lleva a cabo este cálculo y sugiere que el Índice de productividad de la cuadrilla para esta actividad es de 0.068 hh/m, considerando la velocidad definida en el APU y la jornada diaria de 8 horas. Asimismo, calcula el costo unitario de la mano de obra (S/.1.35) considerando los precios por tipo de trabajador definidos en el Expediente Técnico del proyecto.

Por otro lado, la Tabla E-42 del Anexo “E” elabora el mismo análisis de precios unitarios que la tabla anterior pero llevado a cabo con la velocidad real de 96.7 m/día, parámetro calculado en la Tabla N°19. Se halló la productividad de mano de obra (IP) en campo la cual es 0.256 hh/m así como el costo unitario de la mano de obra que resultó S/. 5.09. Se consideró el aporte a la cuadrilla del capataz (0.1 de la cuadrilla) para establecer una comparación directa con los parámetros calculados del APU del Expediente Técnico, a pesar de que el Capataz no fue incluido para los muestreos de carta balance.

Tabla N°29. Cuadro comparativo de parámetros Velocidad, Índice de Productividad (IP) y Costo Unitario (C.U.) – Actividad 04.

Velocidad APU	360 m/día
Velocidad campo	96.7 m/día
IP APU	0.068 hh/m
IP Campo	0.256 hh/m
C.U. APU	S/. 1.35
C.U. Campo	S/. 5.09

Nota: Elaboración propia

La Tabla N°29 manifiesta los parámetros correspondientes a los muestreos de campo (velocidad, Índice de productividad y costo unitario de mano de obra), comparándolos con los extraídos del Análisis de precios unitarios del Expediente Técnico. En el caso de la velocidad, la del APU es aproximadamente un 73.1% mayor que la encontrada en campo mediante los muestreos.

Ahora bien, la eficiencia de la productividad de mano de obra encontrada en el APU es mayor en 73.1% respecto a la productividad calculada en campo. Esto se debe a que el IP verificado en campo requiere más horas hombre para ejecutar 01 m de instalación de tubería, en comparación con el IP del APU.

Finalmente, el costo unitario de mano de obra calculado con la velocidad de campo es S/. 3.74 más caro que el costo unitario calculado en base a la velocidad propuesta por el APU.

5.4.1.3. Cálculo de pérdidas totales potenciales para Actividad 04

Para tener un panorama más claro respecto al parámetro del costo y el tiempo, se estimará el costo total y “horas – hombre” totales para la Actividad 04 (Tendido de tubería en zanja) tomando en cuenta el metrado total del proyecto. El nombre exacto de esta partida en el Expediente Técnico es “*Instalación de tubería de hierro dúctil DN 100*” la cual hace referencia a la colocación e instalación de tubería de hierro dúctil tipo DN 100 (Diámetro = 163 mm) al fondo de la zanja. Así, la Tabla E-43 del Anexo “E” suma todo el metrado en las diferentes troncales estratégicas donde se debe instalar tubería de hierro dúctil tipo DN 100, dando un metrado total de 7439.42 metros. En base a esto, se pueden desarrollar las siguientes tablas.

Tabla N°30. Costo total del proyecto para ejecutar la Actividad 04.

	Costo Unitario M.O. (S/.)	Metrado total (m)	Costo total partida (S/.)
APU	1.35	7439.42	10 043.22
Campo	5.09	7439.42	37 866.65

Nota: Elaboración propia.

La Tabla N°30 evidencia que, de acuerdo con los valores estimados por los Análisis de precios unitarios del Expediente Técnico, el costo total estimado es S/. 10 043.22 para esta partida. No obstante, debido a los problemas de productividad el costo total de la partida se encarecería hasta S/. 37 866.65, es decir, S/. 27 823.43 adicionales a lo estimado por el APU.

Tabla N°31. “Horas – hombre” totales del proyecto para ejecutar la Actividad 04.

	Productividad M.O. (hh/m)	Metrado total (m)	Horas - hombre totales
APU	0.068	7439.42	505.88
Campo	0.256	7439.42	1904.49

Nota: Elaboración propia.

La Tabla N°31 formula que los Análisis de precios unitarios del Expediente Técnico calculan que para cubrir la totalidad del metrado de instalación de tubería en zanja se necesitarían 505.88 “horas – hombre”. Mas, debido a los problemas de productividad, las “horas – hombre” totales

ascenderían a 1904.49 es decir, 1398.6 “horas – hombre” más a lo estimado por el APU. Lo que es lo mismo, la ejecución total de la partida se haría 73.1% más cara.

En ese sentido, de acuerdo con la Figura N°38, el 50.7% del tiempo total trabajado por la cuadrilla analizada es Trabajo No Contributivo, el cual cae en la categoría de pérdida. Si se continúa con dicha tendencia, para el final de la ejecución contractual se habrían perdido S/. 19 198.39, equivalente a 965.6 “horas – hombre” sólo en esta partida, lo cual corresponde al porcentaje de Trabajo No Contributivo.

5.4.2. Propuestas de mejora de productividad para Actividad 04

Verificando la Figura N°40, al ser las esperas la principal fuente de pérdidas, estas deberían reducirse lo más posible, adoptando las siguientes medidas de mejoramiento.

- Mejor capacitación en los procesos contemplados en la partida: Una de las principales fuentes de esperas fue la falta de iniciativa del oficial y peón y su dependencia de las indicaciones del operario. Por lo que sería útil una capacitación detallada de cómo realizar cada uno de los procesos que implica la instalación de la tubería, para no depender de las indicaciones de la persona a cargo.
- Replanteamiento de las funciones de cada integrante de la cuadrilla: Para que haya un flujo constante de procesos, es necesario que cada obrero tenga claro cuál es su función en el grupo de trabajo. El peón puede responsabilizarse únicamente de recubrir la tubería con la manga protectora (labor contributiva), y el operario y el oficial pueden encargarse de instalar y conectar las tuberías ya recubiertas, pudiendo ambas tareas llevarse a cabo simultáneamente.
- Implementación de Incentivo por Tarea cumplida: Se propone dar un incentivo a la cuadrilla para que esta trabaje de manera más motivada y apuntando a cumplir el objetivo diario de instalar 360 metros de tubería por jornada (como mínimo). Si la

cuadrilla termina su objetivo antes de la hora de salida, puede retirarse y adicionalmente se le otorgaría una bonificación a fin de mes por objetivo cumplido. De ese modo, el oficial y el peón tendrían suficiente iniciativa para conseguir el objetivo.

- Mejoramiento de la eficiencia de las actividades previas: La instalación de tubería depende directamente del avance de la excavación, del refine y nivelación y la preparación de cama de apoyo. Estas tienen que estar completas para tener un tramo lo suficientemente largo para instalar la longitud proyectada. El mejoramiento también debe incluir las tareas previas y una constante comunicación entre cuadrillas.

5.5 Discusión de Actividad 05: Relleno y compactación de zanja

5.5.1. Análisis de resultados de Actividad 05

5.5.1.1. Evaluación del promedio de muestreos de cartas balance de Actividad 05

Habiendo comprobado la validez y coherencia de ambos muestreos, se calculó el promedio de estos para encontrar un resultado final. Así, se llegó a los siguientes resultados.



Figura N°41. Tiempos productivos promedio de ambos muestreos - Actividad 05. Elaboración propia.

La Figura N°41 comprueba que el porcentaje de TP es 50.6%, mientras que el porcentaje de TC es 23.1% y el de TNC es 26.3%, destacando que más de la mitad del trabajo de la cuadrilla se invierte en procesos productivos.

Siguiendo esa línea, la Figura D-24 del Anexo “D” da a conocer que el 50.6% del trabajo productivo de esta cuadrilla se invirtió en el proceso de afinar el relleno para el compactado, tarea que se realizó mediante 01 peón y 01 oficial luego de echar el material de relleno con el minicargador frontal. El segundo proceso productivo más incidente fue el de compactación con apisonador canguro (39.7%), llevado a cabo por 02 operarios y parcialmente por 01 oficial, y el tercero fue echar material de relleno (9.7%) mediante la maquinaria pesada.

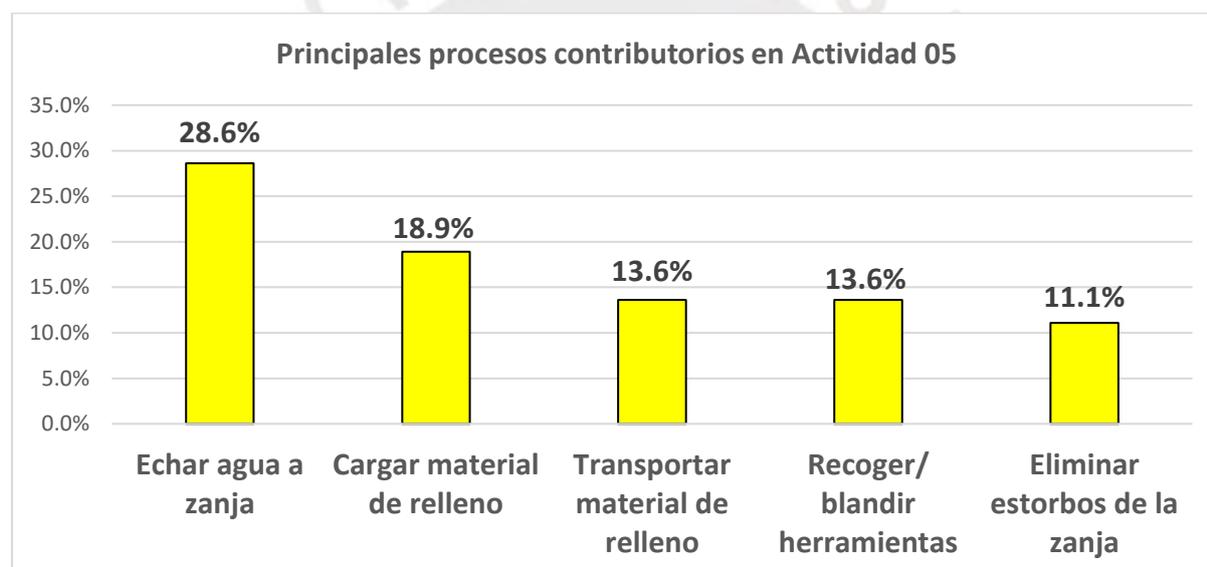


Figura N°42. Histograma de Trabajo Contributorio final en Actividad 05. Elaboración propia.

La Figura N°42 identifica al proceso de echar agua a la zanja (28.6%) como la labor contributoria más incidente, el cual, es menester pues brinda eficiencia a la tarea del compactado. A esta le sigue el proceso de cargar material de relleno (18.9%) realizado por el operador del minicargador frontal, el cual también participa activamente en la siguiente labor contributoria que es el de transportar el material de relleno (13.6%). Tiene sentido pues el operador de la maquinaria se encargaba de la labor larga de rellenar su cuchara de material

desde la pila para trasladarlo lentamente hacia la zona de la zanja requerida. A continuación, el proceso de recoger y/o blandir herramientas (13.6%) lo hacían todos los integrantes de la cuadrilla a excepción del operador, mientras que el proceso de eliminar estorbos de la zanja (11.1%) fue necesario para evitar que desperdicios dañinos para el producto final estorbaran con los procesos productivos. Puede decirse que es un grupo de tareas contributorias relativamente equilibrado.

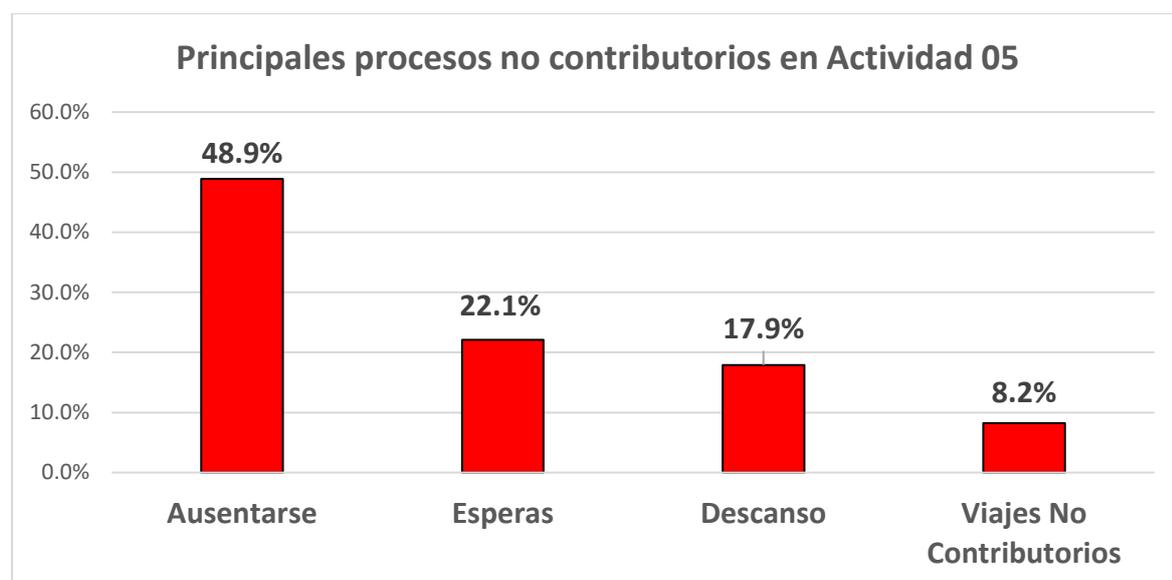


Figura N°43. Histograma de Trabajo No Contributorio final en Actividad 05. Elaboración propia.

La Figura N°43 presenta las pérdidas más incidentes dentro del 26.3% de TNC dentro de la cuadrilla. Casi el 50% de las pérdidas corresponden a Ausencias (48.9%), lo cual está en concordancia con dos hechos muy específicos que sucedieron en los dos días de muestreos. En el primer muestreo, el operador de minicargador frontal se ausentó durante la tercera parte del tiempo, mientras que, en el segundo muestreo, el peón se ausentó durante un tiempo significativo. Ambas ausencias se debieron a dos motivos: El primero porque ya había cumplido su labor y el segundo fue una ausencia injustificada.

El segundo lugar de incidencia corresponde a las esperas (22.1%), las cuales se justifican en el hecho de que, en algunas ocasiones, el peón o el oficial debían esperar a que el minicargador

frontal echara más material de relleno en la zanja para continuar afinándolo. Esto tiene coherencia con la Figura N°67, en la cual se visualiza que el segundo y tercer lugar de incidencia en el TC es el “cargar material de relleno” y “transportar material de relleno”, ambos procesos realizados por el operador de minicargador frontal.

El tercer lugar de incidencia en el TNC corresponde a los descansos (17.9%), tomados básicamente por los 02 operarios de apisonador canguro, al oficial que tenía labores mixtas y el peón que afinaba el material de relleno. Por último, los viajes no contributivos (8.2%) se refieren a traslados para realizar labores no contributivas como las ausencias o descansos.

5.5.1.2. Evaluación parámetros de productividad de Actividad 05

Evaluando los análisis de precios unitarios (APU) especificados en el Expediente Técnico del proyecto, la velocidad estipulada para esta partida fue de 103.9 m/día. En consecuencia, se calculó el Índice de productividad (IP) y Costo Unitario (C.U.) para la cuadrilla conformada por 02 operarios de apisonador canguro, 01 operador de minicargador frontal, 01 oficial y 01 peón. Igualmente, se consideró el aporte de 0.1 del capataz, tal como lo dicta el APU del Expediente Técnico.

Este cálculo puede visualizarse en la Tabla E-44 del Anexo “E”, la cual explica que el Índice de productividad de la cuadrilla para esta actividad es de 0.392 hh/m, considerando la velocidad definida en el APU y la jornada diaria de 8 horas. Del mismo modo, calcula el costo unitario de la mano de obra (S/.8.42) considerando los precios por tipo de trabajador definidos en el expediente técnico del proyecto.

Por otra parte, la Tabla E-45 del Anexo “E” desarrolla el mismo análisis de precios unitarios que la tabla anterior pero calculada con la velocidad real de 27.9 m/día, parámetro calculado en la Tabla N°23. Se definió la productividad de mano de obra (IP) en campo la cual es 1.462 hh/m, así como el costo unitario de la mano de obra que resultó S/. 31.39. Se tomó en cuenta

el aporte a la cuadrilla del capataz (0.1 de la cuadrilla) para establecer una comparación directa con los parámetros calculados del APU del Expediente Técnico, a pesar de que el Capataz no fue muestreado en el análisis de cartas balance.

Tabla N°32. Cuadro comparativo de parámetros Velocidad, Índice de Productividad (IP) y Costo Unitario (C.U.) – Actividad 05.

Velocidad APU	103.9 m/día
Velocidad campo	27.9 m/día
IP APU	0.392 hh/m
IP Campo	1.462 hh/m
C.U. APU	S/. 8.42
C.U. Campo	S/. 31.39

Nota: Elaboración propia

La Tabla N°32 exhibe los parámetros correspondientes a los muestreos de campo (velocidad, Índice de productividad y costo unitario de mano de obra), comparándolos con los extraídos del Análisis de precios unitarios del Expediente Técnico. En el caso de la velocidad, la del APU es aproximadamente un 73.1% mayor que la encontrada en campo mediante los muestreos.

En ese sentido, la eficiencia de la productividad de mano de obra encontrada en el APU es mayor en 73.1% respecto a la productividad calculada en campo. Esto se debe a que el IP verificado en campo requiere más horas - hombre para ejecutar 01 m de relleno y compactación, en comparación con el IP del APU.

Finalmente, el costo unitario de mano de obra calculado con la velocidad de campo es S/. 22.97 más caro que el costo unitario calculado en base a la velocidad propuesta por el APU.

5.5.1.3. Cálculo de pérdidas totales potenciales para Actividad 05

Para evaluar mejor los parámetros de costo y tiempo, se estimará el costo total y “horas – hombre” totales para la Actividad 05 (Relleno y compactación de zanja) considerando el metrado total del proyecto. El nombre exacto de esta partida en el Expediente Técnico es “Relleno com.zanja (pulso) p/tub t-normal DN 100 – 150 de 1,01 a 1,25 m prof.”, la cual hace

referencia al relleno compactado de zanja en terreno normal para tubería de tipo DN 100 a DN 150 para profundidades de 1.01 a 1.25 m. Esta tiene concordancia directa con la Actividad 02 (excavación en terreno normal), pues corresponden al mismo tipo de tubería, terreno y profundidades de excavación, ostentando la misma cantidad de metrado.

De este modo, la Tabla E-46 del Anexo “E” suma todo el metrado en las diferentes troncales estratégicas donde se debe llevar a cabo la actividad de relleno y compactación de zanja en terreno normal para el tipo de tubería mencionada, resultando un metrado total de 2893.37 metros. Tomando esto como punto de partida, se pueden configurar las siguientes tablas.

Tabla N°33. Costo total del proyecto para ejecutar la Actividad 05.

	Costo Unitario M.O. (S/.)	Metrado total (m)	Costo total partida (S/.)
APU	8.42	2893.37	24 362.17
Campo	31.39	2893.37	90 822.88

Nota: Elaboración propia.

La Tabla N°33 permite visualizar que, de acuerdo con los valores estimados por los Análisis de precios unitarios del Expediente Técnico, el costo total estimado es S/. 24 362.17 para esta partida. Sin embargo, debido a los problemas de productividad el costo total de la partida se encarecería hasta S/. 90 822.88, es decir, S/. 66 460.71 adicionales a lo estimado por el APU.

Tabla N°34. “Horas – hombre” totales del proyecto para ejecutar la Actividad 05.

	Productividad M.O. (hh/m)	Metrado total (m)	Horas - hombre totales
APU	0.392	2893.37	1134.2
Campo	1.462	2893.37	4230.1

Nota: Elaboración propia.

La Tabla N°34 establece que los Análisis de precios unitarios del Expediente Técnico definen que para cubrir la totalidad del metrado de relleno y compactación se necesitarían 1134.2 “horas – hombre”. No obstante, debido a los problemas de productividad en campo, las “horas

– hombre” totales ascenderían a 4230.1, es decir, 3093.9 “horas – hombre” más a lo estimado por el APU. Por lo tanto, la ejecución total de la partida se haría 73.1% más cara.

En ese aspecto, de acuerdo con la Figura N°41, el 26.3% del tiempo total trabajado por la cuadrilla analizada es Trabajo No Contributorio, el cual cae en la categoría de pérdida. Si se continúa con dicha tendencia, para el final de la ejecución contractual se habrían perdido S/. 23 886.42, correspondiente a 1112.5 “horas – hombre” sólo en esta partida, lo cual equivale al porcentaje de Trabajo No Contributorio.

5.5.2. Propuestas de mejora de productividad para Actividad 05

Analizando la Figura N°43, son las ausencias y las esperas las principales fuentes de pérdida para esta cuadrilla específica, por lo que se proponen las siguientes medidas de mejoramiento.

- Evaluar balance de cuadrilla: Dado que las ausencias fueron la principal fuente de pérdida (pues 01 integrante de la cuadrilla se ausentó por un tiempo importante en cada uno de los dos muestreos), puede evaluarse la conveniencia de reducir 01 integrante de esta. Probablemente, sólo sean necesarios 04 integrantes que estén permanentemente durante todo el trabajo, en vez de apostar por 05 en el que uno es prescindible.
- Pilas de material de relleno mejor distribuidas para minicargador frontal: Las esperas fueron la segunda fuente de pérdida y estas se debieron a la lentitud de traslado de material de relleno del minicargador frontal. Se propone colocar pilas de material de relleno mejor distribuidas a lo largo de la línea de zanja para que el minicargador frontal no tenga que hacer viajes tan largos desde la pila principal hasta la zona donde se requiere el relleno.

- Debido a lo agotadora de la tarea, los descansos fueron el tercer proceso más incidente en el TNC, de modo que se propone colocar fuentes de agua helada para el consumo de los obreros más cerca de la zona de trabajo.
- Incremento de la velocidad de avance mediante comunicación directa con actividades de ruta crítica: Si bien es cierto, el trabajo productivo de esta cuadrilla es más del 50%, este valor se ciñe a un tramo relativamente reducido respecto al proyectado inicialmente por el Expediente Técnico. De hecho, como se verificó en el apartado anterior, la velocidad de avance en campo es 71.1% menor a la velocidad de avance proyectada. Esta velocidad de avance tiene que ver directamente con las actividades previas necesarias: Excavación de zanja, refine y nivelación, preparación cama de apoyo y tendido de tubería. La velocidad de avance de relleno y compactación depende directamente del avance de estas actividades previas, por lo que es menester tomar esta serie concatenada de actividades como un flujo de procesos también. Se propone aumentar la velocidad de avance mediante un proceso de planificación conjunto mucho más eficiente y claro.

5.6. Discusión de Resultados Generales

5.6.1. Porcentajes de TP, TC y TNC de las 05 actividades

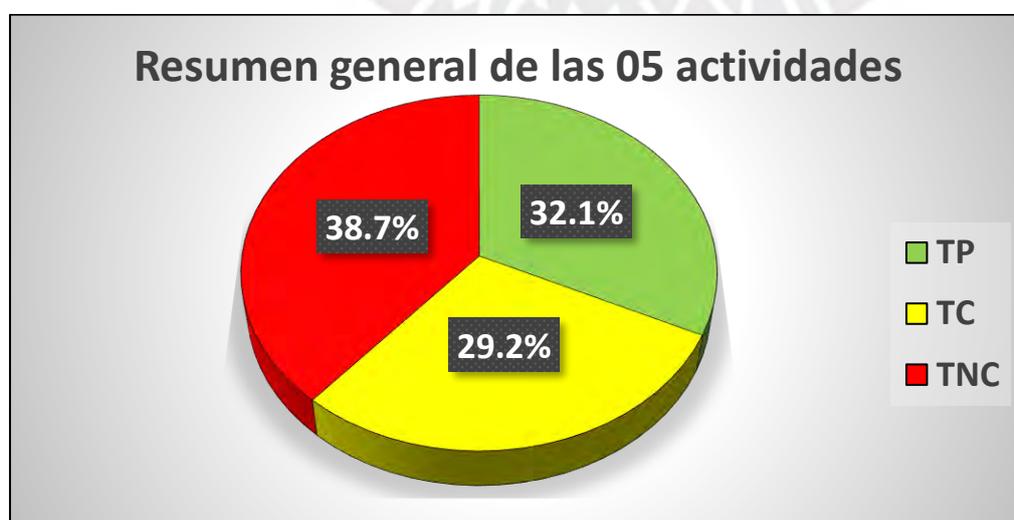


Figura N°44. Tiempos productivos promedio por las 05 actividades evaluadas. Elaboración propia.

La Figura N°44 representa el promedio de los tiempos productivos para las 05 actividades en su conjunto, resultando un trabajo productivo del 32.1%, un trabajo contributorio del 29.2% y un trabajo no contributorio del 38.7%, resultando este el tipo de trabajo mayoritario.

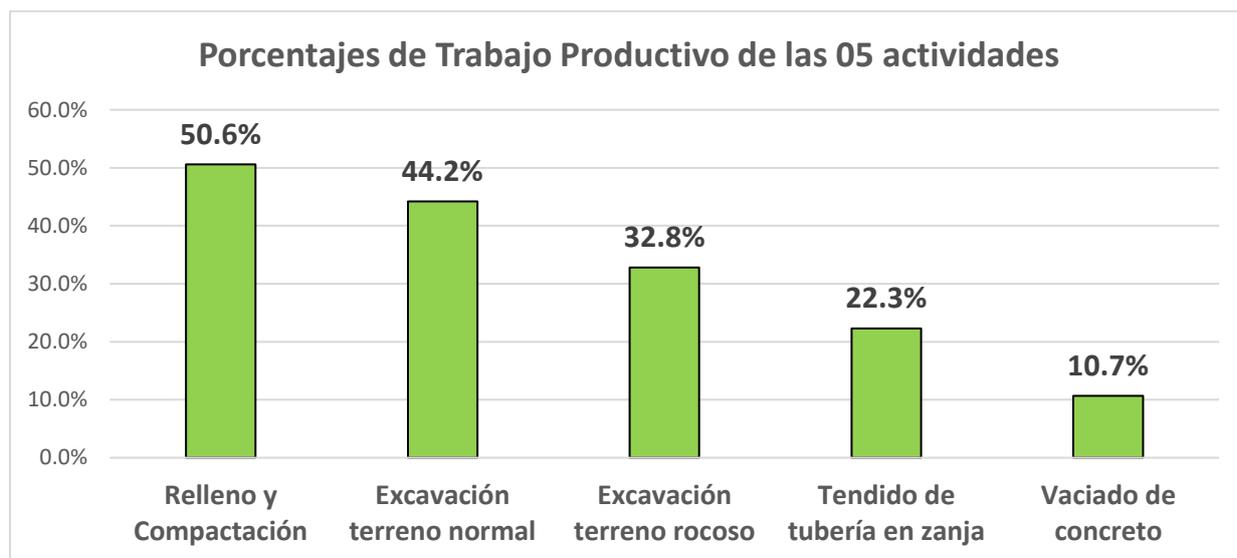


Figura N°45. Valores de Trabajo Productivo calculados en las 05 actividades evaluadas. Elaboración propia.

La Figura N°45 realiza un comparativo entre los porcentajes de TP en cada una de las actividades evaluadas, concluyendo que la actividad que más porcentaje productivo aportó fue la de “Relleno y Compactación de zanja” (50.6%), siendo la única actividad en superar el 50%. Cabe resaltar que, en esta actividad, los operarios de apisonador canguro, Herrera y Huaroc, fueron los que más trabajo productivo aportaron a su cuadrilla dentro de todo el universo de trabajadores analizados: Herrera aportó 73.4% de TP mientras que Huaroc aportó 69.3%. Por lo tanto, el tipo de trabajador más productivo en este proyecto fueron los operarios de apisonador canguro.

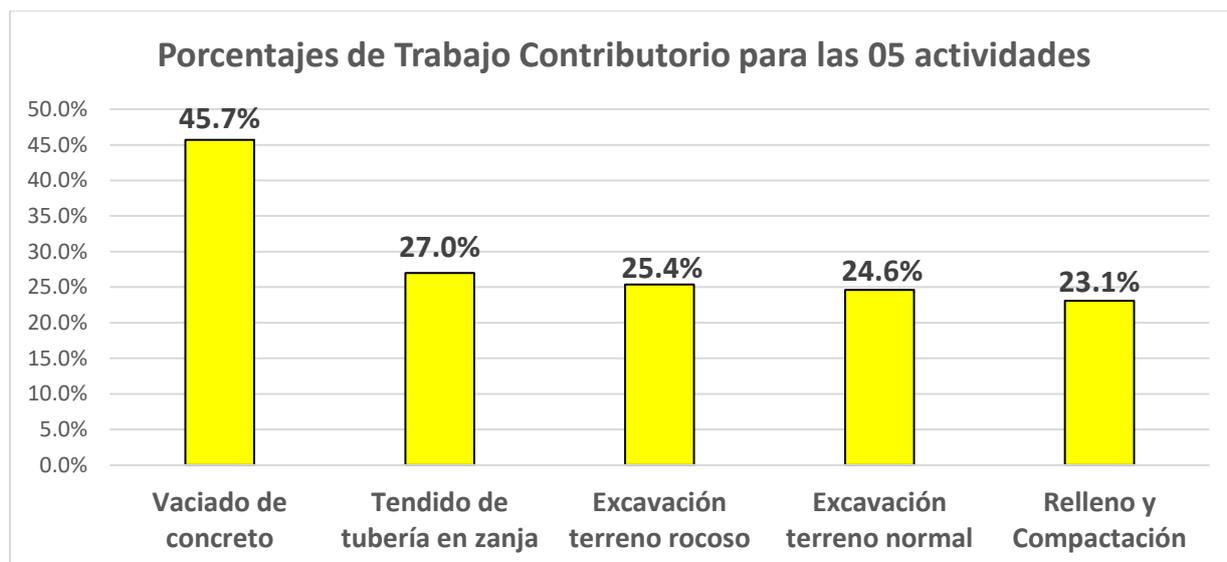


Figura N°46. Valores de Trabajo Contributorio calculados en las 05 actividades evaluadas. Elaboración propia.

Asimismo, es curioso ver que el orden de decrecimiento del Trabajo Contributorio presentado en la Figura N°46 es exactamente la inversa al orden del Trabajo Productivo exhibido en la Figura N°45. Sin embargo, sería muy osado afirmar que es una relación inversamente proporcional puesto que los valores de TC planteados por la Figura N°46 son sumamente cercanos entre sí (a excepción del “Vaciado de concreto”).

Así, se concluye que la actividad que aporta el porcentaje de Trabajo Contributorio más alto es el “Vaciado de concreto en anillo de reservorio” (45.7%), coincidiendo con el hecho de que es la actividad con el Trabajo Productivo más bajo (10.7%). Esto tiene sentido debido a que la mitad de la totalidad de la cuadrilla del vaciado sólo se dedicó a labores contributorias.

De igual modo, puede afirmarse que todas las actividades referentes a la ejecución de líneas de agua potable (Actividades 02 a la 05) tienen valores de Trabajo Contributorio muy cercanos entre sí, estando dentro del rango entre el 23% al 27%.

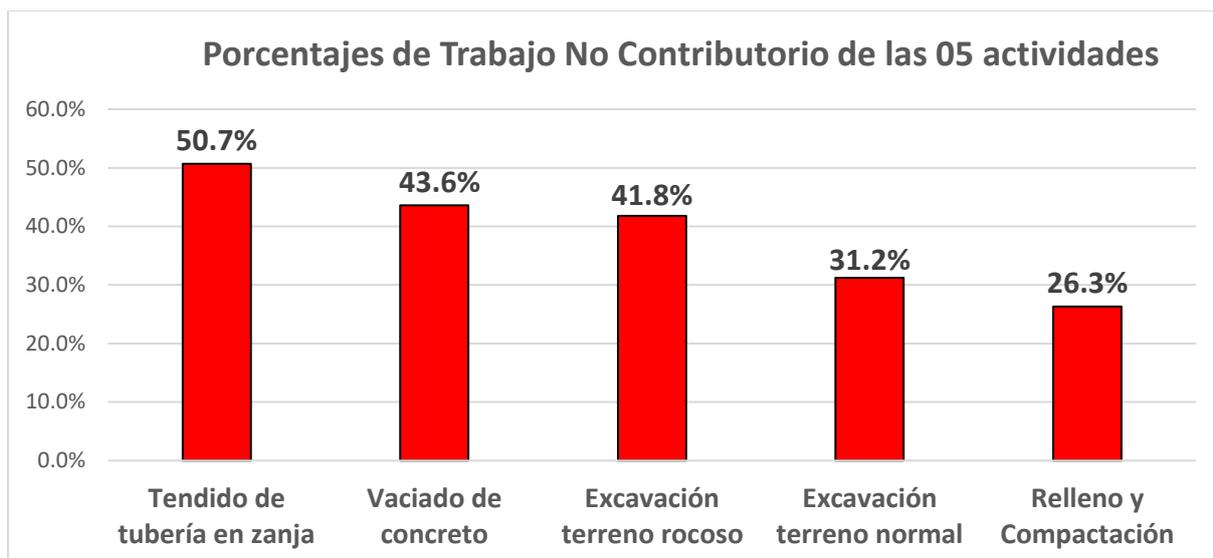


Figura N°47. Valores de Trabajo No Contributorio calculados en las 05 actividades evaluadas. Elaboración propia.

De igual manera, tal como señala la Figura N°47, la actividad con el porcentaje de pérdida más grande es el “Tendido de tubería en zanja” (50.7%), siendo la única actividad en superar el 50% de TNC. La sigue el “Vaciado de concreto” (43.6%) y la “Excavación en terreno rocoso” (41.8%). Por el contrario, la actividad que ostenta el porcentaje de TNC más bajo es “Relleno y Compactación” (26.3%), coincidiendo en ser la actividad con el TP más alto (50.6%).

Examinando dichos porcentajes de TNC, pueden armarse las dos siguientes tablas para verificar las pérdidas totales en Costo y en Hora – Hombre (en Actividades 02 a la 05).

Tabla N°35. Pérdidas totales en costo de mano de obra por Trabajo No Contributorio – Líneas de abastecimiento de agua potable

Actividad	Costo por el metrado total (S/.)	% TNC	Pérdidas por TNC (S/.)
Excavación zanja terr. Rocosos	283 721.29	41.8%	118 595.49
Excavación zanja terr. Normal	54 279.62	31.2%	16 935.24
Tendido tubería en zanja	37 866.65	50.7%	19 198.39
Relleno y compactación zanja	90 822.88	26.3%	23 886.42
TOTAL			178 615.54

Nota: Elaboración propia.

La Tabla N°35 permite concluir que las pérdidas totales en costo de mano de obra por los procesos no contributorios en las actividades analizadas ascienden a S/. 178 615.54.

Tabla N°36. Pérdidas totales en Horas - Hombre por Trabajo No Contributivo – Líneas de abastecimiento de agua potable

Actividad	Total HH	% TNC	Pérdidas por TNC (HH)
Excavación zanja terr. Rocoso	14816.91	41.8%	6193.5
Excavación zanja terr. Normal	2864.44	31.2%	893.7
Tendido tubería	1904.49	50.7%	965.6
Relleno y compactación	4230.1	26.3%	1112.5
	TOTAL		9165.3

Nota: Elaboración propia.

La Tabla N°36 lleva a concluir que las pérdidas totales en Horas - Hombre por los procesos no contributivos en las actividades analizadas ascienden a 9165.3 Horas - Hombre.

Tabla N°37. Media aritmética y Desviación Estándar (S) para valores de TP, TC y TNC

Tipo de Trabajo	Media aritmética	S (Desviación Estándar)
TP	32.12%	16.15
TC	29.16%	9.35
TNC	38.72%	9.84

Nota: Elaboración propia.

La Tabla N°37 calcula la media aritmética y la Desviación Estándar de cada uno de los valores mostrados en las Figuras N°45, N°46 y N°47. Cabe recalcar el hecho de que la mayor variabilidad de porcentajes la tiene el Trabajo Productivo, pues exhibe la Desviación Estándar más alta (mayor dispersión de valores), lo cual tiene sentido dado que su rango de variabilidad va desde el 10.7% al 50.6%. Esto permite concluir que, en este proyecto, el Trabajo Productivo es el que potencialmente tiene más variabilidad para cada actividad analizada, por lo que es el más susceptible de subir o bajar más, dependiendo del tipo de cuadrilla o trabajo realizado.

5.6.2. Principales pérdidas en las 05 actividades

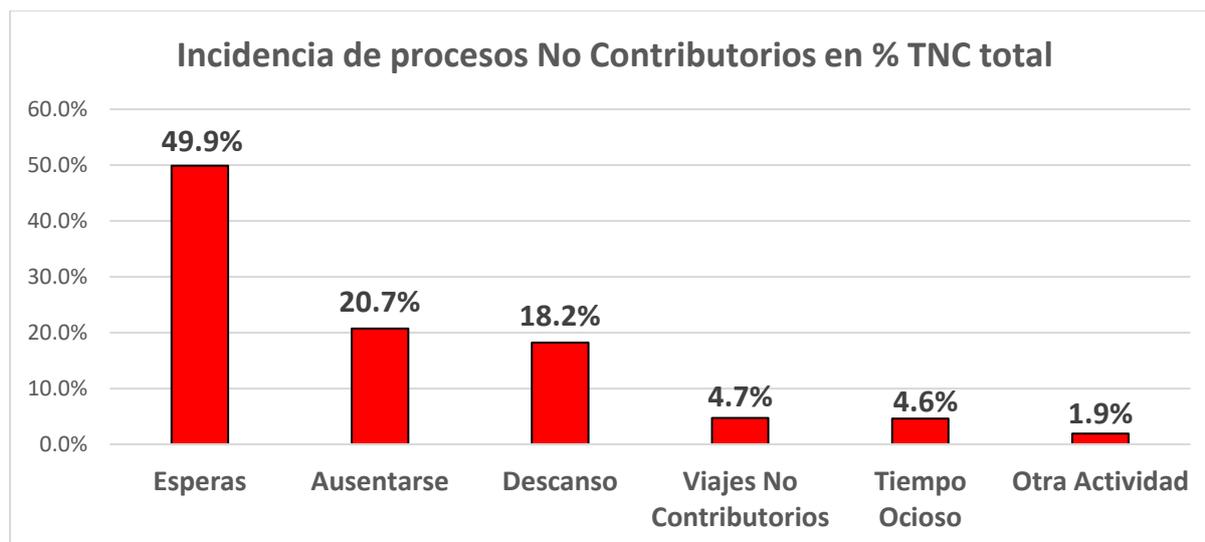


Figura N°48. Incidencia de cada tipo de pérdida en el porcentaje de TNC total en las 05 actividades. Elaboración propia.

La Figura N°48 revela que el tipo de TNC más incidente en el porcentaje total de pérdidas es el proceso “Esperas” (49.9%). Es decir, si se suman todos los procesos no contributorios de todas las cartas balance realizadas, casi la mitad de estos se aglutinan en “Esperas”. Muy por debajo, en segundo término, se ubica el proceso “Ausentarse” (20.7%) y le sigue muy de cerca el proceso “Descansar” (18.2%).

De esta forma, se concluye que la pérdida más común en las actividades analizadas en este proyecto corresponde a las “Esperas”. Las causas específicas para cada actividad están detalladas en los cinco primeros subtítulos de la discusión de resultados, sin embargo, viéndolo desde un punto de vista global, tiene sentido que las esperas sean la principal fuente de pérdidas en este proyecto, y eso se demuestra gracias al apartado siguiente.

5.6.3. Costo Unitario, Horas – Hombre y productividad en las 05 actividades

Es menester recordar que las cartas de balance de cuadrilla permiten diagnosticar los problemas específicos presentados en cada cuadrilla de trabajo para una actividad en particular. Las propuestas de solución específicas para cada cuadrilla se encuentran los 05 primeros subtítulos del apartado V de la presente tesis. Sin embargo, se puede llegar a nuevos descubrimientos observando el panorama general del proyecto.

Tabla N°38. Costo total de mano de obra en las líneas de agua potable.

	Costo mano de obra por el metrado total (S/.)				Suma total (S/.)
	Excavación zanja terr. Rocoso	Excavación zanja terr. Normal	Tendido tubería	Relleno y compactación	
APU	193 786.10	8680.11	10 043.22	24 362.17	23 6871.6
Muestreo campo	283 721.29	54 279.62	37 866.65	90 822.88	466 690.44
Diferencia	-89 935.19	-45 599.51	-27 823.43	-66 460.71	-229 818.84
% Diferencia	-31.7%	-84.0%	-73.5%	-73.2%	-49.2%

Nota: Elaboración propia.

A continuación, tomando como referencia la Tabla N°38, puede concluirse que el costo total de mano de obra de las líneas de agua potable para las Actividades evaluadas se encarecería en S/. 229 818 de continuarse trabajando con los mismos problemas de productividad, lo cual equivale al 49.2% adicional de lo que se tenía presupuestado inicialmente. La diferencia más crítica del costo real en campo respecto al proyectado la registra la Actividad “Excavación de zanja en terreno normal”, con un 84% de divergencia entre ambas cifras.

Tabla N°39. “Horas – Hombre” totales en las líneas de agua potable

	Cantidad horas - hombre totales				Suma total HH
	Excavación zanja terr. Rocoso	Excavación zanja terr. Normal	Tendido tubería	Relleno y compactación	
APU	10 125.33	462.94	505.88	1134.2	12 228.35
Muestreo campo	14 816.91	2864.44	1904.49	4230.1	23 815.94
Diferencia	-4691.58	-2401.5	-1398.61	-3095.9	-11 587.59
% Diferencia	-31.7%	-84.0%	-73.4%	-73.2	-48.60%

Nota: Elaboración propia.

Adicionalmente, tomando como base la Tabla N°39, se llega a la conclusión de que la cantidad total de “Horas – Hombre” para ejecutar las líneas de agua potable para las Actividades evaluadas aumentarían en 11 587.59 HH de continuarse trabajando con los mismos problemas de productividad, lo cual equivale al 48.6% adicional de lo que se tenía proyectado inicialmente. La diferencia más crítica entre la cantidad de “Horas – Hombre” en campo respecto a la cantidad proyectada la registra la Actividad “Excavación de zanja en terreno normal”, con un 84% de divergencia entre ambas cifras.

Tabla N°40. Cuadro comparativo Índices de productividad APU Vs. Índices de productividad en Campo

	Productividad (hh/m ³)	Productividad (hh/m)			
	Vaciado concreto	Excavación zanja terr. Rocoso	Excavación zanja terr. Normal	Tendido tubería	Relleno y compactación
APU	3.87 hh/m ³	3.82	0.159	0.068	0.392
Muestreo campo	4.68 hh/m ³	5.59	0.99	0.256	1.462
% Diferencia	-18.6%	-31.7%	-83.9%	-73.4%	-73.2%

Nota: Elaboración propia.

La Tabla N°40 contiene los Índices de productividad proyectados en el Análisis de precios unitarios del Expediente técnico, comparándolas con los Índices de productividad calculados tomando como base los muestreos de carta balance realizados en campo.

De la tabla, puede concluirse que la Actividad “Excavación de zanja en terreno normal” es la partida cuya productividad difiere más de la productividad proyectada por su APU (83.9%), seguida de “Tendido de tubería en zanja” (73.4%) y Relleno y compactación (73.2%). Estas diferencias en porcentaje coinciden con las divergencias en los costos y cantidad de horas – hombre expuestas en las Tablas N°38 y N°39.

5.6.4. Cuello de botella en líneas de agua potable

Tabla N°41. Cuadro comparativo Velocidades del APU Vs. Velocidades en Campo

	Velocidad (m ³ /día)	Velocidad (m/día)			
	Vaciado concreto	Excavación zanja terr. Rocoso	Excavación zanja terr. Normal	Tendido tubería	Relleno y compactación
APU	25	12.78	206.09	360	103.9
Muestreo campo	20.67	8.73	33.1	96.7	27.9
% Diferencia	-17.32%	-31.70%	-83.9%	-73.10%	-73.10%

Nota: Elaboración propia

La Tabla N°41 permite concluir que la velocidad de avance de cada actividad afecta directamente la eficiencia global del proyecto, debido a que, gracias a ella, se pudo calcular los

valores de productividad, cantidad de “Horas – Hombre” y “Costo total” reflejados en las Tablas N°37, N°38 y N°39 respectivamente. Así, la Tabla N°40 contiene las velocidades de avance proyectadas en el Análisis de precios unitarios del Expediente técnico, comparándolas con las velocidades de avance calculadas tomando como base los muestreos de carta balance realizados en campo.

Es interesante señalar que la actividad cuya velocidad de avance difiere menos con la del APU es el “Vaciado de concreto en anillo de reservorio” (17.32%) y, a su vez, es la actividad que obtuvo menor porcentaje de TP entre las cinco. Por lo tanto, la actividad cuya velocidad de avance fue mejor estimada por el APU en el Expediente Técnico fue el “Vaciado de concreto”, a pesar de haber aportado menor porcentaje de Trabajo Productivo.

Una conclusión muy importante que puede extraerse de la Tabla N°40 es que la Actividad “Excavación de zanja en terreno normal” es la partida cuya velocidad de avance difiere más de la velocidad proyectada por su APU (83.9%), seguida de “Tendido de tubería en zanja” (73.1%) y Relleno y compactación (73.1%). Da la casualidad de que estas tres actividades forman parte de la secuencia concatenada de pasos para ejecutar una línea de agua potable:

- Excavación de zanja en terreno normal
- Refine y nivelación en terreno normal
- Preparación de cama de apoyo en terreno normal
- Tendido de tubería
- Relleno y compactación en terreno normal

Por lo tanto, estas tres actividades están concatenadas y no puede pasarse a la siguiente sin haber finalizado la anterior. Cabe resaltar que la actividad evaluada “Excavación en terreno rocoso” no sería parte de esta concatenación en específico puesto que los muestreos de “Tendido de tubería” y “Relleno y Compactación” fueron realizados en terreno normal.

En vista de lo anteriormente expuesto, se concluye que la actividad que potencialmente puede constituir un cuello de botella es el de “Excavación en terreno normal”. Esto se debe a que la velocidad de avance de esta actividad es 33.1 m/día, superada por la velocidad de “Tendido de tubería” que es 96.7 m/día, y seguida muy de cerca por la velocidad de avance de “Relleno y compactación” que resulta 27.9 m/día.

En conclusión, el cuello de botella que representa “Excavación en terreno normal” condena a las actividades siguientes a seguir su ritmo de avance, a pesar de que las actividades sucesivas tengan potencialmente mayor velocidad de avance o sean más productivas, siendo esto una falla en el debido flujo de procesos.



Capítulo VI: Conclusiones y recomendaciones

6.1. Conclusiones

6.1.1. Resumen general de las conclusiones alcanzadas

- El promedio de todas las cartas balance realizadas para las 05 actividades evaluadas arroja un 32.1% de Trabajo Productivo, 29.2% de Trabajo Contributorio y 38.7% de Trabajo No Contributorio, por lo que la mayor parte del tiempo de los procesos analizados ha sido pérdida.
- La actividad que ostenta mayor porcentaje de Trabajo Productivo es “Relleno y Compactación” (50.6%) seguido de “Excavación en terreno normal” (44.2%), “Excavación en terreno rocoso” (32.8%), “Tendido de tubería en zanja” (22.3%) y, por último, “Vaciado de concreto en anillo de reservorio” (10.7%).
- Entre los tres tipos de trabajo, el TP es el que mayor variabilidad muestra alcanzando una desviación estándar “S” de 16.15, en contraposición con las desviaciones estándar de TC y TNC (9.35 y 9.84 respectivamente). Este hecho permite concluir que, en este proyecto, el Trabajo Productivo es el que potencialmente tiene más variabilidad, por lo que es más susceptible de aumentar o disminuir dependiendo del tipo de cuadrilla o trabajo realizado.
- La actividad que demuestra mayor porcentaje de Trabajo Contributorio es “Vaciado de concreto en anillo de reservorio” (45.7%) seguido de “Tendido de tubería en zanja” (27%), “Excavación en terreno rocoso” (25.4%), “Excavación en terreno normal” (24.6%) y, finalmente, “Relleno y compactación” (23.1%). La actividad 01 exhibe ese porcentaje tan elevado de TC porque la mitad de su cuadrilla se dedicó únicamente a labores contributorias y, simultáneamente, es la actividad con el porcentaje de trabajo productivo más bajo.
- La actividad que presenta mayor porcentaje de Trabajo No Contributorio es “Tendido de Tubería en zanja” (50.7%) seguido de “Vaciado de concreto en anillo de reservorio” (43.6%),

“Excavación en terreno rocoso” (41.8%), “Excavación en terreno normal” (31.2%) y “Relleno y compactación” (26.3%).

- Los trabajadores que mayor porcentaje de Trabajo Productivo mostraron fueron los dos operarios de apisonador canguro, quienes se dedicaron netamente a compactar el terreno en la actividad “Relleno y compactación” y alcanzaron porcentajes de TP de 73.4% y 69.3% respectivamente. Por lo que existen la tendencia que este tipo de trabajador sea el más productivo.

- Tomando en cuenta los porcentajes de Trabajo No Contributorio obtenidos de la investigación y evaluando el costo total de mano de obra para el metrado total de cada actividad estudiada, se concluye que, debido a los problemas de productividad, las pérdidas potenciales totales en costo de mano de obra ascienden S/. 178 615.54 para las cuatro actividades relacionadas con líneas de agua potable (Ver Tabla N°35).

- Teniendo presente los porcentajes de Trabajo No Contributorio calculados en el estudio y analizando el costo total de mano de obra para el metrado total de cada actividad muestreada, se concluye que, debido a los problemas de productividad, las pérdidas potenciales totales en horas - hombre ascienden 9165.3 hh para las cuatro actividades relacionadas con líneas de agua potable (Ver Tabla N°36).

- Si se analiza los procesos incluidos en el Trabajo No Contributorio, el más incidente, por lejos, es el proceso “Esperas” (49.9%) seguido de “Ausentarse” (20.7%), “Descansos” (18.2%), “Viajes No Contributorios” (4.7%), etc. Es decir, las “Esperas” representan la mitad de las pérdidas totales y, en consecuencia, es el tipo de pérdida en el que se tienen que invertir más esfuerzos para eliminar.

- Ninguna de las actividades cumple en el campo los valores de velocidad de producción ni índice de productividad estipulados por los Análisis de Precios Unitarios del Expediente

Técnico del Proyecto. En el caso de “Vaciado de Concreto en anillo de reservorio” la velocidad y el índice de productividad empeora en un 17.32% respecto al APU, en el caso de “Excavación en terreno rocoso” empeora en un 31.7%, en “Excavación en terreno normal” desciende en un 83.9%, en “Tendido de tubería” se agrava en 73.1% y, por último, en el caso de “Relleno y compactación” se desmejora en 73.1% (Ver Tablas N°40 y N°41).

- La variación en la velocidad de producción y el índice de productividad proyectado en los Análisis de Precios Unitarios provoca un aumento en costo total de mano de obra y cantidad total de horas – hombre del 49% (Ver Tablas N°38 y N°39).

- La consecuencia directa del empeoramiento de la velocidad de producción y el índice de productividad respecto a los APU del Expediente es que aumenta el Costo Unitario de mano de obra de cada una de las partidas de las actividades analizadas. En el caso de las cuatro actividades relacionadas con líneas de agua potable, el potencial costo total se encarecería desde S/.236 871.6 hasta S/.466 690.44 (Ver Tabla N°38).

- El desmejoramiento de la velocidad de producción y el índice de productividad respecto a los APU del Expediente aumenta la cantidad de horas – hombre necesarias para cumplir con el avance de las partidas. En el caso de las cuatro actividades necesarias para ejecutar líneas de agua potable, el aumento potencial en horas – hombre va desde 12 228.35 HH hasta 23 815.94 HH (Ver Tabla N°39).

- Ha sido posible plantear propuestas de mejoramiento específicas para cada una de las actividades estudiadas, en base a sus problemas de productividad específicos. Sin embargo, también se pueden plantear propuestas de mejora tomando el flujo de procesos global, enfocando la atención en la actividad cuello de botella a continuación.

- La actividad “Excavación en terreno normal” representa un cuello de botella para las actividades concatenadas a ella, las cuales son “Tendido de tubería” y “Relleno y

Compactación”. Esto se debe a que “Excavación en terreno normal” ostenta una velocidad de producción de 33.1 m/día, mientras que “Tendido de tubería” y “Relleno y compactación” muestran una velocidad de 96.7 m/día y 27.9 m/día respectivamente. Por lo que las actividades siguientes están obligadas a reducir su velocidad de avance para adaptarse al cuello de botella. Por este motivo, “Excavación en terreno normal” es la actividad en la que debe enfocarse con más incidencia el plan de mejoramiento.

6.1.2. Respuesta a preguntas de investigación

En el Planteamiento del Problema (Capítulo I) se formularon preguntas específicas de investigación que se responderán a continuación.

En primer lugar, ante la pregunta específica “¿Puede medirse la productividad de la mano de obra en su dimensión de *costo* en una obra de instalación de agua potable mediante Cartas Balance?” la respuesta es sí. Pudo medirse el índice de productividad real de cada actividad y, en base a este parámetro, se calculó el Costo Unitario de cada partida empleando los Análisis de Precios Unitarios. Mediante las cartas balance, se pudo calcular un porcentaje de Trabajo No Contributorio, el cual permitió conocer las pérdidas potenciales totales en costo de mano de obra para el metrado de cada actividad, realizando así un análisis de la productividad general del proyecto en su dimensión de costo, tal como se detalló en el apartado 6.1.1.

En segundo lugar, ante la pregunta específica “¿Puede medirse la productividad de la mano de obra en su dimensión de *horas - hombre* en una obra de instalación de agua potable mediante Cartas Balance?” la respuesta es sí. Pudo medirse el índice de productividad real de cada actividad y, en base a este valor, se halló la cantidad total de horas – hombre para ejecutar el metrado total de cada partida. Gracias a las cartas balance, se pudo llegar a un porcentaje de Trabajo No Contributorio, el cual permitió conocer las pérdidas potenciales totales en horas -

hombre para el metrado de cada actividad, realizando así un análisis de la productividad general del proyecto en su dimensión de horas – hombre, justo como se expuso en el apartado 6.1.1.

En tercer lugar, frente a la pregunta específica “¿Puede medirse la productividad de la mano de obra en su dimensión de *velocidad de producción* en una obra de instalación de agua potable mediante Cartas Balance?” la respuesta es sí. Pudo medirse la velocidad de producción real de cada actividad durante los muestreos de cartas balance y, en base a este valor, se calculó el índice de productividad, estando ambos parámetros estrechamente relacionados para el análisis de la productividad. La velocidad de producción fue un valor muy importante para el análisis de productividad puesto que, gracias a ella, se alcanzaron todos los demás parámetros.

En cuarto lugar, respecto a la pregunta específica “¿Pueden plantearse propuestas de solución para mejorar la productividad haciendo los procesos más eficientes y/o balanceando la cuadrilla?” la respuesta es sí porque en cada uno de los apartados de la Discusión de Resultados se plantearon propuestas de solución específicas para cada una de las actividades, apuntando a eliminar o minimizar las pérdidas encontradas y balanceando la cuadrilla cuando fue necesario.

En retrospectiva, la pregunta general de investigación “¿Puede medirse la productividad de la mano de obra en una obra de instalación de agua potable en Lima Metropolitana mediante Cartas Balance?” puede contestarse afirmativamente gracias a las razones expuestas para las preguntas específicas.

6.1.3. Validación de la hipótesis de investigación

La Figura N°44 representa el promedio de los tiempos productivos para las 05 actividades en su conjunto, resultando un Trabajo Productivo del 32.1%, un Trabajo Contributorio del 29.2% y un Trabajo No Contributorio del 38.7%. Llevando a cabo una comparación con el resumen de tiempos productivos del estudio de 50 obras en Lima efectuado por Virgilio Ghio en el 2001 (revelado en la Figura N°03 del Marco Teórico), el Trabajo

Productivo de la presente investigación es ligeramente mayor al de dicho estudio previo (32.1% versus 28% respectivamente).

Por lo tanto, se concluye que la hipótesis de investigación de la presente tesis se cumple. Si el proyecto “Incahuasi” hubiese sido la “obra número 51”, hubiera encajado dentro de los parámetros de productividad del diagnóstico hecho por Ghio. Sin embargo, se es consciente de que se requeriría llevar a cabo mayor cantidad de estudios de productividad en otras obras de abastecimiento de agua potable actualmente para poder establecer un panorama estadístico más representativo.

De igual modo, han pasado más de 20 años desde la elaboración del detallado y amplio estudio de Virgilio Ghio, por lo que inicialmente se infirió que el resultado de trabajo productivo debería ser mucho más alto debido a los avances en tecnología y en planificación en la construcción. No obstante, tal como se analizó en la discusión de resultados, algunas prácticas y limitaciones de mano de obra aún se mantienen hasta la actualidad.

En lo que respecta al trabajo contributorio y no contributorio, como se vislumbra en la Figura N°06, el estudio de Ghio tiende a equilibrarlos más (36% y 36% respectivamente). Esto marca una diferencia con el resultado final del presente enfoque, puesto que la Figura N°93 demuestra que el porcentaje de TNC es casi 10% mayor que el TC. Inclusive, el porcentaje de pérdida total en el presente estudio es el más incidente (38.7%) entre los 3 tipos de trabajo.

6.2. Recomendaciones

6.2.1. Cuadrilla anticipada de verificación de interferencias

Tal como se explicó en el apartado 5.3.2, la Actividad “Excavación en terreno normal” representa un cuello de botella por su incipiente velocidad de avance, la cual es muy lenta por la cantidad de interferencias subterráneas no estipuladas en el Expediente Técnico. Si bien es

cierto, el proyectista ya brinda una lista de interferencias existentes en su Estudio de Suelos y Geotecnia, en la práctica pueden encontrarse más de las planificadas.

Por este motivo, se hace imprescindible recomendar la evaluación para la implementación de una cuadrilla anticipada de verificación de interferencias conformada por 06 trabajadores especialistas en calicatas y 01 capataz. Durante la ejecución misma del proyecto, esta se encargaría de adelantarse aproximadamente 80 metros al trabajo de excavación en zona urbana, y llevar a cabo calicatas que permitan verificar y/o encontrar nuevas interferencias no estipuladas en el Expediente Técnico. El método podría ser a través de calicatas o empleando un georadar especializado.

Ahora bien, en el campo profesional, algunas empresas contratistas ya llevan a cabo esta práctica, pero fuera del costo total del proyecto. Es decir, estas empresas prefieren pagar de su bolsillo los costos concernientes a esta cuadrilla anticipada, antes que la obra se atrase y se generen ampliaciones de plazo que produzcan mayores pagos en gastos generales. No obstante, esta no es una labor en la que se haya llevado a cabo un estudio académico profundo.

¿Qué tan rentable saldría la instalación de esta cuadrilla anticipada? ¿O cuál sería la diferencia en costo entre implementarla o no hacerlo? ¿En cuánto aumenta la productividad global de una obra de instalación de agua potable gracias a este nuevo grupo de trabajadores? Estas preguntas van más allá del alcance de esta tesis, pero se recomienda seguir esta línea de estudio para futuras investigaciones.

6.2.2. Implementación de tren de actividades en el proyecto

Dado que las actividades para ejecutar una línea de agua potable (troncal o secundaria) son concatenadas y sucesivas, se recomienda la implementación de un tren de actividades ordenado y debidamente sectorizado en esta obra. Lógicamente, para poder planificar esto tendrían que resolverse los problemas del “cuello de botella” previamente descritos.

Para esto, se tendrían que plantear tramos largos de 200 metros de longitud aproximadamente para cada actividad del tren. En primer término, se excavarían 200 metros en el tramo I, posteriormente se refinarían y nivelaría el tramo I, mientras, simultáneamente, se excava el tramo II. Posteriormente, se excavaría el tramo III, al mismo tiempo que se refina y nivela el tramo II y se prepara la cama de apoyo del tramo I. Luego, se excavaría el tramo IV, simultáneamente al refine y nivelación del tramo III, a la preparación de cama de apoyo del tramo II y al tendido de tubería del tramo I. En la misma lógica, se excavaría el tramo V, al mismo tiempo que el refine y nivelación del tramo IV, la preparación de cama de apoyo del tramo III, el tendido de tubería del tramo II, y el relleno y compactación del tramo I. Y así sucesivamente.

El tren de actividades propuesto lógicamente podría variar en longitud dependiendo del terreno u otros factores, pero puede tomarse como base para una mejor planificación que mejore la velocidad de avance y, en consecuencia, la productividad.

6.2.3. Mayores estudios de productividad en obras de abastecimiento de agua potable

Se recomienda efectuar mayor cantidad de estudios de productividad con cartas balance en obras de saneamiento. Otros tipos de obra como las edificaciones han sido estudiadas con más profundidad, pero hace falta incidir en verificar qué pasa en la ejecución de una obra de saneamiento, especialmente porque es un rubro con un déficit de infraestructura muy alto en nuestro país.

Referencias Bibliográficas

AGÜERO, R. (2003). Agua Potable para poblaciones rurales – Sistema de abastecimiento por gravedad y sin tratamiento, Servicios Educativos Rurales SER. Perú

Ballard, G. y Howell, G. (1994). Implementing Lean Construction: Stabilizing Work Flow. Proceedings of the 2nd International Workshop on Lean Construction. Santiago de Chile.

BnAmericas, 2021. Disponible 24, Marzo, 2023. <https://www.bnamericas.com/es/noticias/peru-requiere-mas-de-us8500mn-para-cerrar-deficit-de-saneamiento-basico-de-corto-plazo#:~:text=Noticia,Per%C3%BA%20requiere%20m%C3%A1s%20de%20US%248.500mn%20para%20cubrir,saneamiento%20b%C3%A1sico%20de%20corto%20plazo&text=El%20regulador%20de%20saneamiento%20de,de%20saneamiento%20en%20el%20pa%C3%ADs.>

Bustos, A. (2021). Ingeniería de Costos: Productividad en la mano de obra aplicando Lean Construction. Costos MX. Ciudad de México, México.

Castillo, C. y Flores, M. (2016). Tesis: “Optimización de la mano de obra utilizando la carta balance en edificaciones multifamiliares (Caso: Cerezos de surco). Santiago de Surco – Lima”. Universidad San Martín de Porres. Lima, Perú.

Cerdas Esquivel, C. (2012). Productividad de la mano de obra en la construcción costarricense.

Diario Oficial El Peruano, 2021. Disponible 24, Marzo, 2023.

<https://elperuano.pe/noticia/121379-el-sector-construccion-genera-mas-de-un-millon-de-empleos-al-ano>

EALDE Business school, 2021. Disponible 24, Marzo, 2023.

https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/44144377/Diagrama_de_pareto-libre.pdf?1459094480=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DDiagrama_de_Pareto.pdf&Expires=1679791563&Signature=QpfpHoe80PBgB~0VFhgoMZC6yyT7hUxnPcnNiTHXbug9tOHDj6vOgCU0cYQ3fjSzCIXYxUR3W5YywVRZIT8xWK4RkstuJ00vllbgydehF93h3zhJbbJoBOAjQb~-R7f4V~4b7RSyfEsvH0aCzlzjclakW99DEbMLQ-zXuEW2v02m7gvILYJBghGIEQmdgJ8fpEdmRK44pg7XbjqzxCvFQtdZrpDbdJLGml04MlqYQhbAJUxlg5g2UQkl3d9sMMIwD0cEkvkcN8pbwyZQon6A6gZ2SAahFs6jArCCv9ndvIPHhUQDvTcjlEnCl6IRuES-3Ssiqr8vcrRkmq9F5eN9Q_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

García, Roberto (2005). Estudio del Trabajo. Ingeniería de métodos y medición de trabajo, 2da edición. México: McGraw Hill.

Ghio, V. (2001). Productividad en obras de construcción: Diagnóstico, crítica y propuesta. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.

Ghio, V. (2001). Guía para la Innovación tecnológica en la construcción. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile, Chile.

Fundibeq, 2002. Disponible 24, Marzo, 2023.
http://archivos.centrum.pucp.edu.pe/archivos/mbavirtual/EA/XXIV/recursos/diagrama_de_pareto.pdf

Goldratt, Eliyahu (2005). La Meta, 3ra ed. Madrid, España : Díaz de Santos Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P. (2014). Metodología de la Investigación, 5ta edición. México: McGraw Hill.

INEI. 2022. Disponible 24, Marzo, 2023. [https://m.inei.gob.pe/prensa/noticias/produccion-nacional-disminuyo-112-en-enero-de-2023-14297/#:~:text=Sector%20Construcci%C3%B3n%20disminuy%C3%B3%20en%2011,p%C3%BAblicas%20\(24%2C55%25\).](https://m.inei.gob.pe/prensa/noticias/produccion-nacional-disminuyo-112-en-enero-de-2023-14297/#:~:text=Sector%20Construcci%C3%B3n%20disminuy%C3%B3%20en%2011,p%C3%BAblicas%20(24%2C55%25).)

INEI, 2023. Disponible 24, Marzo, 2023. [https://m.inei.gob.pe/prensa/noticias/produccion-nacional-disminuyo-112-en-enero-de-2023-14297/#:~:text=Sector%20Construcci%C3%B3n%20disminuy%C3%B3%20en%2011,p%C3%BAblicas%20\(24%2C55%25\)](https://m.inei.gob.pe/prensa/noticias/produccion-nacional-disminuyo-112-en-enero-de-2023-14297/#:~:text=Sector%20Construcci%C3%B3n%20disminuy%C3%B3%20en%2011,p%C3%BAblicas%20(24%2C55%25))

ININVI. 1991. Infraestructura Sanitaria para Poblaciones Urbanas, Norma Técnica de Edificación S-100. Ira. Ed. Lima - Perú

Koskela, Lauri (1992). Application of the new production philosophy to construction. Finlandia: Stanford University.

Lázaro, H. y Valenzuela, N. (2016). Tesis: “Índices de productividad de la mano de obra con la aplicación de la carta balance en ocho obras viales de Lima Metropolitana 2019”. Universidad San Martín de Porres. Lima, Perú.

MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO. (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma Técnica de Obras de Saneamiento OS.010 Captación y conducción de agua para consumo humano. Perú

Morales, N y Galeas, J. (2006). Tesis: “Diagnostico y evaluación de la relación entre el grado de industrialización y los sistemas de gestión con el nivel de productividad en obras de construcción”. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.

Morillo, T. y Lozano, M. (2007). Tesis: “Estudio de la productividad en una obra de edificación”. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú

Meléndez, C. y Vega, J. (2021). Tesis: “Aplicación de cartas balance en partidas incidentes para mejorar rendimientos en proyectos viales de la región Tacna 2021”. Universidad Privada de Tacna. Tacna, Perú.

Ramírez, J. (2016). Tesis: “Estudio de factores de productividad enfocado en la mejora de la productividad en obras de edificación”. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.

Serpell, A. (1993). Administración de obras de construcción. Santiago de Chile: Ediciones de la Universidad Católica de Chile.

SEDAPAL (2023). Especificaciones Técnicas. Lima, Perú. <https://www.gob.pe/sedapal>

Souza, U.E.L (2000). Cómo medir la productividad de mano de obra en construcción civil. Encuentro Nacional de Tecnología de Ambiente en Construcción, 8. Sao Paulo, Brasil.

Vilca, M. (2014). Tesis: “Mejora de la productividad por medio de las cartas balance en las partidas de solaqueo y tarrajeo de un edificio multifamiliar”. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima, Perú.



Anexos

Anexo A: Panel fotográfico	Pag.
Actividad 01: Vaciado de concreto en anillo de reservorio	138
Actividad 02: Excavación de zanja en terreno rocoso	140
Actividad 03: Excavación de zanja en terreno normal	142
Actividad 04: Tendido de tubería en zanja	144
Actividad 05: Relleno y compactación de zanja	146
Anexo B: Figuras complementarias de Marco Teórico (Punto 2.0) y Metodología (Punto 3.0)	
CONTENIDO	Pag.
<i>Figura B-01.</i> Relación entre eficiencia, efectividad y productividad	147
<i>Figura B-02.</i> Ciclo de mejoramiento de la productividad	147
<i>Figura B-03.</i> Comparación de los enfoques de filosofías de producción	147
<i>Figura B-04.</i> Esquema básico de abastecimiento de agua potable	148
<i>Figura B-05.</i> Partes de un tanque de almacenamiento de agua apoyado	148
<i>Figura B-06.</i> Red de distribución desde el reservorio a las conexiones domiciliarias	149
<i>Figura B-07.</i> Red primaria y red secundaria de una red de abastecimiento	149
<i>Figura B-08.</i> Vista en corte. Antes y después de la actividad de refine y nivelación de zanja	150

<i>Figura B-09.</i> Vista en corte. Tubería tendida en cama de apoyo, dimensiones de especificación técnica de SEDAPAL	150
<i>Figura B-10.</i> Partes de la tubería y profundidad mínima	151
<i>Figura B-11.</i> Ejemplo de tabla y diagrama de Pareto	151
<i>Figura B – 12.</i> Formato de carta balance	152

Anexo C: Figuras complementarias de Datos Generales del proyecto (Punto 4.1) y Elección de Partidas a Analizar (Punto 4.2)

CONTENIDO	PAG.
<i>Figura C-01.</i> Ubicación del proyecto “Incahuasi” – Área encerrada en rojo	152
<i>Figura C-02.</i> Área de influencia del proyecto “Incahuasi”	153
<i>Figura C-03.</i> Adaptación de Presupuesto General	153
<i>Figura C-04.</i> Diagrama de Pareto del resumen del presupuesto general del proyecto	153
<i>Figura C-05.</i> Subcomponentes de “Obras civiles – Estructuras”	154
<i>Figura C-06.</i> Agrupamiento de tipos de obra para subcomponentes de “Obras Civiles – Estructuras”	154
<i>Figura C-07.</i> Diagrama de Pareto de obras civiles	154
<i>Figura C-08.</i> Vista en elevación RAP-01	155
<i>Figura C-09.</i> Subcomponentes de “Líneas de agua potable”	155
<i>Figura C-10.</i> Agrupamiento de tipos de obra para subcomponentes de “Línea de agua potable”	156

Figura C-11. Diagrama de Pareto para agrupar subcomponentes de “Líneas de agua potable”

..... 156

Anexo D: Figuras complementarias de Tomas de Muestra con Cartas Balance (Punto 4.3) y Discusión de Resultados (Punto 5.0)

CONTENIDO

PAG.

Figura D-01. Histograma de Trabajo Contributorio de la cuadrilla para Actividad 01 (1er Muestreo) 157

Figura D-02. Histograma de Trabajo No Contributorio de la cuadrilla para Actividad 01 (1er Muestreo) 157

Figura D-03. Histograma de Trabajo Contributorio de la cuadrilla para Actividad 01 (2do Muestreo) 158

Figura D-04. Histograma de Trabajo No Contributorio de la cuadrilla para Actividad 01 (2do Muestreo) 159

Figura D-05. Histograma de Trabajo Contributorio de la cuadrilla en Actividad 02 (1er Muestreo) 159

Figura D-06. Histograma de Trabajo No Contributorio de la cuadrilla para Actividad 02 (1er Muestreo) 160

Figura D-07. Histograma de Trabajo Contributorio de la cuadrilla para Actividad 02 (2do Muestreo) 160

Figura D-08. Histograma de Trabajo No Contributorio de la cuadrilla para Actividad 02 (2do Muestreo) 161

<i>Figura D-09.</i> Histograma de Trabajo Contributorio de la cuadrilla en Actividad 03 (1er Muestreo)	161
<i>Figura D-10.</i> Histograma de Trabajo No Contributorio de la cuadrilla en Actividad 03 (1er Muestreo)	162
<i>Figura D-11.</i> Histograma de Trabajo Contributorio de la cuadrilla para Actividad 03 (2do Muestreo)	162
<i>Figura D-12.</i> Histograma de Trabajo No Contributorio de la cuadrilla para Actividad 03 (2do Muestreo)	163
<i>Figura D-13.</i> Histograma de Trabajo Contributorio de la cuadrilla en Actividad 04 (1er Muestreo)	163
<i>Figura D-14.</i> Histograma de Trabajo No Contributorio de la cuadrilla en Actividad 04 (1er Muestreo)	164
<i>Figura D-15.</i> Histograma de Trabajo Contributorio de la cuadrilla para Actividad 04 (2do Muestreo)	164
<i>Figura D-16.</i> Histograma de Trabajo No Contributorio de la cuadrilla para Actividad 04 (2do Muestreo)	165
<i>Figura D-17.</i> Histograma de Trabajo Contributorio de la cuadrilla en Actividad 05 (1er Muestreo)	165
<i>Figura D-18.</i> Histograma de Trabajo No Contributorio de la cuadrilla en Actividad 05 (1er Muestreo)	166
<i>Figura D-19.</i> Histograma de Trabajo Contributorio de la cuadrilla para Actividad 05 (2do Muestreo)	166

<i>Figura D-20.</i> Histograma de Trabajo No Contributivo de la cuadrilla para Actividad 05 (2do Muestreo)	167
<i>Figura D-21.</i> Histograma de Trabajo Productivo final en Actividad 02	167
<i>Figura D-22.</i> Histograma de Trabajo Productivo final en Actividad 03	168
<i>Figura D-23.</i> Histograma de Trabajo Productivo final en Actividad 03	168
<i>Figura D-24.</i> Histograma de Trabajo Productivo final en Actividad 03	168

Anexo E: Tablas complementarias de Tomas de Muestras con Cartas Balance (Punto 4.3) y Discusión de Resultados (Punto 5.0)

CONTENIDO	PAG.
<i>Tabla E-1.</i> Porcentajes de TP, TC y TNC por cada obrero en Act.01– 1er Muestreo	169
<i>Tabla E-2.</i> Porcentajes de TP, TC y TNC por cada obrero en Act. 01 – 1er Muestreo	169
<i>Tabla E-3.</i> Gráficos de porcentajes productivos por trabajador en Act. 01 – 1er Muestreo .	170
<i>Tabla E-4.</i> Porcentajes de TP, TC y TNC por obrero en Actividad 01 – 2do Muestreo	172
<i>Tabla E-5.</i> Porcentajes de TP, TC y TNC por obrero en Actividad 01 – 2do Muestreo	172
<i>Tabla E-6.</i> Gráficos de porcentajes productivos por trabajador en Act. 01– 2do Muestreo.	173
<i>Tabla E-7.</i> Porcentajes de la cuadrilla en Actividad 01 – 1er Muestreo	174
<i>Tabla E-8.</i> Porcentajes de la cuadrilla en Actividad 01 – 2do Muestreo	175
<i>Tabla E-9.</i> Porcentajes de TP, TC y TNC por cada obrero (Actividad 02) – 1er Muestreo .	176
<i>Tabla E-10.</i> Gráficos de porcentajes productivos por trabajador (Act. 02) – 1er Muestreo .	176

<i>Tabla E-11.</i> Porcentajes de TP, TC y TNC por cada obrero (Act. 02) – 2do Muestreo	177
<i>Tabla E-12.</i> Gráficos de porcentajes productivos por trabajador (Act. 02) – 2do Muestreo.	178
<i>Tabla E-13.</i> Porcentajes de la cuadrilla para Actividad 02 – 1er Muestreo	179
<i>Tabla E-14.</i> Porcentajes de la cuadrilla para Actividad 02– 2do Muestreo	179
<i>Tabla E-15.</i> Porcentajes de TP, TC y TNC por obrero (Actividad 03) – 1er Muestreo	180
<i>Tabla E-16.</i> Gráficos de porcentajes productivos por trabajador (Act. 03) – 1er Muestreo.	180
<i>Tabla E-17.</i> Porcentajes de TP, TC y TNC por cada obrero (Act. 03) – 2do Muestreo	181
<i>Tabla E-18.</i> Gráficos de porcentajes productivos por trabajador (Act. 03) – 2do Muestreo	182
<i>Tabla E-19.</i> Porcentajes de la cuadrilla para Actividad 03 – 1er Muestreo	182
<i>Tabla E-20.</i> Porcentajes de la cuadrilla para Actividad 03– 2do Muestreo	183
<i>Tabla E-21.</i> Porcentajes de TP, TC y TNC por cada obrero (Act. 04) – 1er Muestreo	183
<i>Tabla E-22.</i> Gráficos de porcentajes productivos por trabajador (Act. 04) – 1er Muestreo.	184
<i>Tabla E-23.</i> Porcentajes de TP, TC y TNC por cada obrero (Act. 04) – 2do Muestreo	184
<i>Tabla E-24.</i> Gráficos de porcentajes productivos por trabajador (Act. 04) – 2do Muestreo.	185
<i>Tabla E-25.</i> Porcentajes de la cuadrilla para Actividad 04 – 1er Muestreo	186
<i>Tabla E-26.</i> Porcentajes de la cuadrilla para Actividad 04– 2do Muestreo	186
<i>Tabla E-27.</i> Porcentajes de TP, TC y TNC por cada obrero (Act. 05) – 1er Muestreo	187
<i>Tabla E-28.</i> Gráficos de porcentajes productivos por trabajador (Act. 05) – 1er Muestreo.	188
<i>Tabla E-29.</i> Porcentajes de TP, TC y TNC por cada obrero (Act. 05) – 2do Muestreo	188
<i>Tabla E-30.</i> Gráficos de porcentajes productivos por trabajador (Act. 05) – 2do Muestreo	189

<i>Tabla E-31.</i> Porcentajes de la cuadrilla para Actividad 05 – 1er Muestreo	190
<i>Tabla E-32.</i> Porcentajes de la cuadrilla para Actividad 05– 2do Muestreo	190
<i>Tabla E-33.</i> Cálculo de Índice de productividad (IP) y Costo Unitario (C.U.) en base a velocidad propuesta por el APU – Actividad 01	191
<i>Tabla E-34.</i> Cálculo de Índice de productividad (IP) y Costo Unitario (C.U.) en base a velocidad real de campo – Actividad 01	192
<i>Tabla E-35.</i> Cálculo de Índice de productividad (IP) y Costo Unitario (C.U.) en base a velocidad propuesta por el APU – Actividad 02	192
<i>Tabla E-36.</i> Cálculo de Índice de productividad (IP) y Costo Unitario (C.U.) en base a velocidad real de campo – Actividad 02	192
<i>Tabla E-37.</i> Metrado total de Actividad 02 – Excavación de zanja en terreno rocoso	193
<i>Tabla E-38.</i> Cálculo de Índice de productividad (IP) y Costo Unitario (C.U.) en base a velocidad propuesta por el APU – Actividad 03	194
<i>Tabla E-39.</i> Cálculo de Índice de productividad (IP) y Costo Unitario (C.U.) en base a velocidad real de campo – Actividad 03	194
<i>Tabla E-40.</i> Metrado total de Actividad 03 – Excavación de zanja en terreno normal	194
<i>Tabla E-41.</i> Cálculo de Índice de productividad (IP) y Costo Unitario (C.U.) en base a velocidad propuesta por el APU – Actividad 04	195
<i>Tabla E-42.</i> Cálculo de Índice de productividad (IP) y Costo Unitario (C.U.) en base a velocidad real de campo – Actividad 04	196
<i>Tabla E-43.</i> Metrado total de Actividad 03 – Tendido de tubería en zanja	196

Tabla E-44. Cálculo de Índice de productividad (IP) y Costo Unitario (C.U.) en base a velocidad propuesta por el APU – Actividad 05 197

Tabla E-45. Cálculo de Índice de productividad (IP) y Costo Unitario (C.U.) en base a velocidad real de campo – Actividad 05 197

Tabla E-46. Metrado total de Actividad 05 – Relleno y compactación de zanja 198



Anexo A: Panel Fotográfico

- Actividad 01: Vaciado de concreto en anillo de reservorio apoyado



Foto 1: Cuello de botella formado por carretillas con concreto (1er Muestreo – 13/04/23)



Foto 2: Mezcladora tipo trompo para fabricar concreto (1er Muestreo – 13/04/23)



Foto 3: Vaciado mediante carretilla “buggy” en 3er anillo de fuste (2do Muestreo – 20/04/23)



Foto 4: Esperas de las carretillas “buggy” para abastecer concreto en mezcladora (2do Muestreo – 20/04/23)

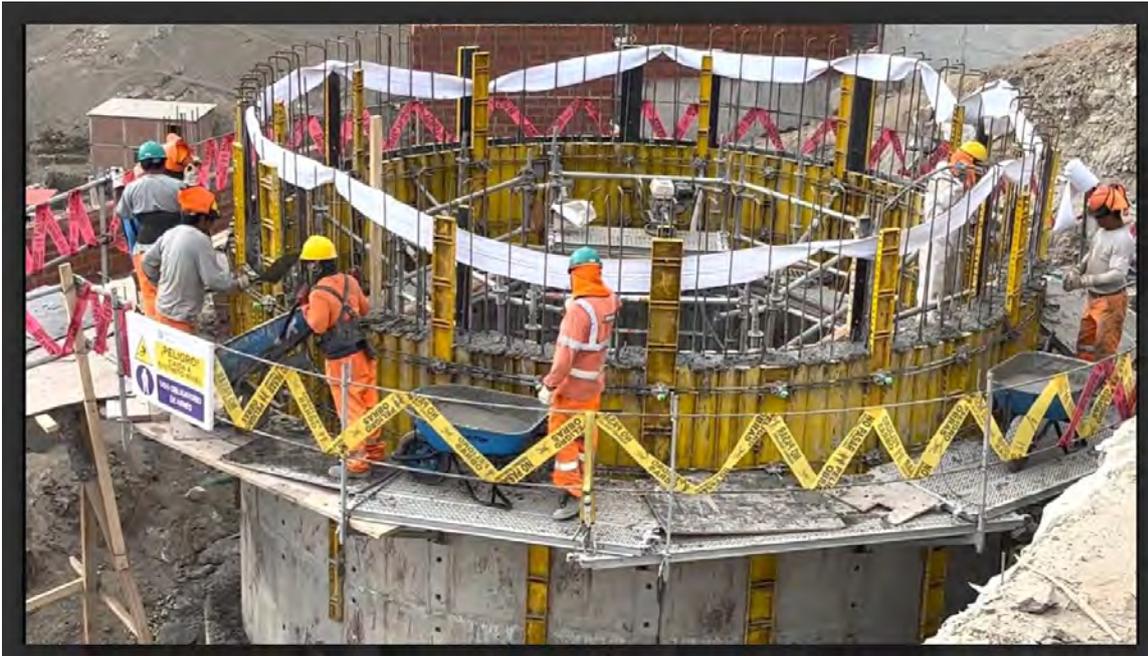


Foto 5: Peones esperando su turno de vaciar concreto (2do Muestreo – 20/04/23)

- **Actividad 02: Excavación de zanja en terreno rocoso**



Foto 6: Cuadrilla excavando línea de aducción de reservorio (1er Muestreo – 12/04/23)



Foto 7: Excavación manual de línea de aducción con comba (2do Muestreo – 14/04/23)



Foto 8: Cuadrilla excavando a lo largo de la zanja (2do Muestreo - 14/04/23)

- **Actividad 03: Excavación de zanja en terreno normal**



Foto 9: Excavación manual y con maquinaria de Troncal CD – 04 (1er Muestreo - 19/04/23)



Foto 10. Tramo de Troncal CD – 04 excavada (1er Muestreo - 19/04/23)



Foto 11: Excavación de Troncal CD – 05 (2do Muestreo – 21/04/23)



Foto 12: Presencia de interferencias en excavación de Troncal CD – 05 (2do Muestreo – 21/04/23)

- **Actividad 04: Tendido de tubería en zanja**

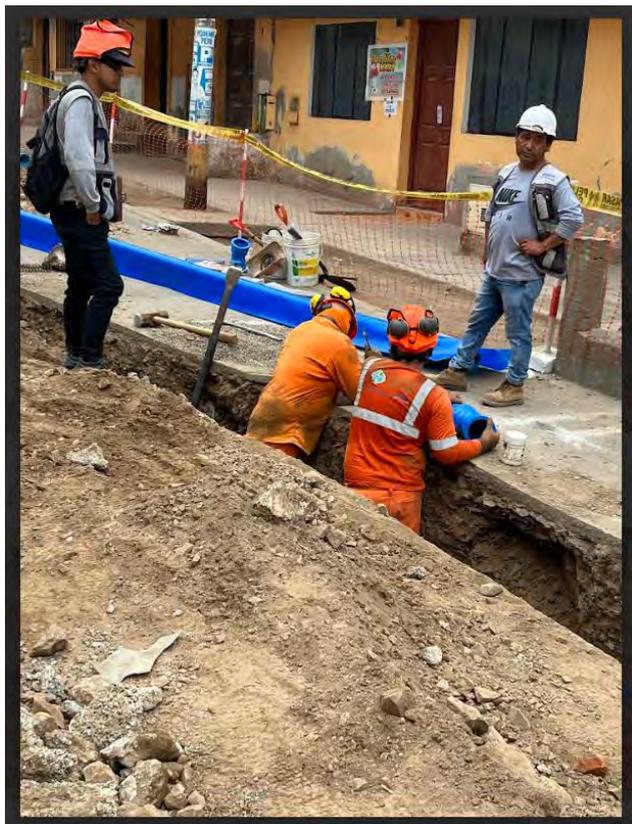


Foto 13: Colocación del emboquillado de tubería de hierro dúctil (1er Muestreo – 19/04/23)



Foto 14: Tubería de hierro dúctil recubierta instalada (1er Muestreo – 19/04/23)



Foto 15: Colocación de tubería de hierro dúctil en zanja (2do Muestreo – 24/04/23)



Foto 16: Avance progresivo en el tendido de tubería (2do Muestreo – 24/04/23)

- **Actividad 05: Relleno y compactación de zanja**



Foto 17: Humedecimiento y compactación de zanja Troncal CD – 04 (1er Muestreo – 17/04/23)

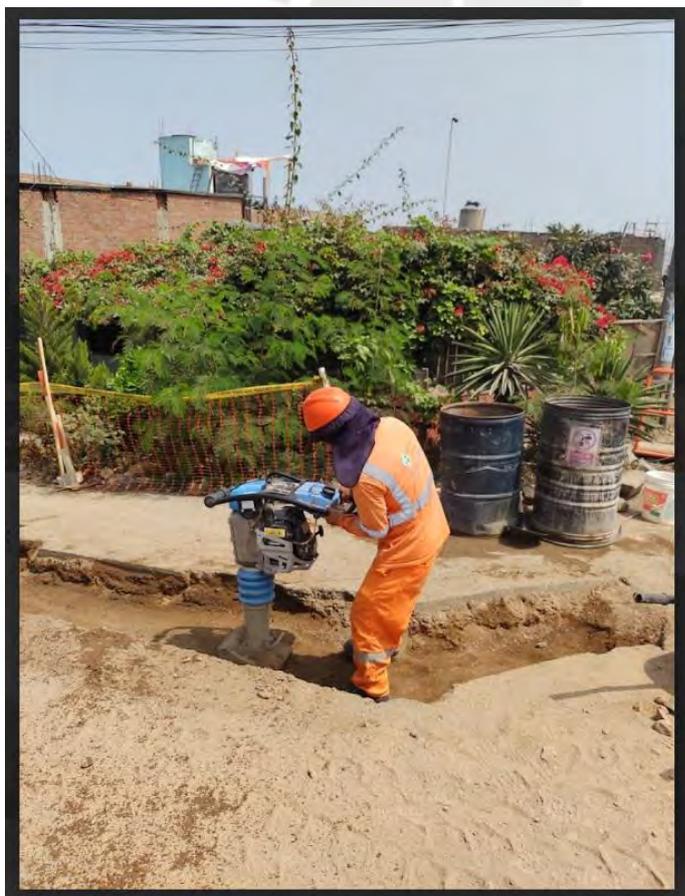


Foto 18: Compactación mediante apisonador canguro de zanja Troncal CD – 05 (2do Muestreo – 18/04/23)

Anexo B - Figuras complementarias de Marco Teórico (Punto 02) y Metodología (Punto 03)

- *Figura B-01. Relación entre eficiencia, efectividad y productividad (Botero y Álvarez, 2004)*

UTILIZACIÓN DE LOS RECURSOS		OBTENCIÓN DE LAS METAS
Pobre	Alta	
EFFECTIVO PERO INEFICIENTE	EFFECTIVO Y EFICIENTE <u>ÁREA DE ALTA PRODUCTIVIDAD</u>	Alto
INEFFECTIVO E INEFICIENTE	EFICIENTE PERO INEFFECTIVO	Bajo

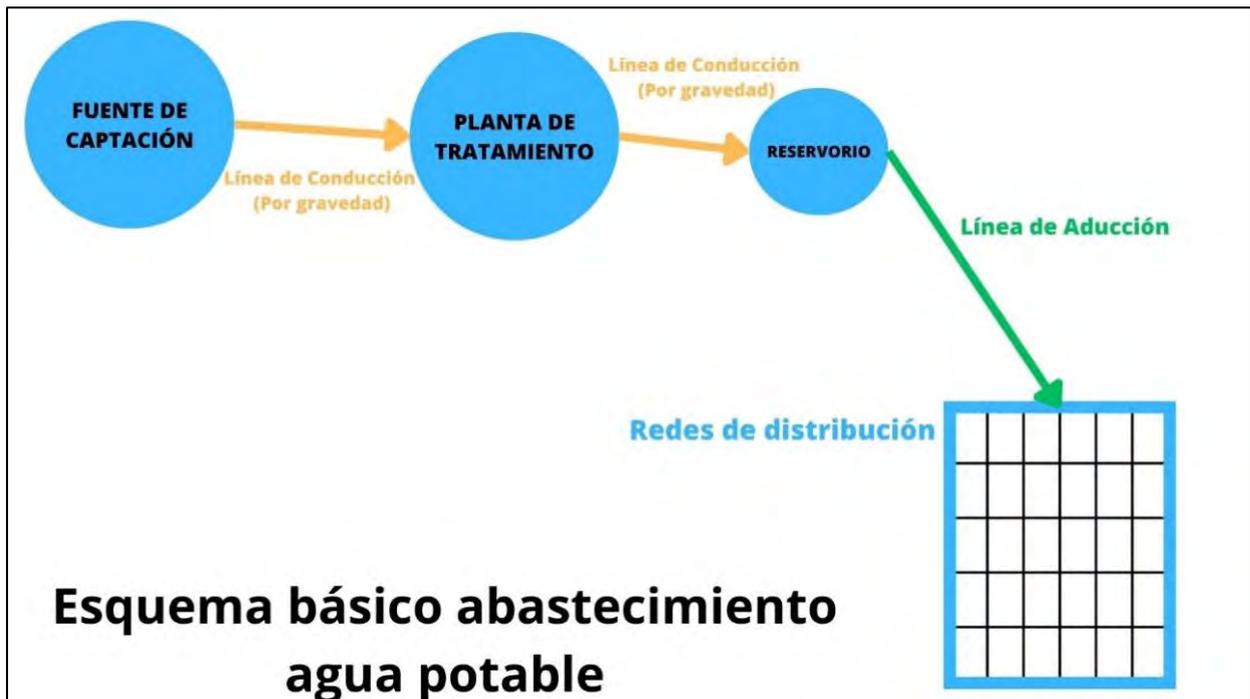
- *Figura B-02. Ciclo de mejoramiento de la productividad. (Botero y Álvarez, 2004)*



- *Figura B-03. Comparación de los enfoques de filosofías de producción (Botero y Álvarez, 2002)*

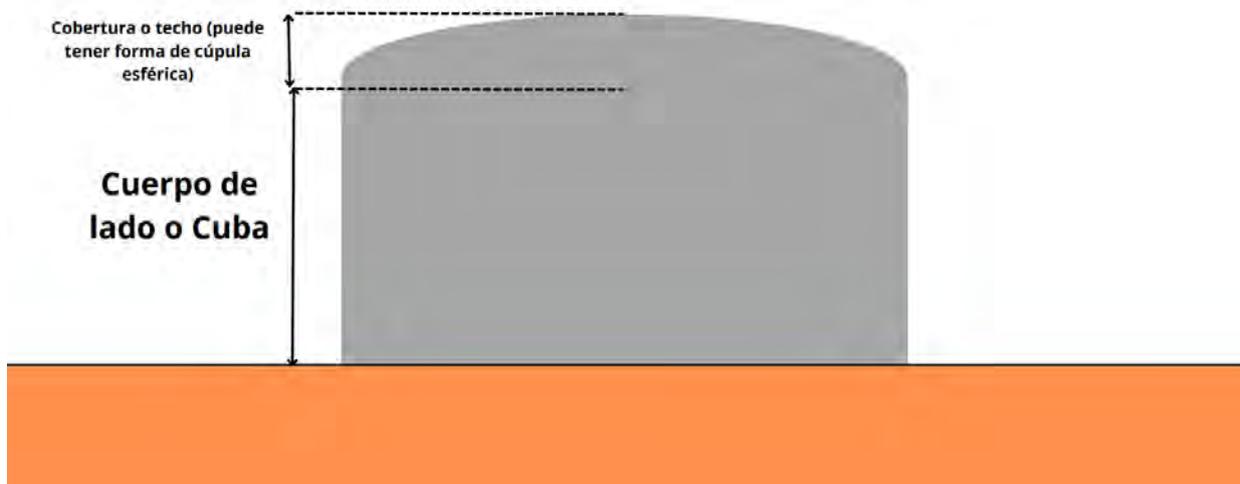
	Producción Tradicional	Lean Production
CONCEPTO	La producción está compuesta por una serie de actividades de conversión que agregan valor	La producción está compuesta por flujos (no agregan valor) y conversiones (agregan valor)
CONTROL DE PRODUCCIÓN	Dirigido al costo de las actividades	Dirigido al tiempo, costo y valor de los flujos
MEJORAMIENTO	Incremento de la eficiencia de las conversiones a través de la utilización de nueva tecnología	Eliminación de las actividades que no agregan valor (pérdidas), incrementando la eficiencia de las actividades que lo generan, a través del mejoramiento continuo y la implementación de nueva tecnología

- *Figura B-04. Esquema básico abastecimiento de agua potable (Elaboración propia)*

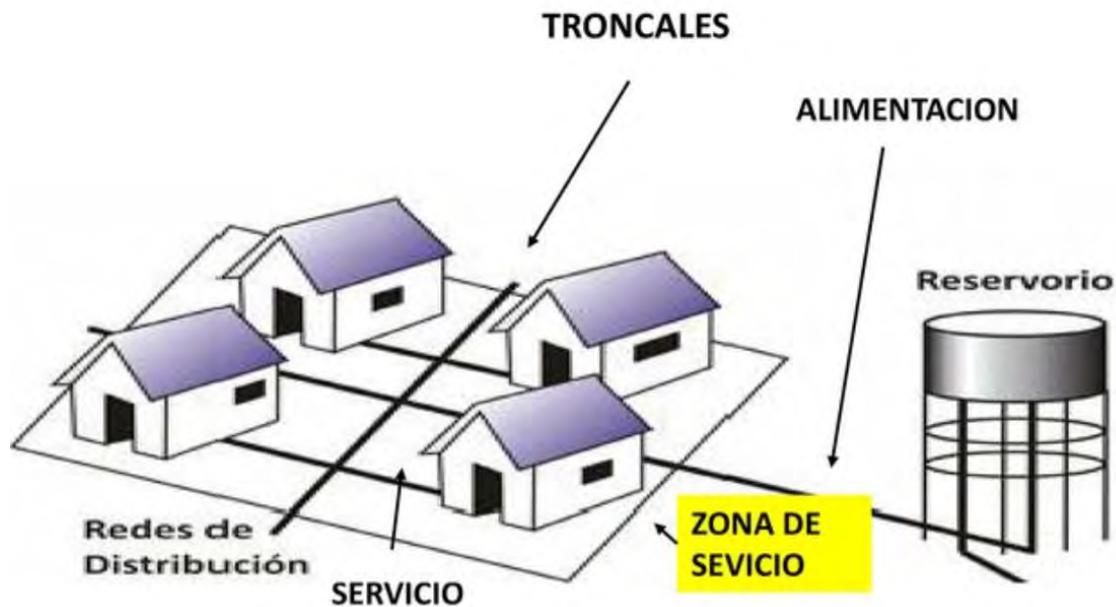


- *Figura B-05. Partes de un tanque de almacenamiento de agua apoyado (Elaboración propia)*

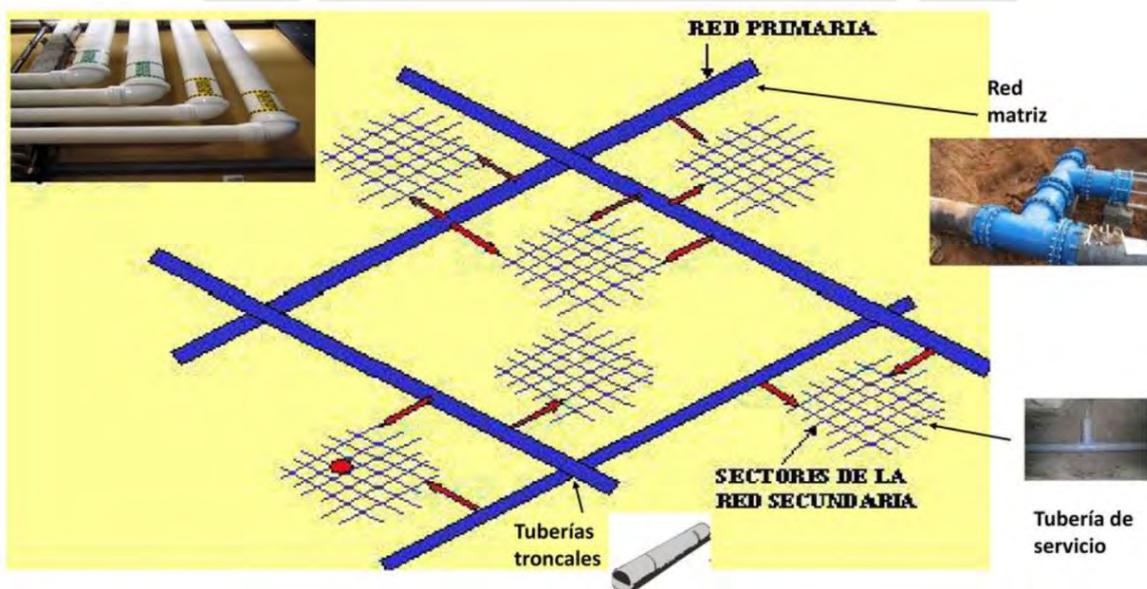
Partes de reservorio apoyado cilíndrico



- *Figura B-06. Red de distribución desde el reservorio a las conexiones domiciliarias (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2010).*



- *Figura B-07. Red primaria y red secundaria de una red de abastecimiento (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2010).*



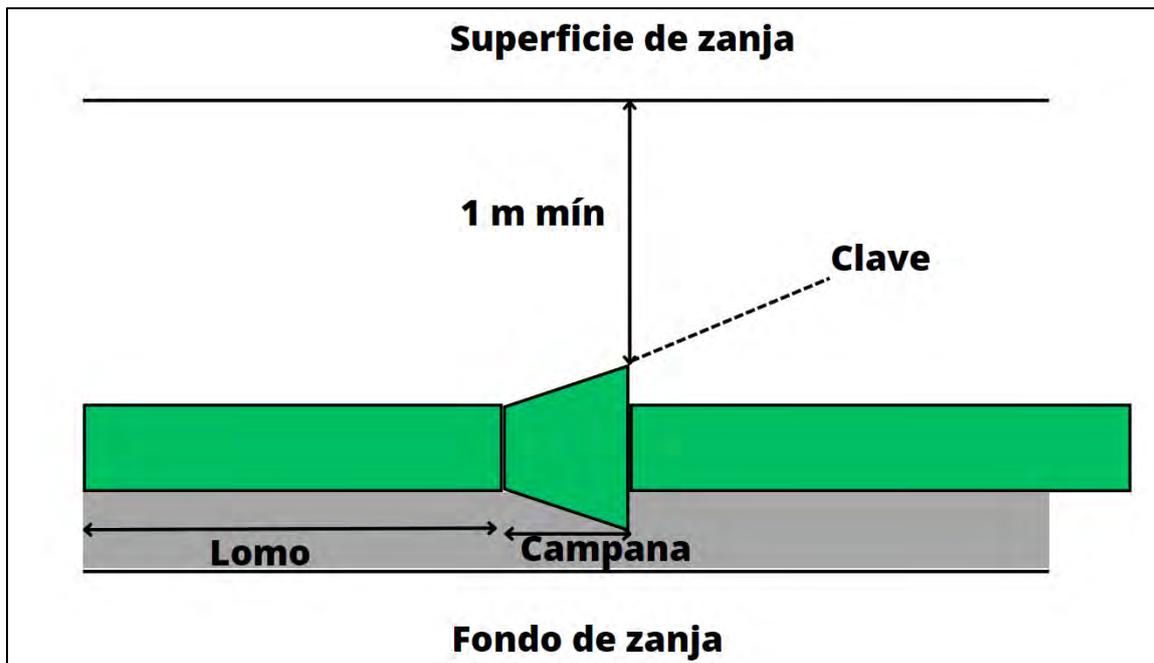
- *Figura B-08. Vista en corte. Antes y después de la actividad de refine y nivelación de zanja (Elaboración propia)*



- *Figura B-09. Vista en corte. Tubería tendida en cama de apoyo, dimensiones de especificación técnica de SEDAPAL (Elaboración propia).*



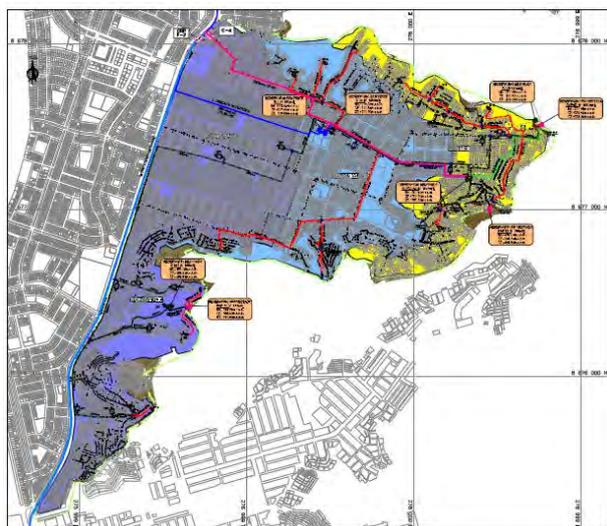
- *Figura B-10. Partes de la tubería y profundidad mínima. (Elaboración propia)*



- *Figura B-11. Ejemplo de tabla y diagrama de Pareto (Fundibeq, 2002)*



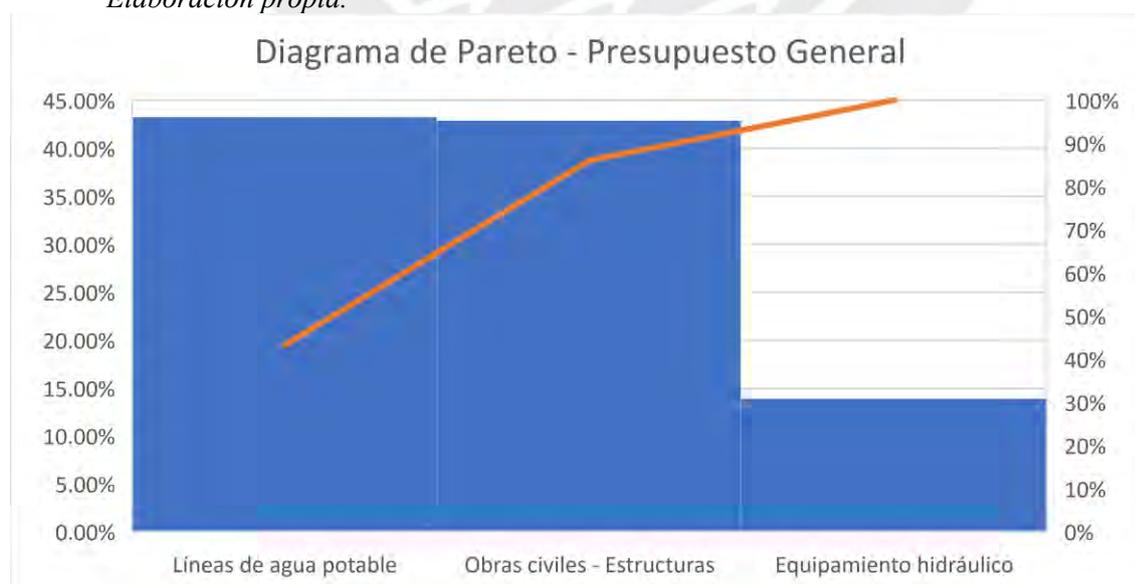
- *Figura C-02. Área de influencia del proyecto “Incahuasi”. Fuente: Expediente Técnico Incahuasi, 2021.*



- *Figura C-03 Adaptación de Presupuesto General. Fuente: Expediente Técnico Incahuasi, 2021.*

N°	COMPONENTE	PRECIO (S/.)	% Incidencia
1	OBRAS CIVILES - ESTRUCTURAS	15,757,532.33	42.89%
2	EQUIPAMIENTO HIDRAULICO E INSTALACIONES ELECTRICAS	5,097,836.43	13.88%
3	LINEAS DE AGUA POTABLE (Principales y secundarias)	15,882,406.39	43.23%

- *Figura C-04. Diagrama de Pareto del resumen del presupuesto general de proyecto. Elaboración propia.*



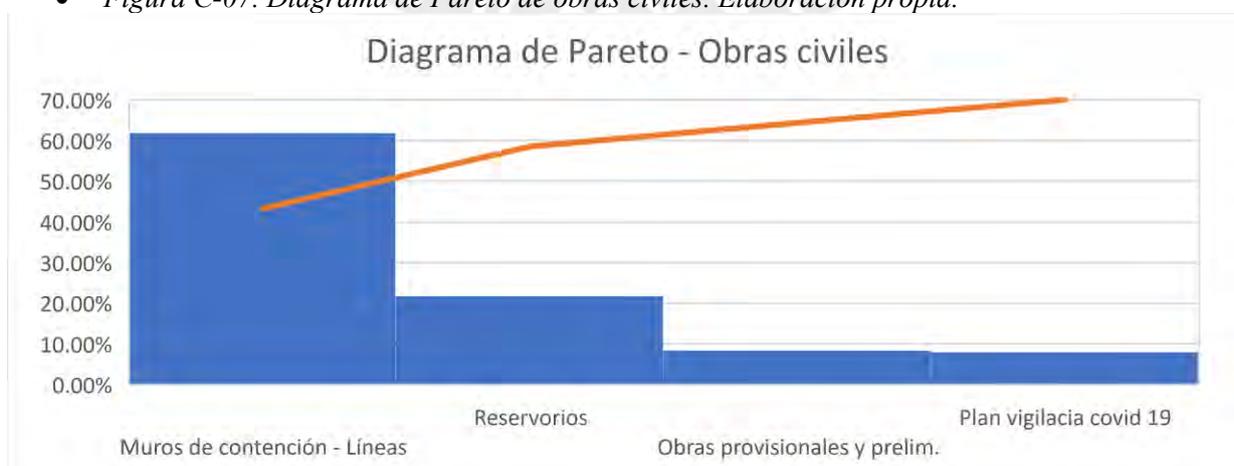
- *Figura C-05. Subcomponentes de “Obras civiles – Estructuras”. Fuente: Expediente técnico.*

Item	Descripción	Parcial (S/) Agua Potable	Parcial (S/) Alcantarillado	Sub Totales (S/)
I.	OBRAS:	Agua Potable	Alcantarillado	
A	OBRAS GENERALES			
01	OBRAS CIVILES - ESTRUCTURAS	15,757,532.33		15,757,532.33
1.010	OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD	1,317,586.40		1,317,586.40
1.020	RESERVORIO APOYADO PROYECTADO RAP-01 V=100 M3	678,957.76		678,957.76
1.030	RESERVORIO APOYADO PROYECTADO RAP-02 V=200 M3	490,248.14		490,248.14
1.040	RESERVORIO APOYADO PROYECTADO RAP-03 V=300 M3	663,342.50		663,342.50
1.050	RESERVORIO APOYADO EXISTENTE R-902 V=800 M3	706,580.99		706,580.99
1.060	RESERVORIO APOYADO EXISTENTE R-2 V=1,600 M3	704,820.90		704,820.90
1.070	RESERVORIO APOYADO APOYADO R-3 V=330 M3 (Caseta de válvulas)	182,691.38		182,691.38
1.080	MURO DE CONTENCION - LINEAS	9,748,882.15		9,748,882.15
1.090	ELABORACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y EJECUCIÓN DEL PLAN DE VIGILANCIA, PREVENCIÓN Y CONTROL DEL COVID-19 PARA PERSONAL DE LA OBRA (INCLUYE PROTOCOLOS)	1,264,422.11		1,264,422.11

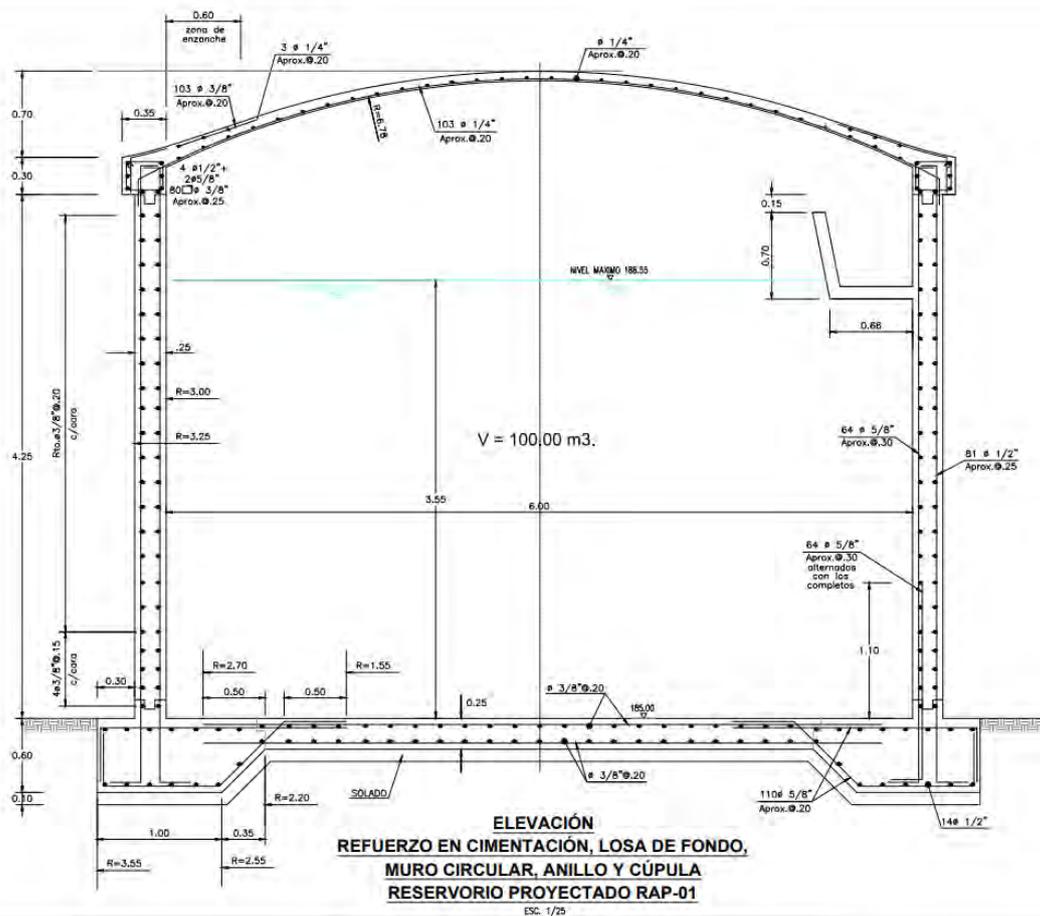
- *Tabla C-06. Agrupamiento tipos de obra para subcomponentes de “Obras civiles – Estructuras”. Elaboración propia en base al Presupuesto del Expediente Técnico.*

Obras Civiles - Estructuras	Monto (S/.)	%
OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD	1,317,586.40	8.36%
RESERVORIOS	3,426,641.67	21.75%
MURO DE CONTENCION - LINEAS	9,748,882.15	61.87%
PLAN VIGILANCIA COVID 19	1,264,422.11	8.02%
TOTAL	15,757,532.33	100.00%

- *Figura C-07. Diagrama de Pareto de obras civiles. Elaboración propia.*



• *Figura C-08. Vista en elevación RAP – 01. Fuente: Expediente técnico Incahuasi, 2021.*



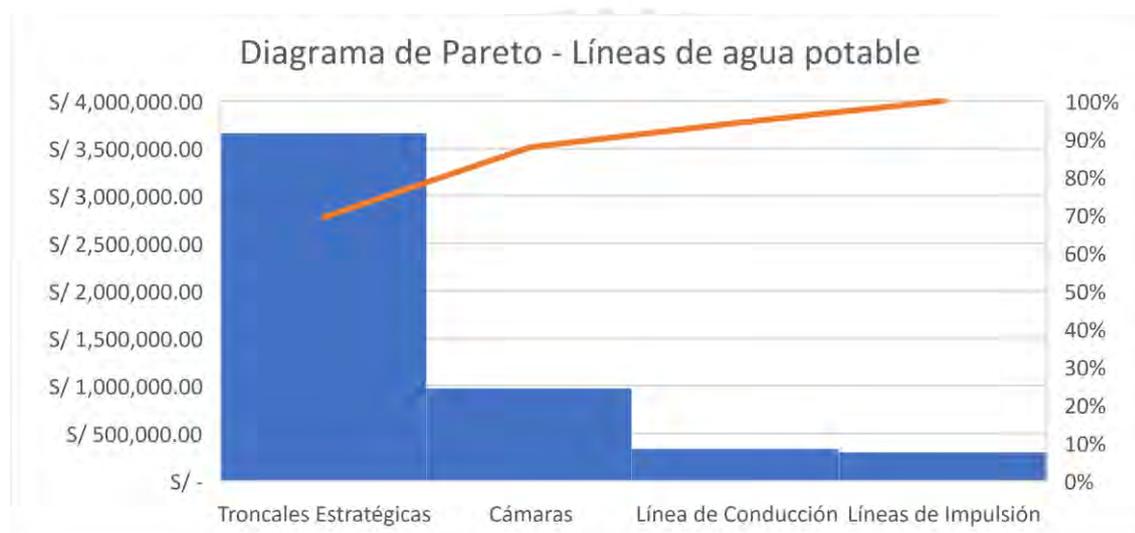
• *Figura C-09. Subcomponentes de “Líneas de Agua Potable”. Fuente: Expediente técnico Incahuasi, 2021.*

		5,274,111.96	5,274,111.96
03	LINEAS DE AGUA POTABLE		
3.010	LÍNEA DE IMPULSIÓN PROYECTADA 100mm HD-C40 - (R-902 A RAP-01)	88,272.66	88,272.66
3.020	LÍNEA DE IMPULSION PROYECTADA 100 mm HD-C40 - (R2/CR40 A RAP-02)	192,572.36	192,572.36
3.030	LÍNEA DE CONDUCCIÓN PROYECTADA 200mm HD-C40 - ("MATRIZ DE LA ATARJEA" A R-902)	337,320.38	337,320.38
3.040	LÍNEA DE IMPULSION PROYECTADA 200 mm HD-C40 - (A R-03 Y RAP-03)	21,960.61	21,960.61
3.050	TRONCAL ESTRATÉGICA PROYECTADA RAP-01	295,238.52	295,238.52
3.060	TRONCAL ESTRATÉGICA PROYECTADA RAP-02	740,814.36	740,814.36
3.070	TRONCAL ESTRATÉGICA PROYECTADA CD-02	577,922.99	577,922.99
3.080	TRONCAL ESTRATÉGICA PROYECTADA CD-03	108,471.01	108,471.01
3.090	TRONCAL ESTRATÉGICA PROYECTADA CD-04	1,141,664.62	1,141,664.62
3.100	TRONCAL ESTRATÉGICA PROYECTADA CD-05	704,045.72	704,045.72
3.110	TRONCAL ESTRATÉGICA PROYECTADA CD-06	75,286.45	75,286.45
3.120	TRONCAL ESTRATÉGICA PROYECTADA R-3 Y RAP-03 (CD-01)	17,372.43	17,372.43
3.130	CÁMARAS	973,169.85	973,169.85

- *Figura C-10. Agrupamiento tipos de obra para subcomponentes de “Líneas de agua potable”. Fuente: Elaboración propia en base Presupuesto de Expediente Técnico “Incahuasi”.*

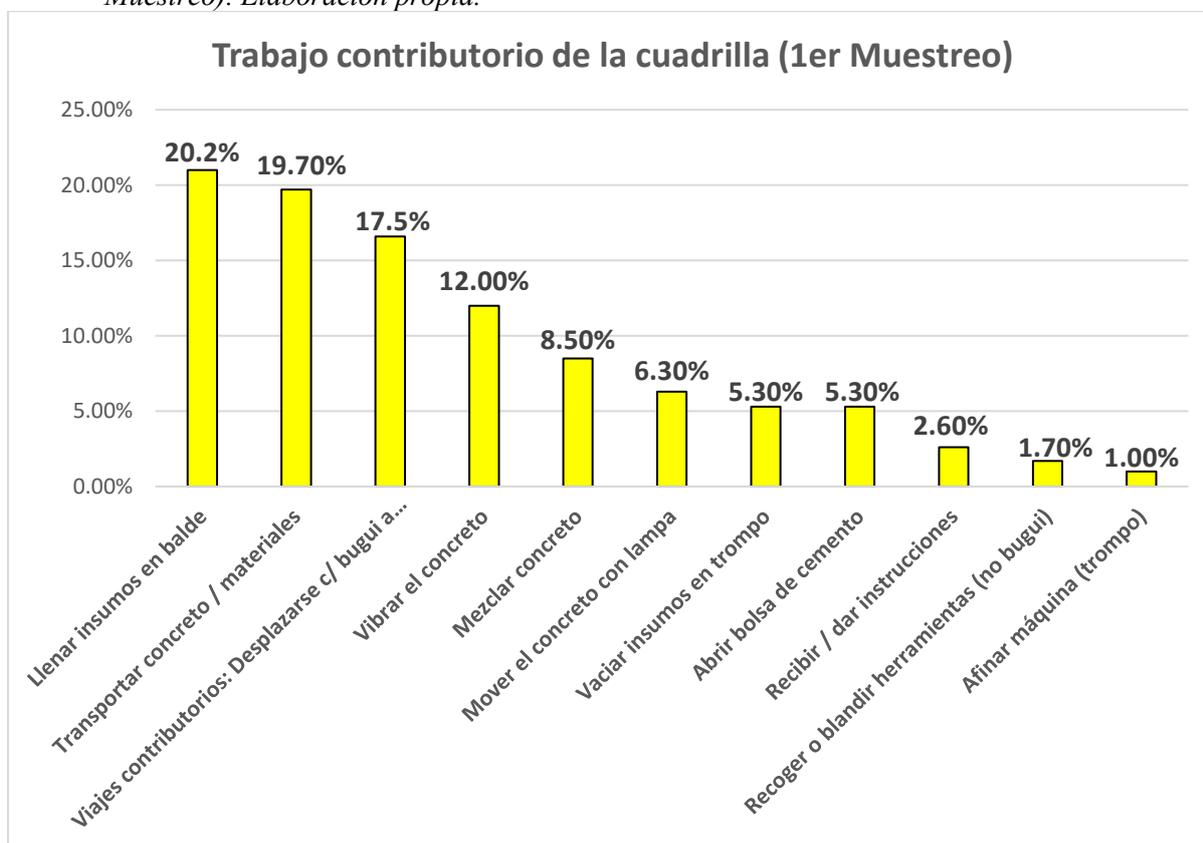
Descripción	Monto (S/.)	%
Líneas de Impulsión	S/ 302,805.63	5.74%
Línea de Conducción	S/ 337,320.38	6.40%
Troncales Estratégicas	S/ 3,660,816.10	69.41%
Cámaras	S/ 973,169.85	18.45%
TOTAL	S/ 5,274,111.96	100%

- *Figura C-11. Diagrama de Pareto para agrupar subcomponentes de “Líneas de agua potable”. Fuente: Elaboración propia.*

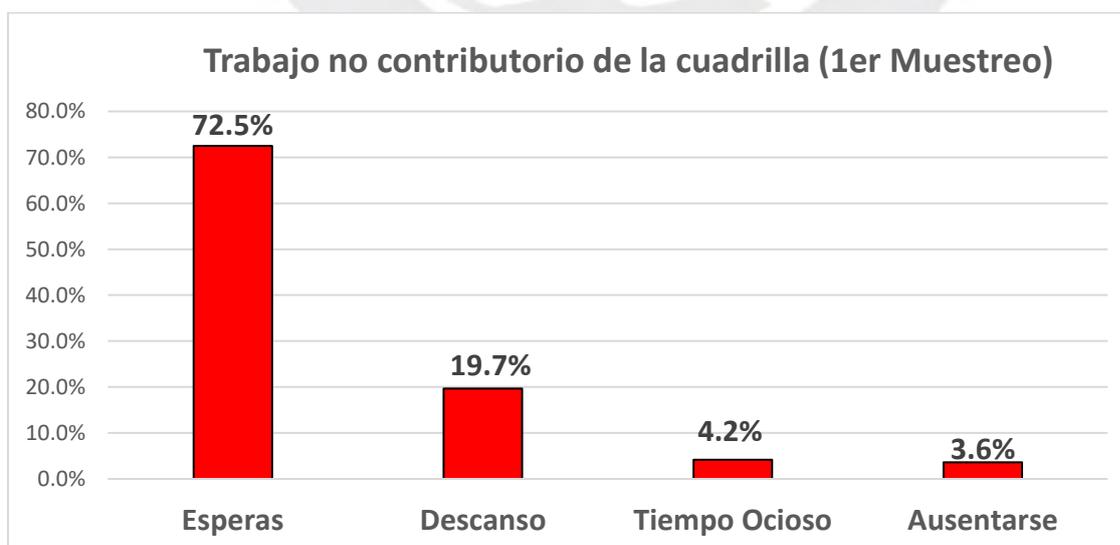


Anexo D – Figuras complementarias de Tomas de Muestras con Cartas Balance (Punto 4.3) y Discusión de Resultados (Punto 5.0)

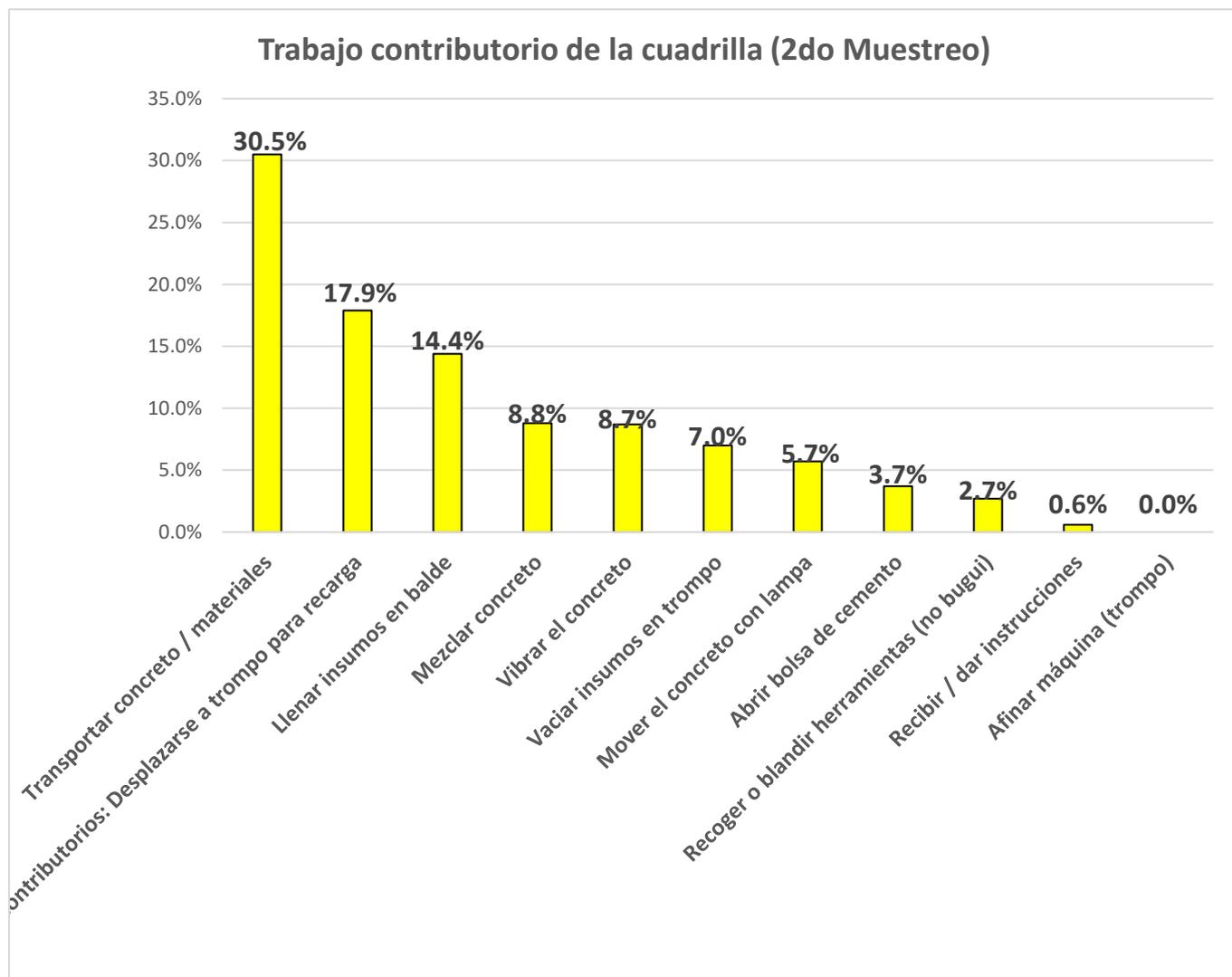
- *Figura D-01. Histograma de Trabajo Contributorio de la cuadrilla para Actividad 01 (1er Muestreo). Elaboración propia.*



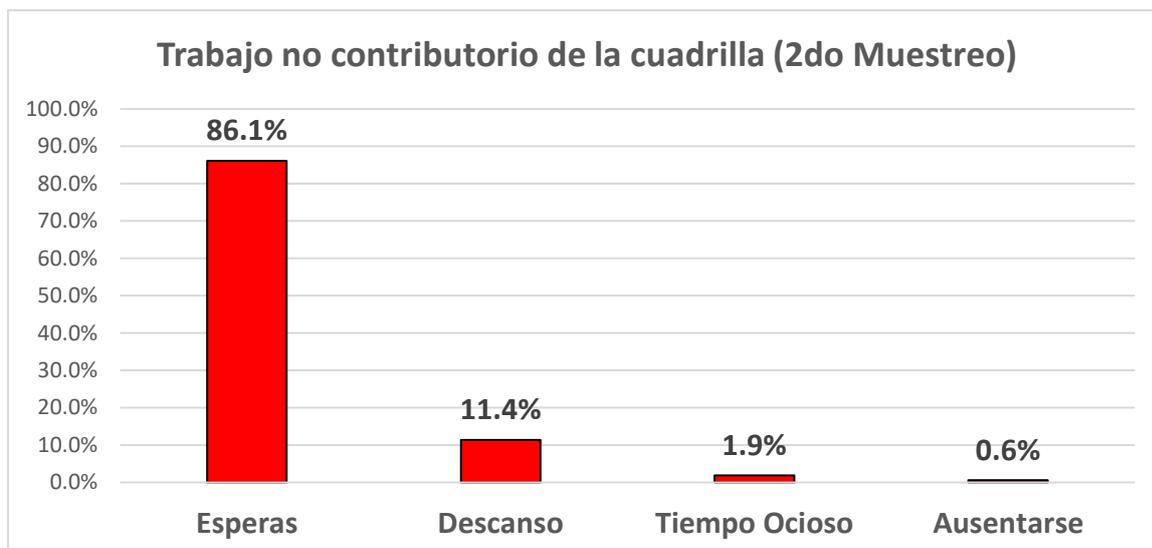
- *Figura D-02. Histograma de Trabajo No Contributorio de la cuadrilla para Actividad 01 (1er Muestreo). Elaboración propia.*



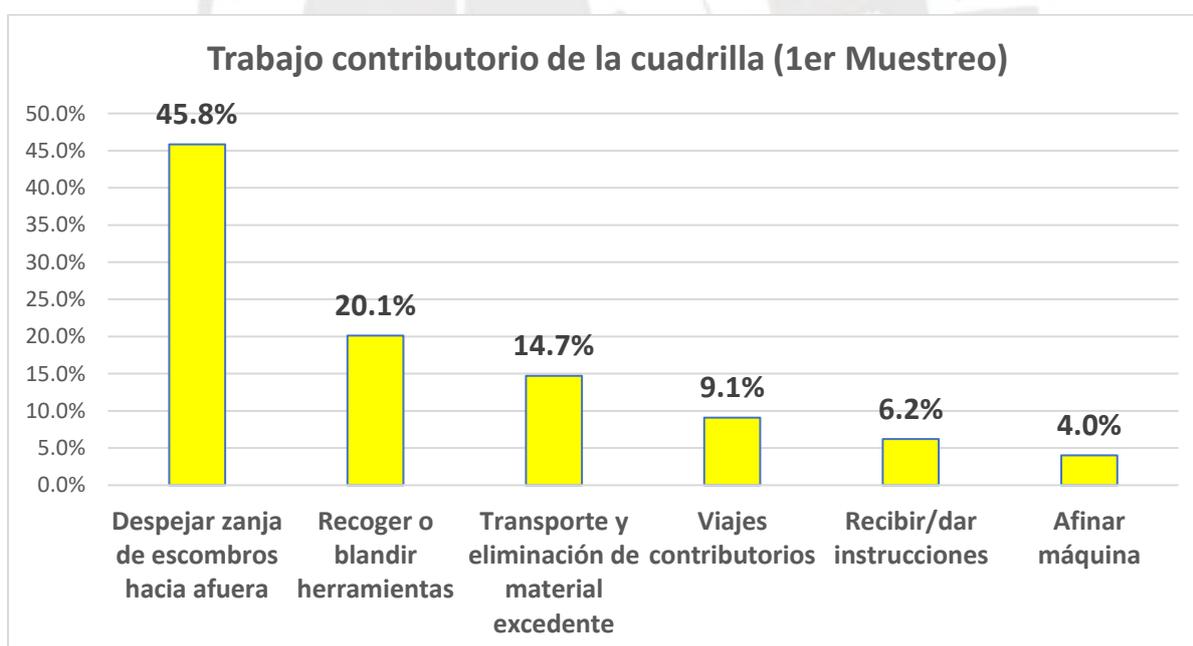
- *Figura D-03. Histograma de Trabajo Contributorio de la cuadrilla para Actividad 01 (2do Muestreo). Elaboración propia.*



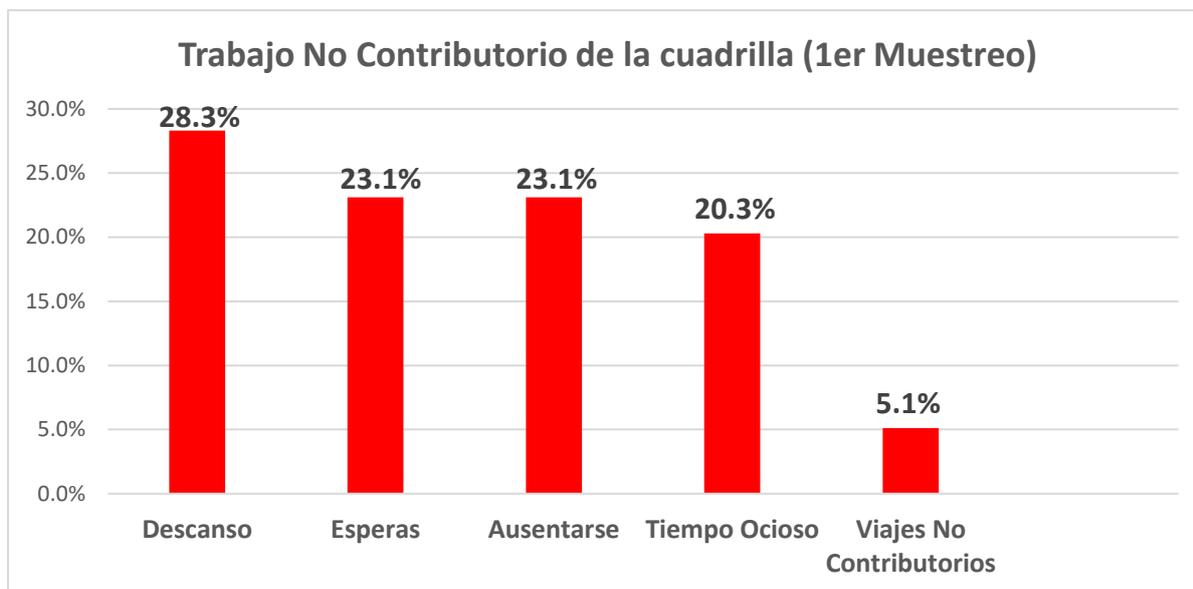
- *Figura D-04. Histograma de Trabajo No Contributorio de la cuadrilla (2do Muestreo). Elaboración propia.*



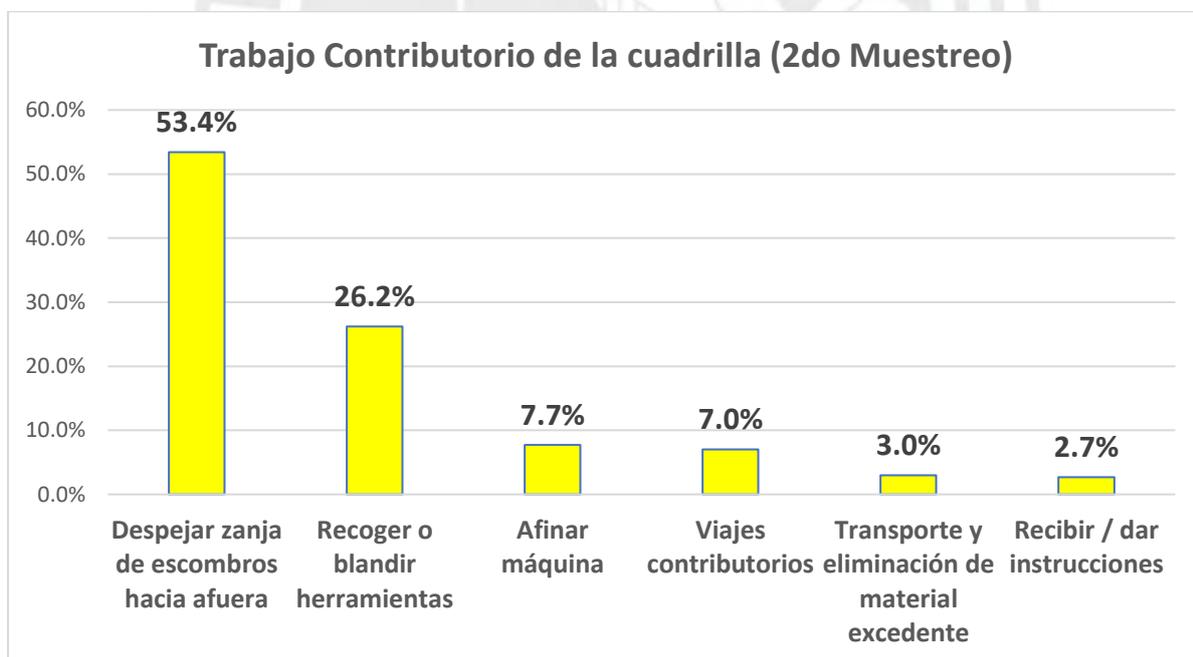
- *Figura D-05. Histograma de Trabajo Contributorio de la cuadrilla en Actividad 02 (1er Muestreo). Elaboración propia.*



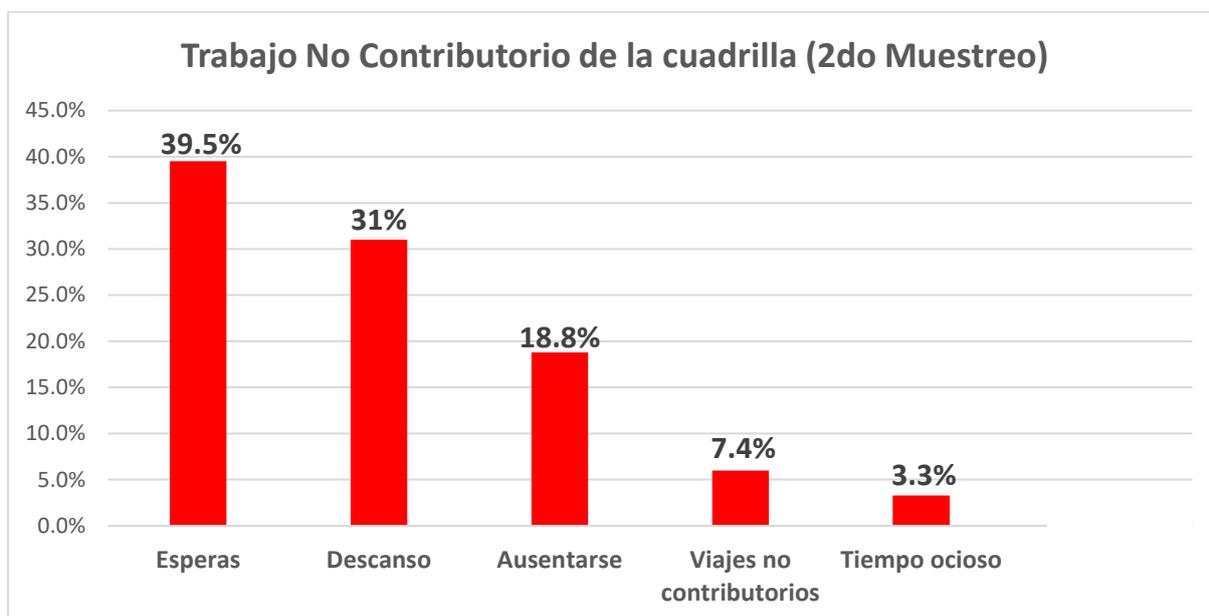
- *Figura D-06. Histograma de Trabajo No Contributorio de la cuadrilla para Actividad 02 (1er Muestreo). Elaboración propia.*



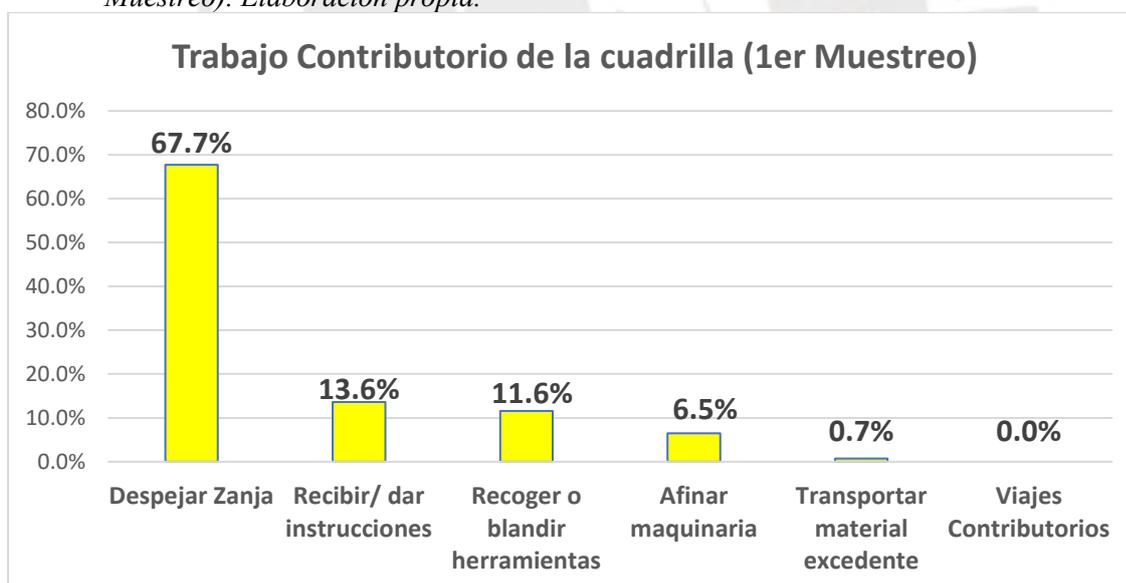
- *Figura D-07. Histograma de Trabajo Contributorio de la cuadrilla para Actividad 02 (2do Muestreo). Elaboración propia.*



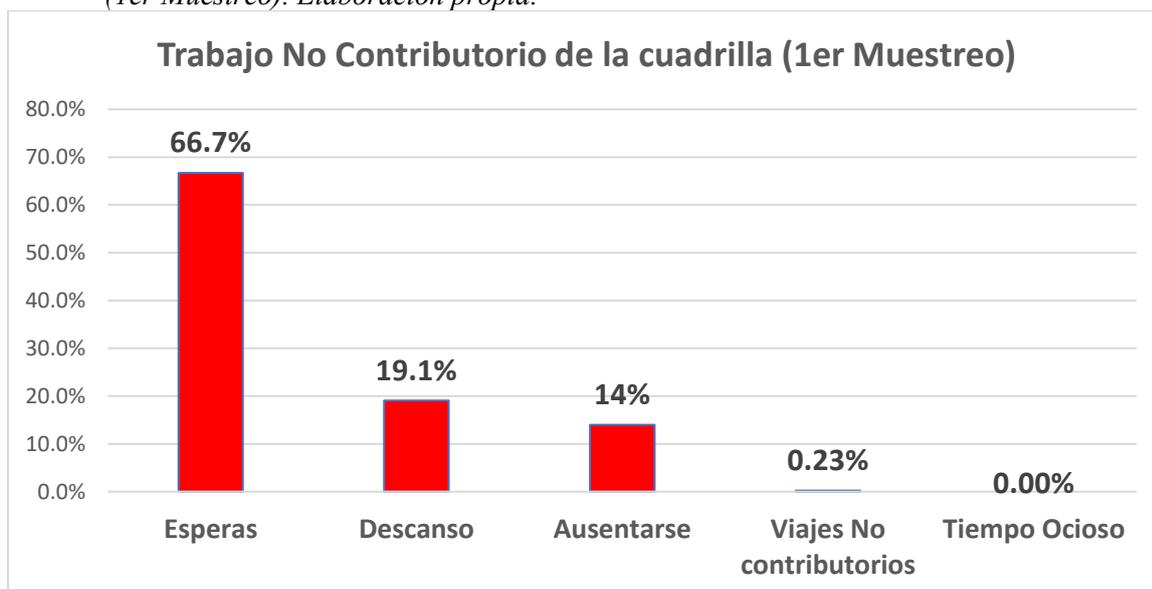
- *Figura D-08. Histograma de Trabajo No Contributorio de la cuadrilla para Actividad 02 (2do Muestreo). Elaboración propia.*



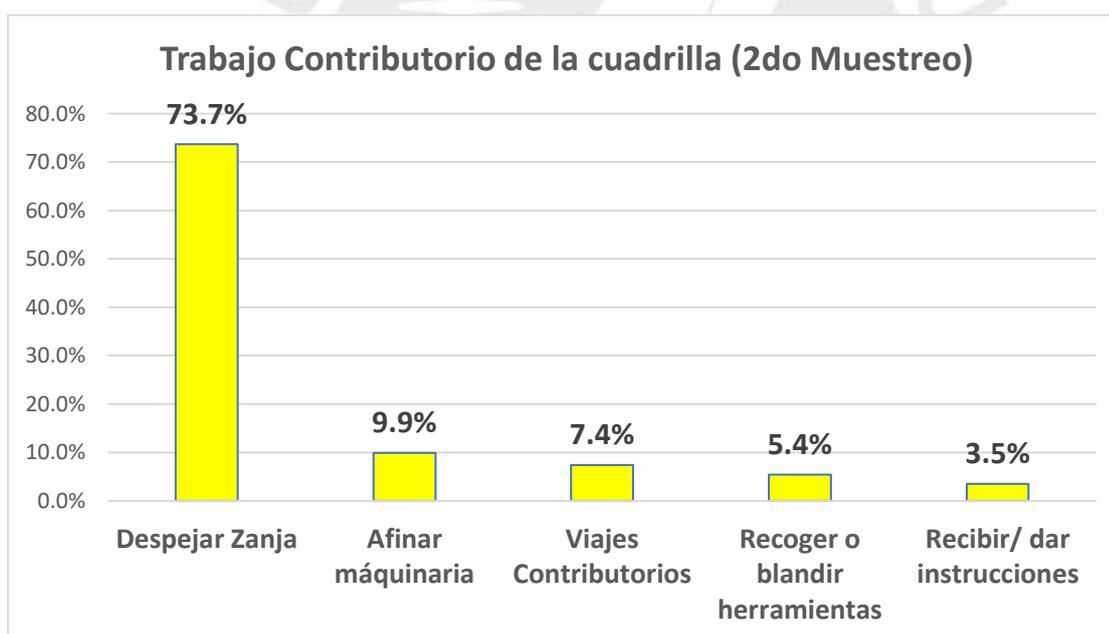
- *Figura D-09. Histograma de Trabajo Contributorio de la cuadrilla en Actividad 03 (1er Muestreo). Elaboración propia.*



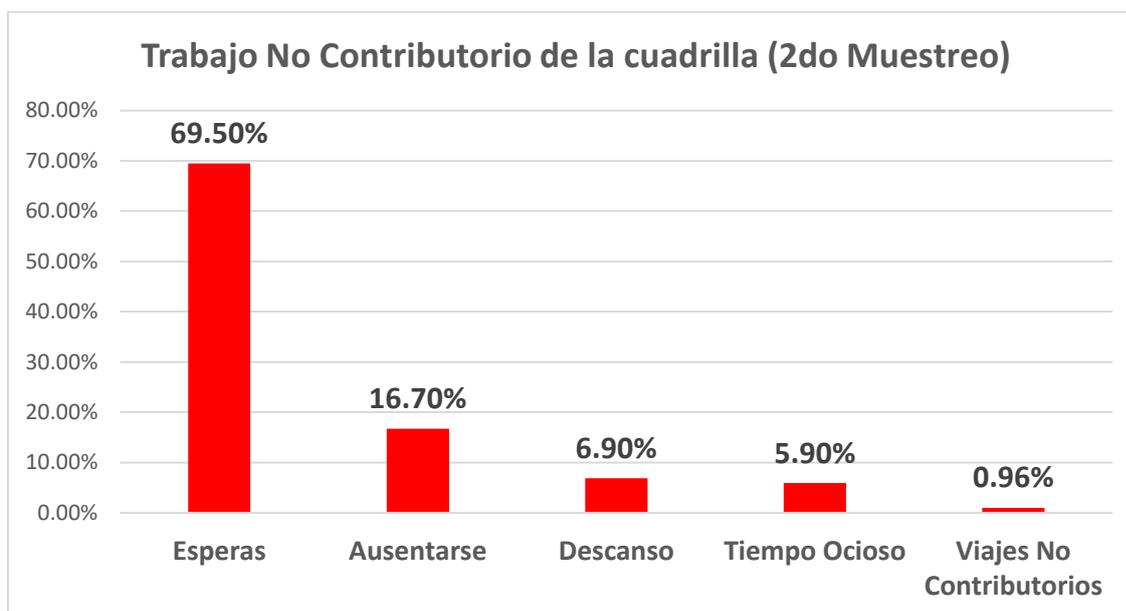
- *Figura D-10. Histograma de Trabajo No Contributorio de la cuadrilla para Actividad 03 (1er Muestreo). Elaboración propia.*



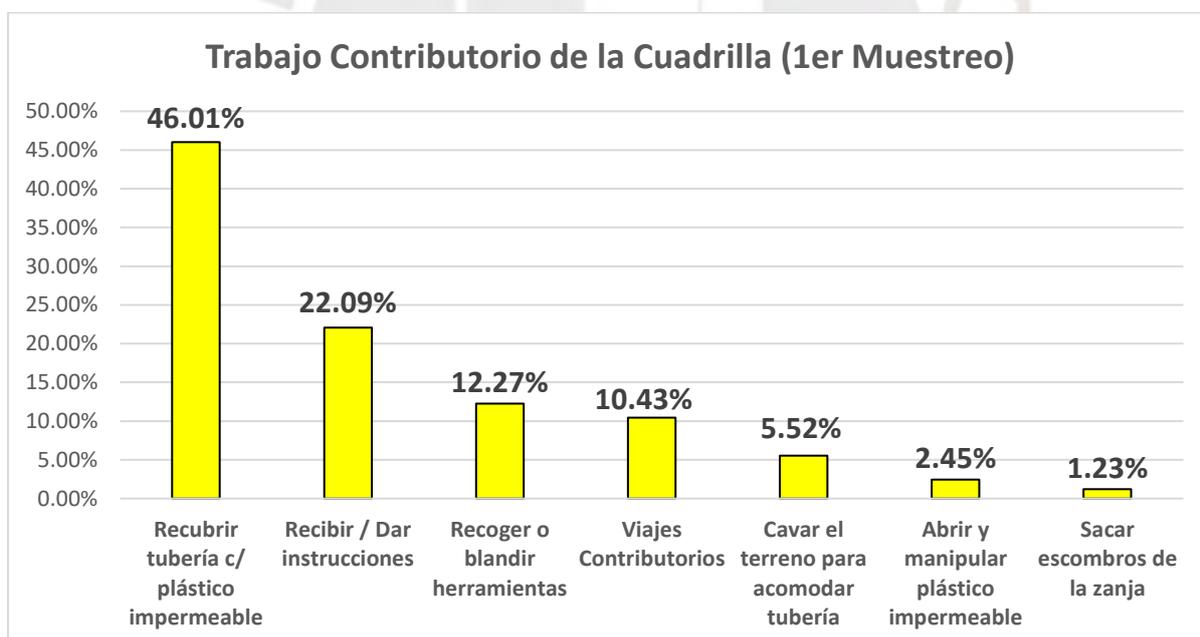
- *Figura D-11. Histograma de Trabajo Contributorio de la cuadrilla para Actividad 03 (2do Muestreo). Elaboración propia.*



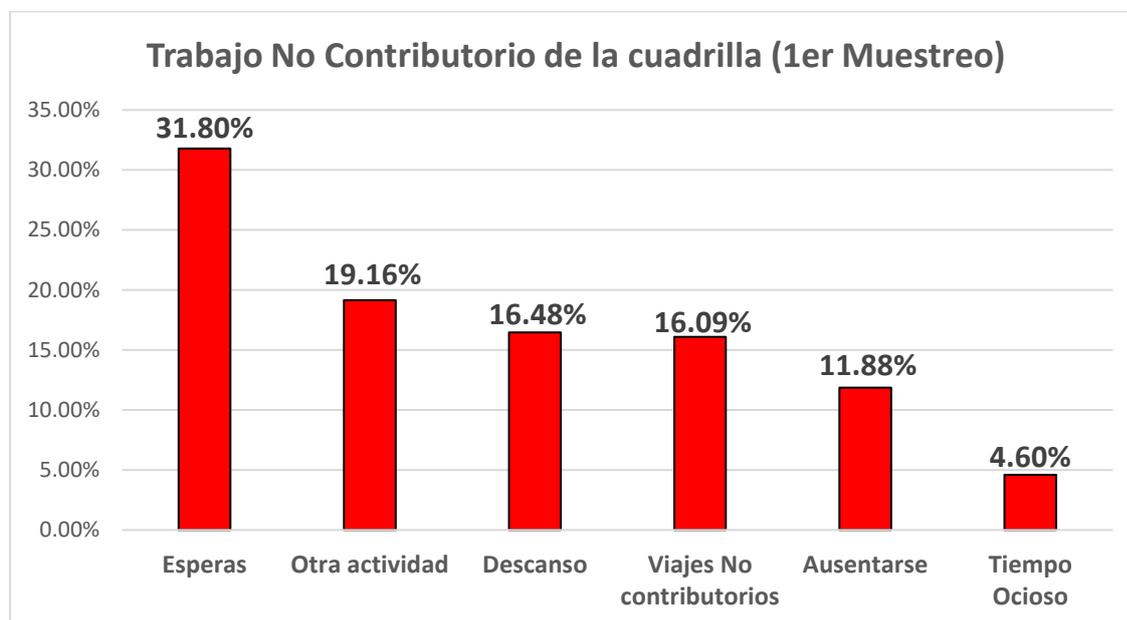
- *Figura D-12. Histograma de Trabajo No Contributorio de la cuadrilla para Actividad 03 (2do Muestreo). Elaboración propia.*



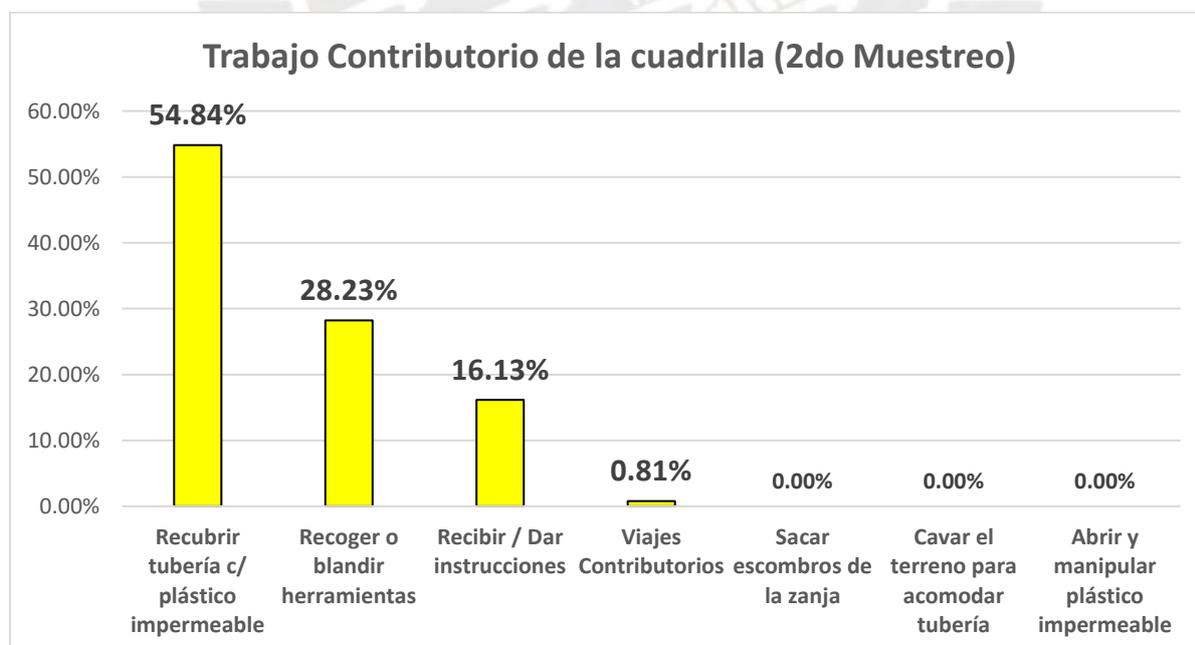
- *Figura D-13. Histograma de Trabajo Contributorio de la cuadrilla en Actividad 04 (1er Muestreo). Elaboración propia.*



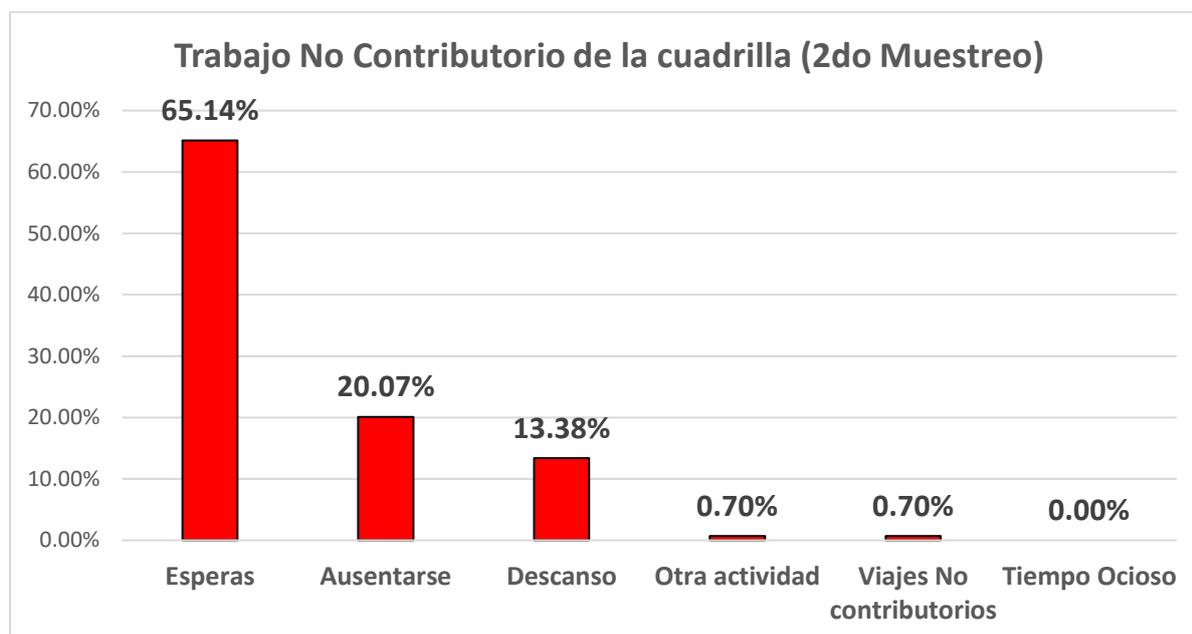
- *Figura D-14. Histograma de Trabajo No Contributorio de la cuadrilla para Actividad 04 (1er Muestreo). Elaboración propia.*



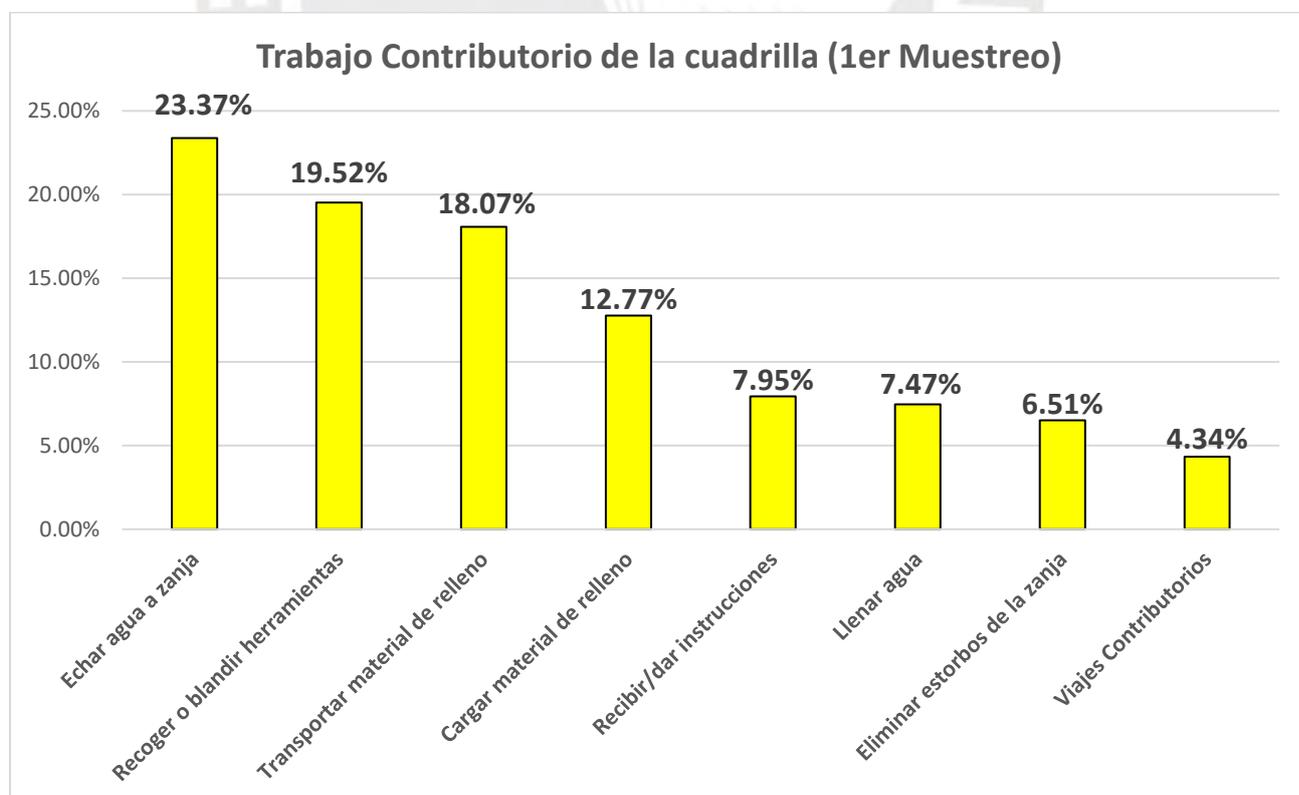
- *Figura D-15. Histograma de Trabajo Contributorio de la cuadrilla para Actividad 04 (2do Muestreo). Elaboración propia.*



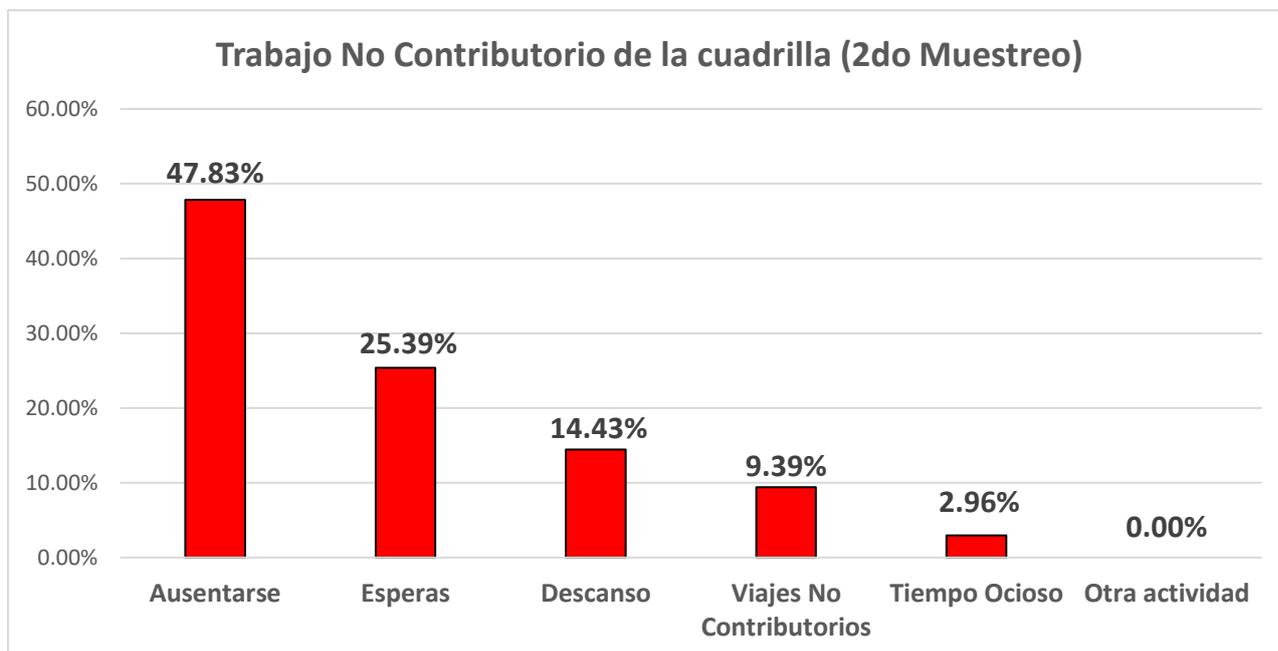
- *Figura D-16. Histograma de Trabajo No Contributorio de la cuadrilla para Actividad 04 (2do Muestreo). Elaboración propia.*



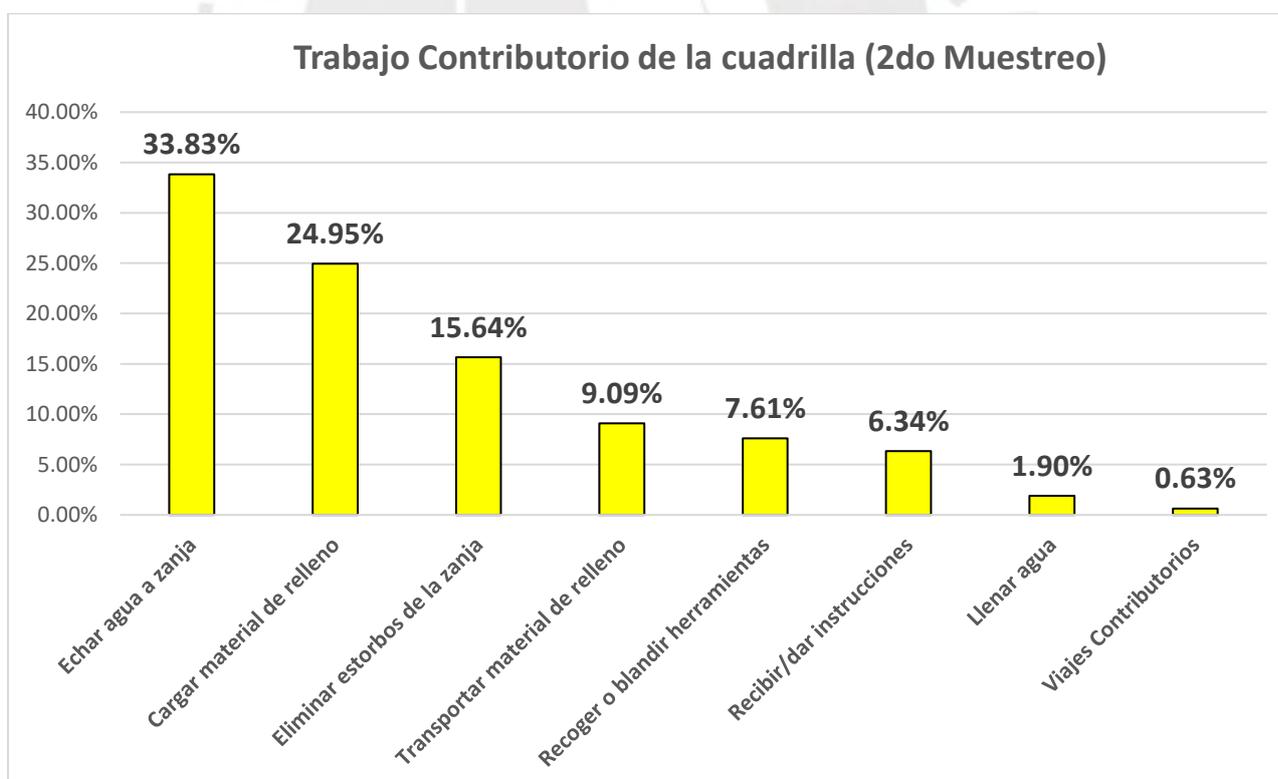
- *Figura D-17. Histograma de Trabajo Contributorio de la cuadrilla en Actividad 05 (1er Muestreo). Elaboración propia.*



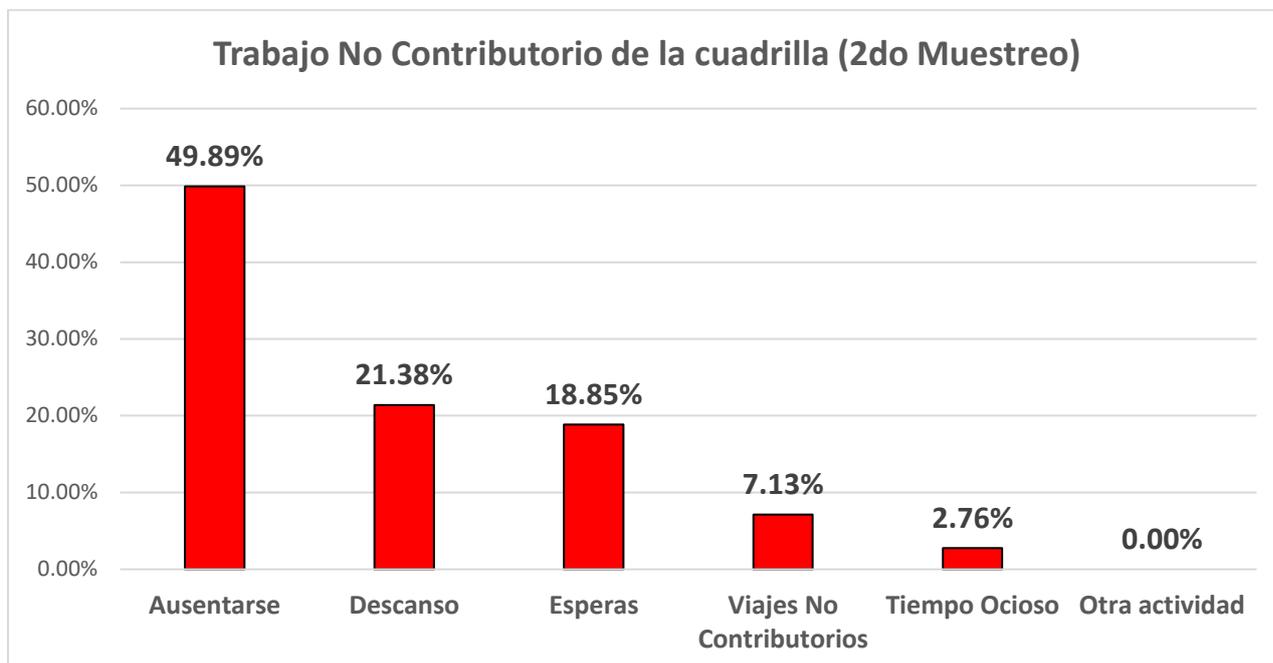
- *Figura D-18. Histograma de Trabajo No Contributorio de la cuadrilla para Actividad 05 (1er Muestreo). Elaboración propia.*



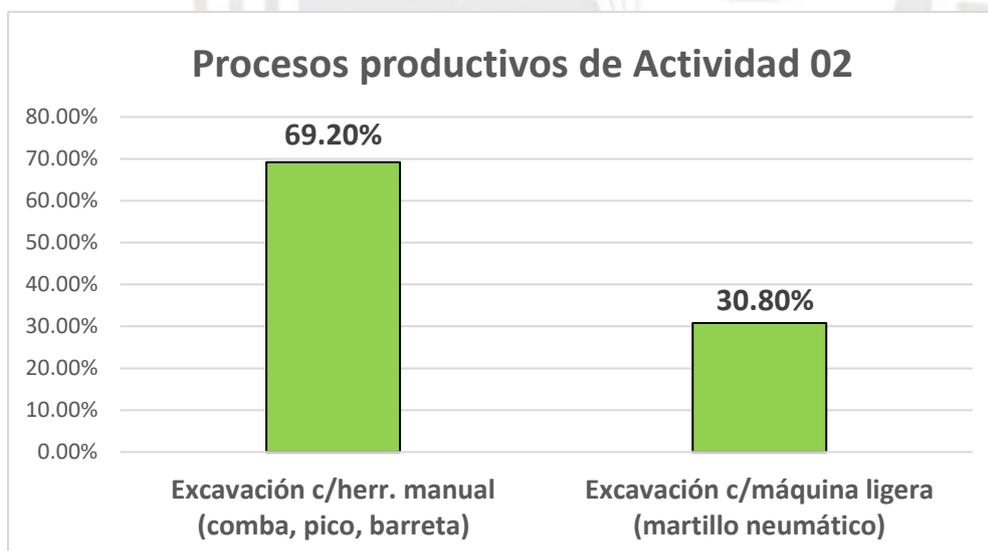
- *Figura D-19. Histograma de Trabajo Contributorio de la cuadrilla para Actividad 05 (2do Muestreo). Elaboración propia.*



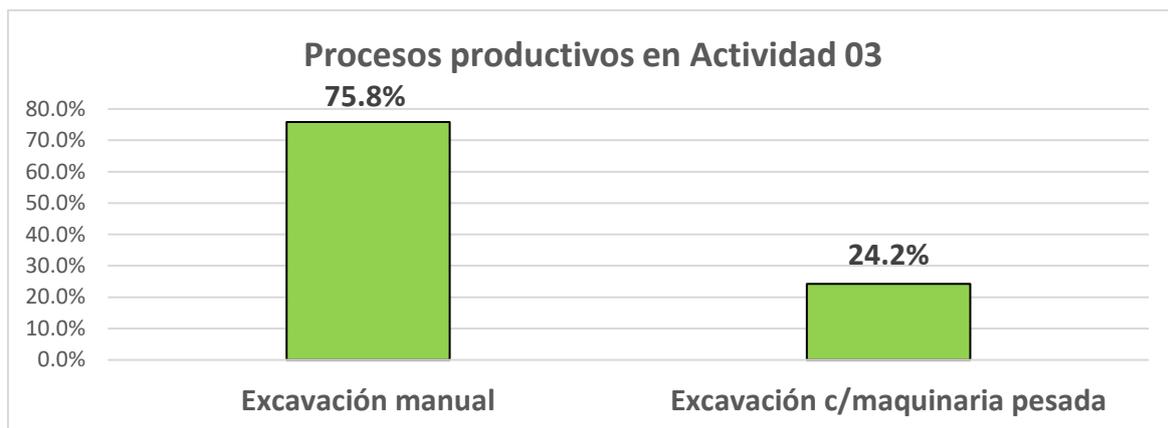
- *Figura D-20. Histograma de Trabajo No Contributorio de la cuadrilla para Actividad 05 (2do Muestreo). Elaboración propia.*



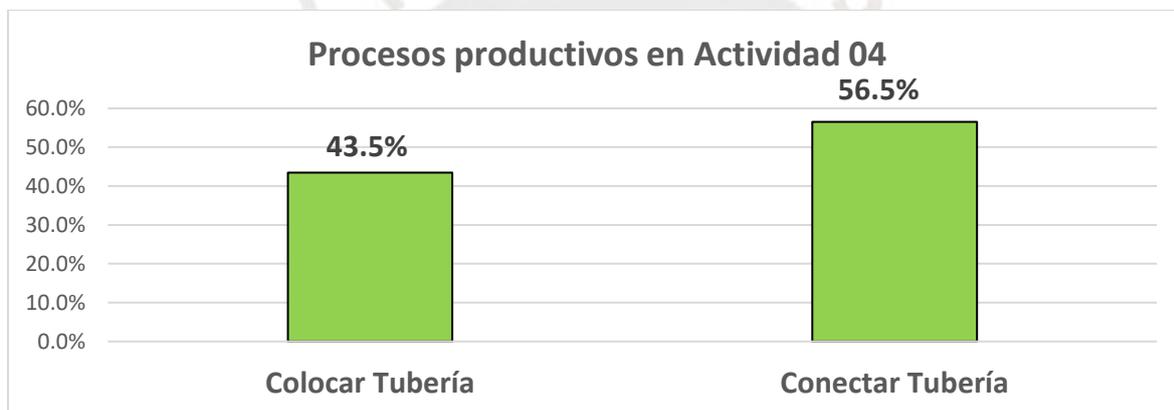
- *Figura D-21. Histograma de Trabajo Productivo final en Actividad 02. Elaboración propia.*



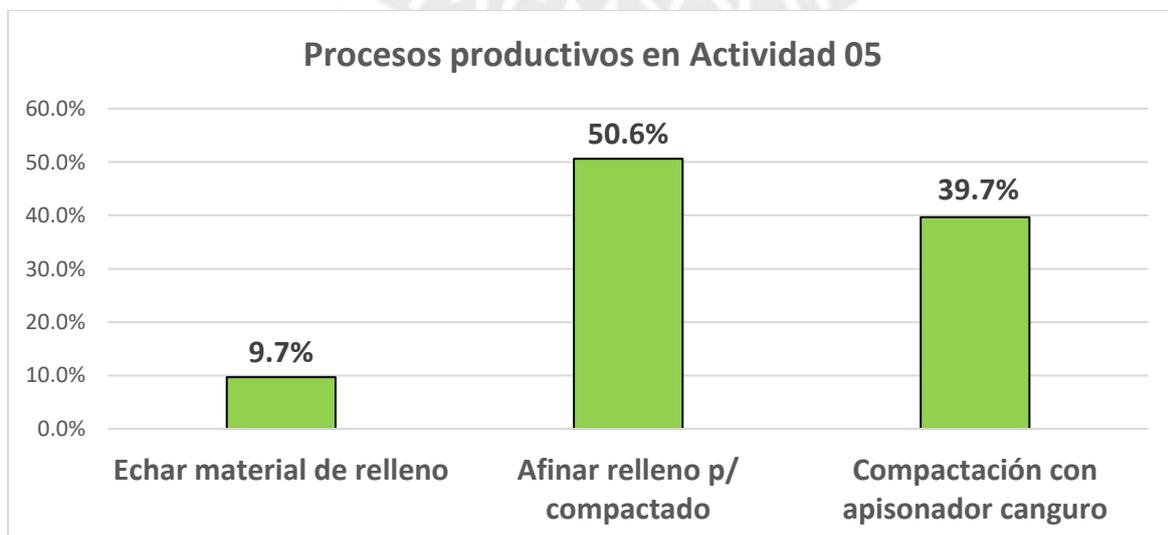
- *Figura D-22. Histograma de Trabajo Productivo final en Actividad 03. Elaboración propia.*



- *Figura D-23. Histograma de Trabajo Productivo final en Actividad 04. Elaboración propia.*



- *Figura D-24. Histograma de Trabajo Productivo final en Actividad 05. Elaboración propia.*



Anexo E – Tablas complementarias de Tomas de Muestras con Cartas Balance (Punto 4.3) y Discusión de Resultados (Punto 5.0)

- *Tabla E-1. Porcentajes de TP, TC y TNC por cada obrero (encargados de mezcla) en Actividad 01– 1er Muestreo*

	Trabajo	TRABAJADOR											
		1 (Op.) - Huayhua		2 (Peón) - Mallqui		3 (Peón) - Vílchez		4 (Peón) - Tangoa		5 (Peón) - Bautista		6 (Peón) - Abanto	
		Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%
TP	VAC	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
	Sub total	0		0		0		0		0		0	
TC	VIB	0	79.9%	0	44.3%	0	63.5%	0	49.8%	0	53.9%	0	49.80%
	MOV	0		0		0		0		0		0	
	VIA	3		4		3		18		12		22	
	TRANS	7		6		16		37		30		34	
	INST	8		0		15		0		0		0	
	HER	11		1		0		2		1		0	
	MEZ	107		0		0		0		0		0	
	LLEN	23		47		23		50		68		53	
	INS	3		27		27		2		7		0	
	CEM	0		12		55		0		0		0	
	AFI	13		0		0		0		0		0	
	Sub total	175		97		139		109		118		109	
TNC	E	12	20.1%	28	55.7%	19	36.5%	99	50.2%	85	46.1%	101	50.20%
	OC	0		7		10		2		8		0	
	D	31		72		47		8		7		7	
	AUS	1		15		4		1		1		2	
	Sub total	44		122		80		110		101		110	
TOTAL	219	100%	219	100%	219	100%	219	100%	219	100%	219	100%	

Nota: Elaboración propia.

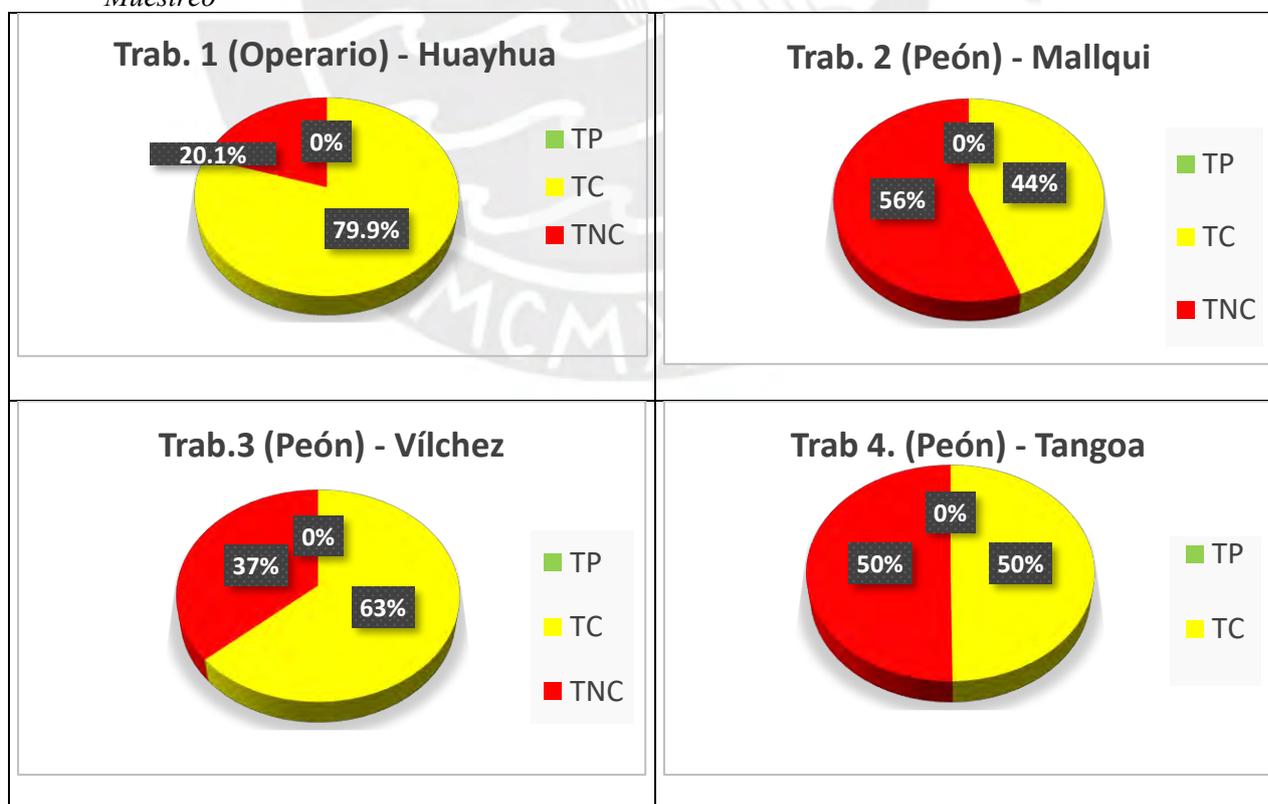
- *Tabla E-2. Porcentajes de TP, TC y TNC por cada obrero (encargados de vaciar y vibrar concreto) en Actividad 01 – 1er Muestreo*

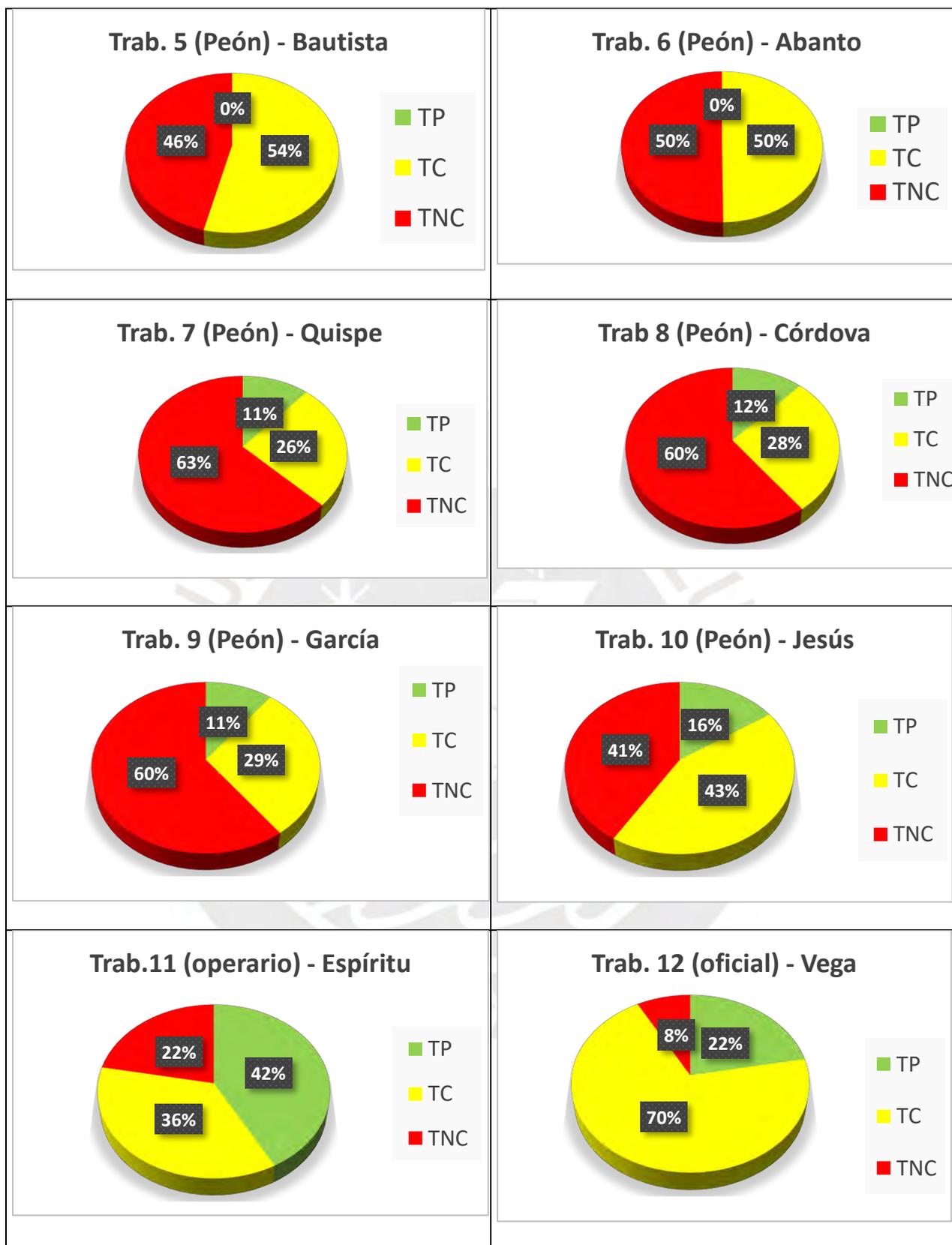
	Trabajo	TRABAJADOR											
		7 (Peón) - Quispe		8 (Peón) - Córdova		9 (Peón) - García		10 (Peón) - Jesús		11 (Op.) - Espíritu		12 (Of.) - Vega	
		Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%
TP	VAC	25	11.4%	26	11.9%	23	10.5%	34	15.5%	93	42.5%	48	22.0%
	Sub total	25		26		23		34		93		48	
TC	VIB	0	26.0%	0	27.8%	0	29.2%	0	43.4%	34	35.6%	116	69.8%

	MOV	0		0		0		11		38		30	
	VIA	27		30		34		53		2		0	
	TRANS	27		31		28		29		2		0	
	INST	3		0		2		2		1		2	
	HER	0		0		0		0		1		5	
	MEZ	0		0		0		0		0		0	
	LLEN	0		0		0		0		0		0	
	INS	0		0		0		0		0		0	
	CEM	0		0		0		0		0		0	
	AFI	0		0		0		0		0		0	
	Sub total	57		61		64		95		78		153	
TNC	E	118	62.60%	103	60.3%	117	60.3%	79	41.1%	38	21.9%	16	8.2%
	OC	3		2		1		4		8		2	
	D	8		19		14		6		2		0	
	AUS	8		8		0		1		0		0	
	Sub total	137		132		132		90		48		18	
TOTAL	219	100.0%	219	100.0%	219	100.0%	219	100.0%	219	100.0%	219	100.0%	

Nota: Elaboración propia.

- Tabla E-3. Gráficos de porcentajes productivos por cada trabajador en Actividad 01 – 1er Muestreo





Nota: Elaboración propia.

- Tabla E-4. Porcentajes de TP, TC y TNC por cada obrero (encargados de mezclar concreto) en Actividad 01 – 2do Muestreo

Trabajo	TRABAJADOR												
	1 (Op.) - Huayhua		2 (Peón) - Mallqui		3 (Peón) - Vílchez		4 (Peón) - Tangoa		5 (Peón) - Bautista		6 (Peón) - Abanto		
	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%	
TP	VAC	0		0		0		0		0		0	
	Sub total	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
TC	VIB	0		0		0		0		0		0	
	MOV	0		0		0		0		0		0	
	VIA	0		0		0	29		37		5		
	TRANS	0		50		56	43		46		27		
	INST	4		0		0	1		1		2		
	HER	20		1		1	4		1		7		
	MEZ	111	74.3%	0	46.5%	0	42.3%	0	54.8%	0	54.8%	0	43.6%
	LLEN	0		56		42		44		38		1	
	INS	44		5		3		11		9		16	
	CEM	0		0		0		0		0		47	
	AFI	0		0		0		0		0		0	
	Sub total	179		112		102		132		132		105	
TNC	E	55		129		136		79		83		67	
	OC	1		0		0		0		0		0	
	D	1	25.7%	0	53.5%	0	57.7%	30	45.2%	26	45.2%	53	56.4%
	AUS	5		0		3		0		0		16	
	Sub total	62		129		139		109		109		136	
TOTAL	241	100%	241	100%	241	100%	241	100%	241	100%	241	100%	

Nota: Elaboración propia

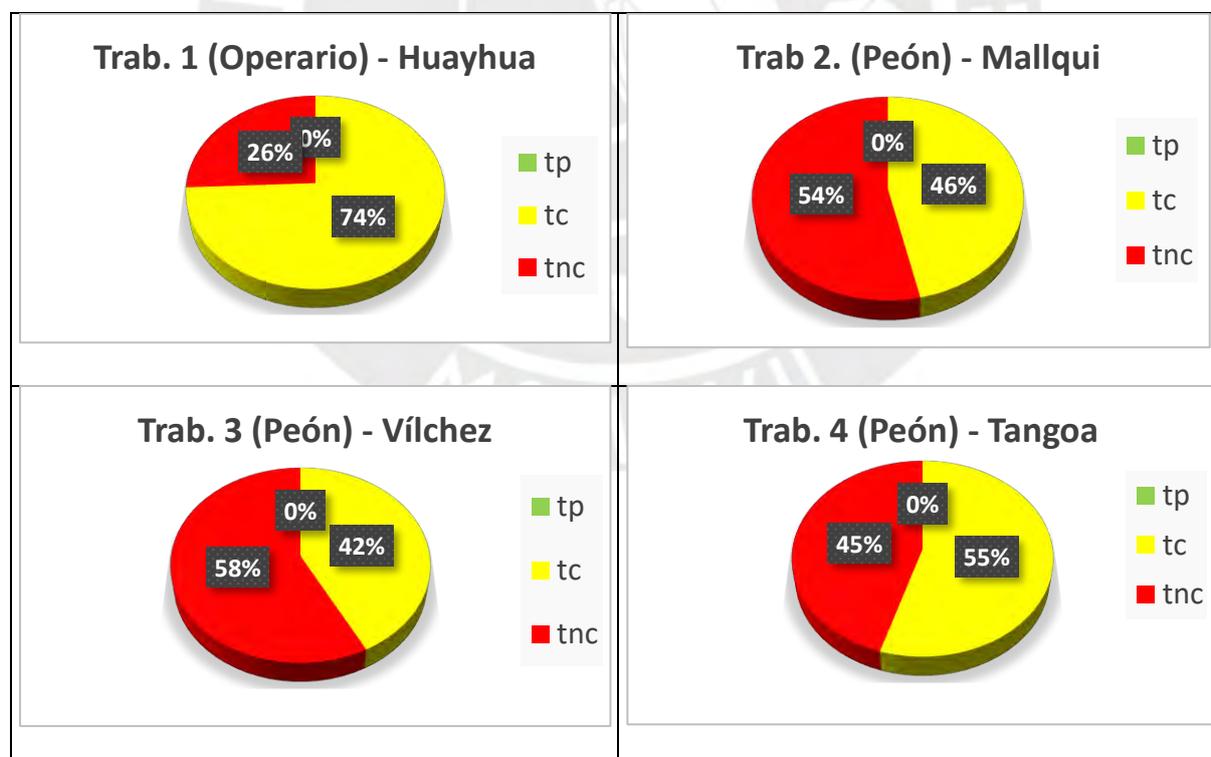
- Tabla E-5. Porcentajes de TP, TC y TNC por cada obrero (encargados de vaciar y vibrar concreto) en Actividad 01 – 2do Muestreo

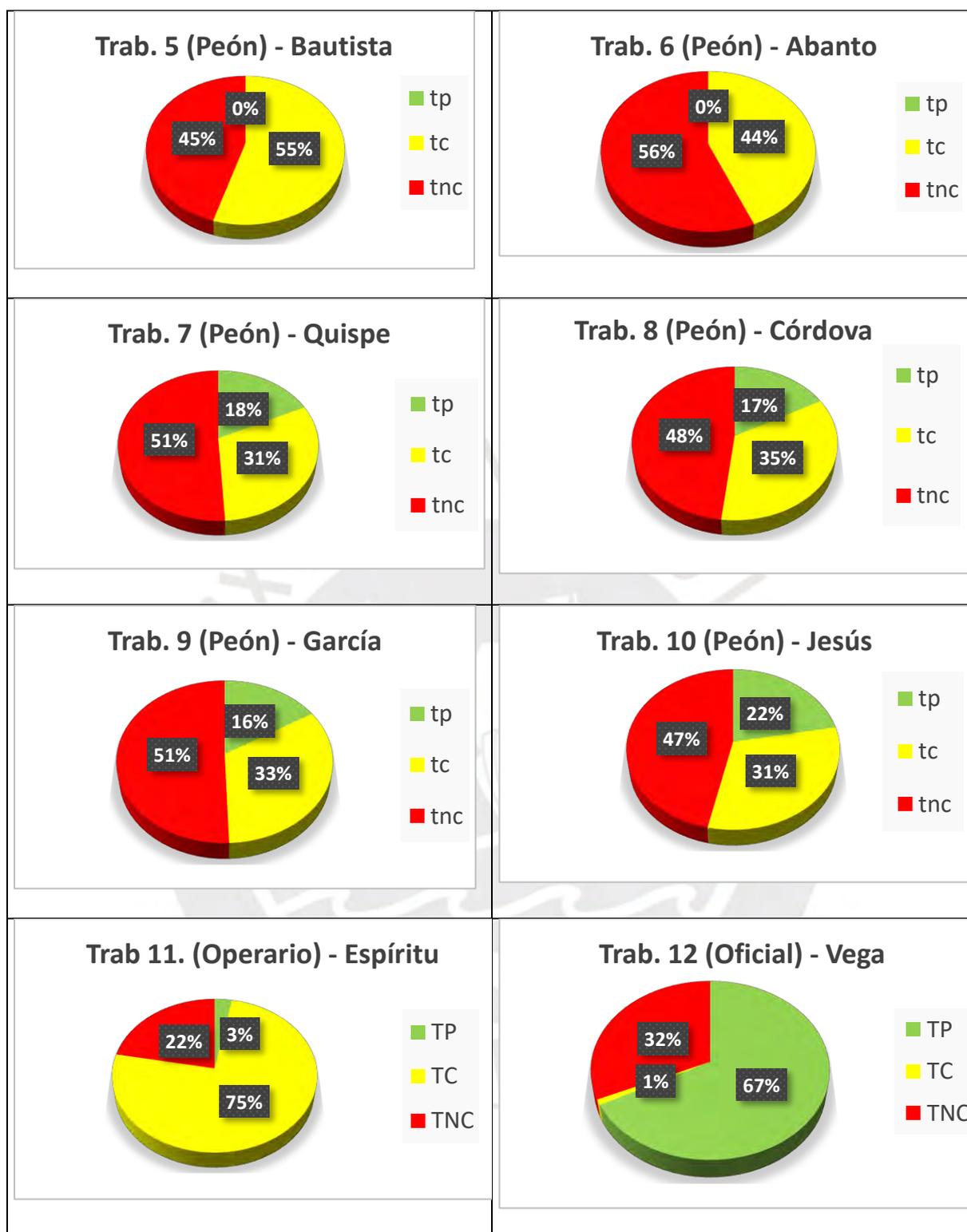
Trabajo	TRABAJADOR												
	7 (Peón) - Quispe		8 (Peón) - Córdova		9 (Peón) - García		10 (Peón) - Jesús		11 (Op.) - Espíritu		12 (Of.) - Vega		
	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%	
TP	VAC	43		41		39		53		7		163	
	Sub total	43	17.8%	41	17.0%	39	16.2%	53	22.0%	7	2.9%	163	67.6%
TC	VIB	0		0		0		0		110		0	
	MOV	0		0		0		0		71		1	
	VIA	36	31.2%	46	34.9%	35	33.2%	36	31.5%	0	75.1%	1	0.9%
	TRANS	39		38		45		40		0		0	

	INST	0		0		0		0		0		0	
	HER	0		0		0		0		0		0	
	MEZ	0		0		0		0		0		0	
	LLEN	0		0		0		0		0		0	
	INS	0		0		0		0		0		0	
	CEM	0		0		0		0		0		0	
	AFI	0		0		0		0		0		0	
	Sub total	75		84		80		76		181		2	
TNC	E	111	51.00%	113	48.1%	114	50.6%	105	46.5%	42	22.0%	73	31.5%
	OC	2		1		0		4		0		0	
	D	10		2		8		3		11		3	
	AUS	0		0		0		0		0		0	
	Sub total	123		116		122		112		53		76	
TOTAL	241	100.0%	241	100.0%	241	100.0%	241	100.0%	241	100.0%	241	100.0%	

Nota: Elaboración propia

- Tabla E-6. Gráficos de porcentajes productivos por cada trabajador en Actividad 01– 2do Muestreo





Nota: Elaboración propia

• Tabla E-7. Porcentajes de la cuadrilla en Actividad 01 – 1er Muestreo

Tipo	Leyenda	Descripción Actividad	Parcial	Total	Incid. Por trabajo	Incid. Total	%
TP	VAC	Vaciado de concreto	249	249	100.0%	9.47%	9.5%
TC	VIB	Vibrar el concreto	150	1255	12.0%	5.71%	47.8%

	MOV	Mover el concreto con lampa	79		6.3%	3.01%	
	VIA	Viajes contributorios: Desplazarse c/ bugui a trompo	208		16.6%	7.91%	
	TRANS	Transportar concreto / materiales	247		19.7%	9.40%	
	INST	Recibir / dar instrucciones	33		2.6%	1.26%	
	HER	Recoger o blandir herramientas (no bugui)	21		1.7%	0.80%	
	MEZ	Mezclar concreto	107		8.5%	4.07%	
	LLEN	Llenar insumos en balde	264		21.0%	10.05%	
	INS	Vaciar insumos en trompo	66		5.3%	2.51%	
	CEM	Abrir bolsa de cemento	67		5.3%	2.55%	
	AFI	Afinar máquina (trompo)	13		1.0%	0.49%	
TNC	E	Esperas	815	1124	72.5%	31.01%	42.8%
	OC	Tiempo ocioso	47		4.2%	1.79%	
	D	Descanso	221		19.7%	8.41%	
	AUS	Ausentarse	41		3.6%	1.56%	
	TOTAL		2628	2628		100.00%	100.0%

Nota: Elaboración propia

- Tabla E-8. Porcentajes de la cuadrilla en Actividad 01 – 2do Muestreo

Tipo	Leyenda	Descripción Actividad	Parcial	Total	Incid. Por trabajo	Incid. Total	%
TP	VAC	Vaciado de concreto	346	346	100.0%	11.96%	12.0%
TC	VIB	Vibrar el concreto	110	1260	8.7%	3.80%	43.6%
	MOV	Mover el concreto con lampa	72		5.7%	2.49%	
	VIA	Viajes contributorios: Desplazarse a trompo para recarga	225		17.9%	7.78%	
	TRANS	Transportar concreto / materiales	384		30.5%	13.28%	
	INST	Recibir / dar instrucciones	8		0.6%	0.28%	
	HER	Recoger o blandir herramientas (no bugui)	34		2.7%	1.18%	
	MEZ	Mezclar concreto	111		8.8%	3.84%	
	LLEN	Llenar insumos en balde	181		14.4%	6.26%	
	INS	Vaciar insumos en trompo	88		7.0%	3.04%	
	CEM	Abrir bolsa de cemento	47		3.7%	1.63%	
	AFI	Afinar máquina (trompo)	0		0.0%	0.00%	
TNC	E	Esperas	1107	1286	86.1%	38.28%	44.5%
	OC	Tiempo ocioso	8		0.6%	0.28%	
	D	Descanso	147		11.4%	5.08%	
	AUS	Ausentarse	24		1.9%	0.83%	
	TOTAL		2892	2892		100.00%	100.0%

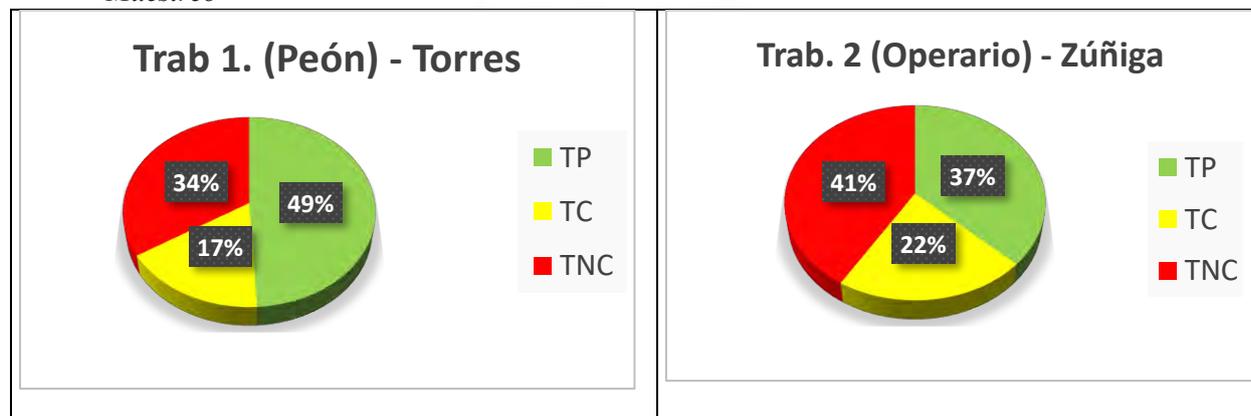
Nota: Elaboración propia.

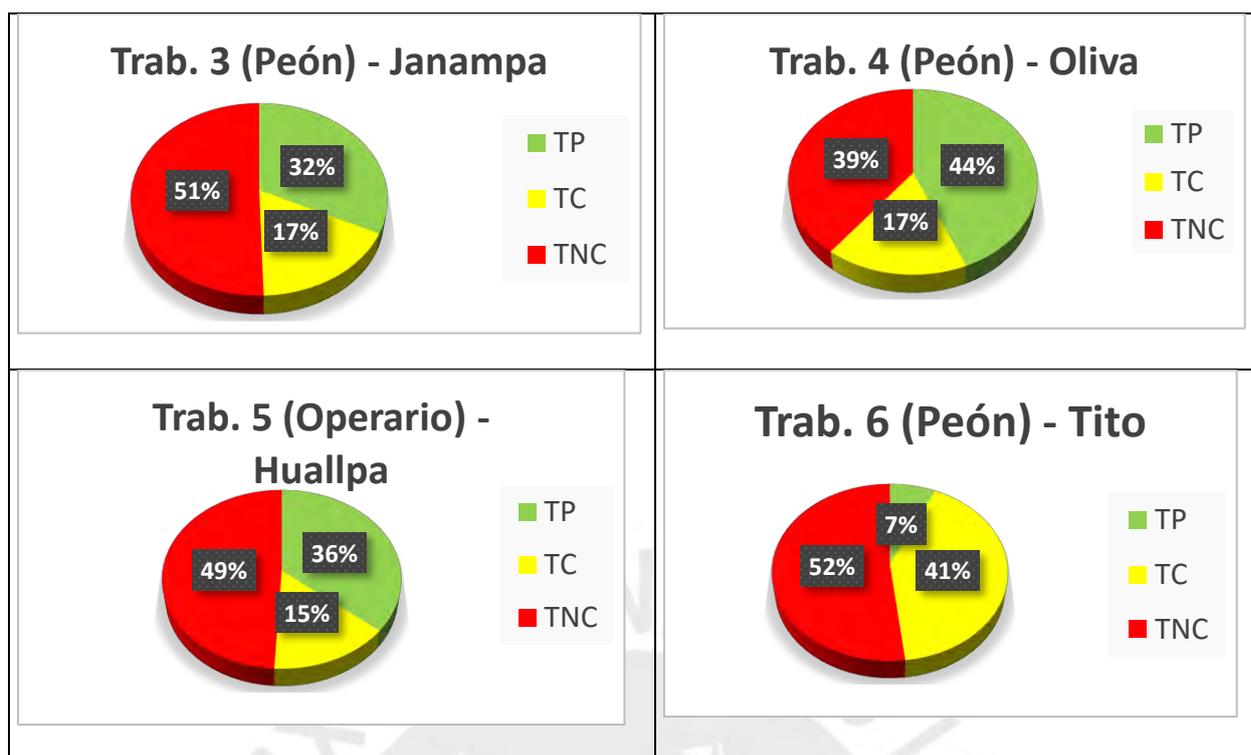
- Tabla E – 9. Porcentajes de TP, TC y TNC por cada obrero (Actividad 02) – 1er Muestreo

Trabajo	TRABAJADOR												
	1 (Peón) - Torres		2 (Operario) - Zúñiga		3 (Peón) - Janampa		4 (Operario) - Oliva		5 (Peón) - Huallpa		6 (Peón) - Tito		
	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%	
TP	EMAN	142		49		93		29		94		19	
	EML	0	49.1%	58	37.0%	0	32.2%	97	43.6%	10	36%	1	6.9%
	Sub total	142		107		93		126		104		20	
TC	INST	1		5		2		11		2		2	
	HER	14		7		11		4		9		30	
	AFI	0		3		0		10		0		2	
	DES	30	17.0%	14	21.8%	28	17.3%	14	16.9%	5	14.9%	80	41.2%
	TMEX	0		30		0		0		25		0	
	VIA	4		4		9		10		2		5	
	Sub Total	49		63		50		49		43		119	
TNP	E	1		46		16		33		55		27	
	V	13		4		9		5		4		4	
	OC	32		24		31		31		17		21	
	D	50	33.9%	23	41.2%	51	50.5%	30	39.5%	41	49.1%	23	51.9%
	AUS	2		22		39		15		25		75	
	LIM	0		0		0		0		0		0	
	Sub Total	98		119		146		114		142		150	
TOTAL	289	100%	289	100%	289	100.00%	289	100%	289	100%	289	100%	

Nota: Elaboración propia

- Tabla E – 10. Gráficos de porcentajes productivos por cada trabajador (Actividad 02) – 1er Muestreo





Nota: Elaboración propia

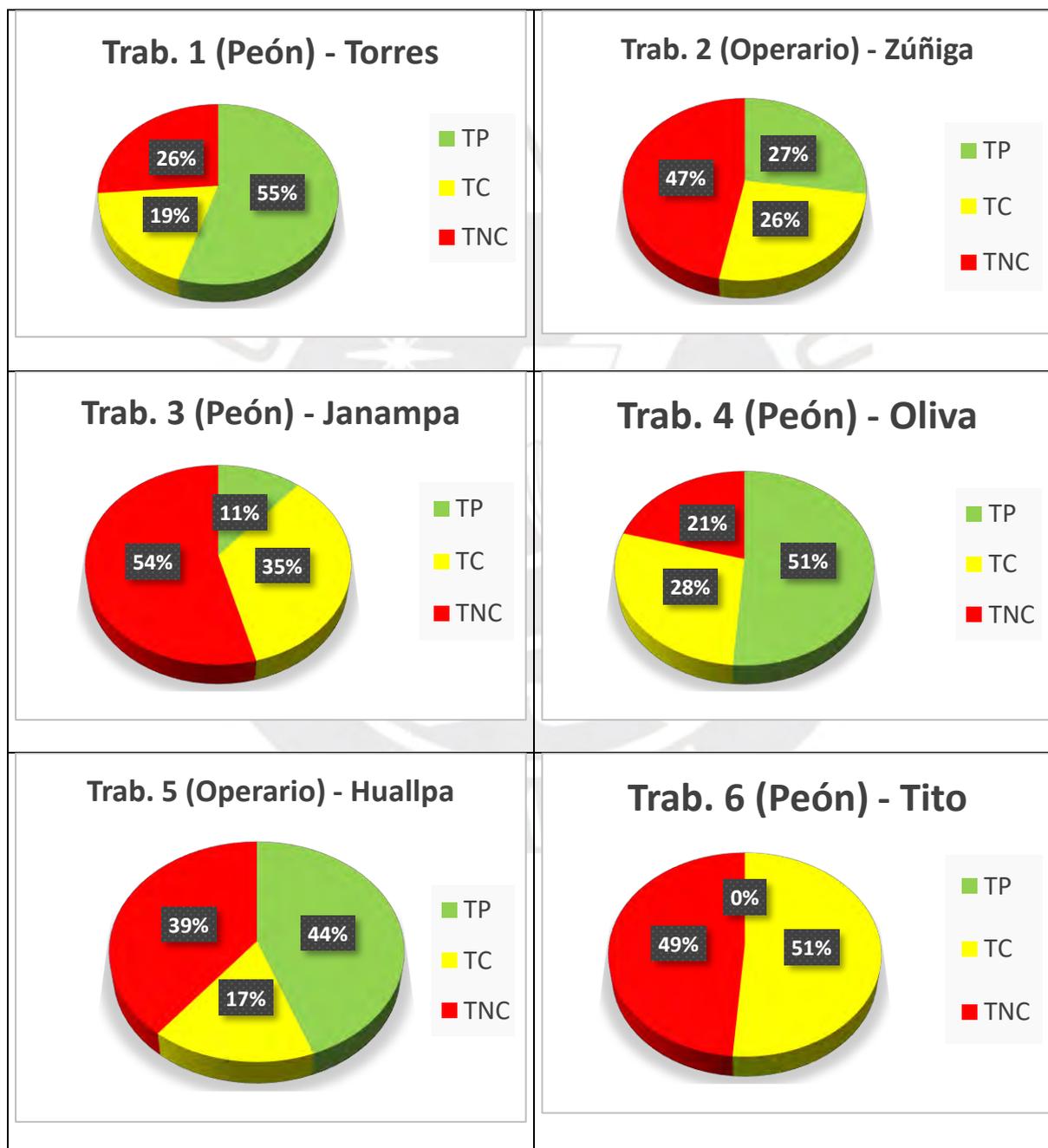
• Tabla E-11. Porcentajes de TP, TC y TNC por cada obrero (Actividad 02) – 2do Muestreo

Trabajo		TRABAJADOR											
		1 (Peón) - Torres		2 (Operario) - Zúñiga		3 (Peón) - Janampa		4 (Operario) - Oliva		5 (Peón) - Huallpa		6 (Peón) - Tito	
		Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%
TP	EMAN	206		1		43		62		170		0	
	EML	5	54.9%	104	27.3%	0	11.2%	135	51.3%	0	44.3%	0	0%
	Sub total	211		105		43		197		170		0	
TC	INST	2		0		10		6		0		0	
	HER	29		65		13		12		35		22	
	AFI	0		16		14		22		0		0	
	DES	20	18.8%	9	25.8%	95	34.6%	60	28.1%	24	16.4%	151	51.3%
	TMEX	0		0		0		0		0		20	
	VIA	21		9		1		8		4		4	
	Sub Total	72		99		133		108		63		197	
TNP	E	4		75		30		13		86		150	
	V	12		39		2		0		1		0	
	OC	7	26.3%	5	46.9%	9	54.2%	9	20.6%	0	39.3%	0	48.7%
	D	68		49		39		44		64		17	
	AUS	10		12		128		0		0		20	

LIM	0		0		0		13		0		0	
Sub Total	101		180		208		79		151		187	
TOTAL	384	100.0%	384	100%	384	100%	384	100%	384	100.0%	384	100%

Nota: Elaboración propia

- Tabla E-12. Gráficos de porcentajes productivos por cada trabajador (Actividad 02) – 2do Muestreo



Nota: Elaboración propia

• Tabla E-13. Porcentajes de la cuadrilla para Actividad 02 – 1er Muestreo

Tipo	Leyenda	Descripción actividad	Parcial	Total	Incid. por trabajo	Incid. Total	%
TP	EMAN	Excavación c/herr. manual (comba, pico, barreno)	426	592	72.0%	24.6%	34.1%
	EML	Excavación c/máquina ligera (martillo neumático)	166		28.0%	9.6%	
TC	INST	Recibir/dar instrucciones	23	373	6.2%	1.3%	21.5%
	HER	Recoger o blandir herramientas	75		20.1%	4.3%	
	AFI	Afinar máquina	15		4.0%	0.9%	
	DES	Despejar zanja de escombros hacia afuera de zanja	171		45.8%	9.9%	
	TMEX	Transporte y eliminación de material excedente	55		14.7%	3.2%	
	VIA	Viajes Contributorios	34		9.1%	2.0%	
TNC	E	Esperas	178	769	23.1%	10.3%	44.3%
	V	Viajes No Contributorios	39		5.1%	2.2%	
	OC	Tiempo Ocioso	156		20.3%	9.0%	
	D	Descanso	218		28.3%	12.6%	
	AUS	Ausentarse	178		23.1%	10.3%	
	LIM	Limpieza	0		0.0%	0.0%	
TOTAL			1734	1734		100.0%	100.0%

Nota: Elaboración propia

• Tabla E-14. Porcentajes de la cuadrilla para Actividad 02– 2do Muestreo

Tipo	Leyenda	Descripción actividad	Parcial	Total	Incid. por trabajo	Incid. Total	%
TP	EMAN	Excavación c/herr. manual (comba, pico, barreno)	482	726	66.4%	20.9%	31.51%
	EML	Excavación c/máquina ligera (taladro)	244		33.6%	10.6%	
TC	INST	Recibir/dar instrucciones	18	672	2.7%	0.8%	29.17%
	HER	Recoger o blandir herramientas	176		26.2%	7.6%	
	AFI	Afinar máquina	52		7.7%	2.3%	
	DES	Despejar zanja de escombros hacia afuera de zanja	359		53.4%	15.6%	
	TMEX	Transporte y eliminación de material excedente	20		3.0%	0.9%	
	VIA	Viajes Contributorios	47		7.0%	2.0%	
TNC	E	Esperas	358	906	39.5%	15.5%	39.32%
	V	Viajes No Contributorios	54		6.0%	2.3%	
	OC	Tiempo Ocioso	30		3.3%	1.3%	
	D	Descanso	281		31.0%	12.2%	
	AUS	Ausentarse	170		18.8%	7.4%	

LIM	Limpieza	13	1.4%	0.6%
TOTAL		2304	2304	100.0% 100.00%

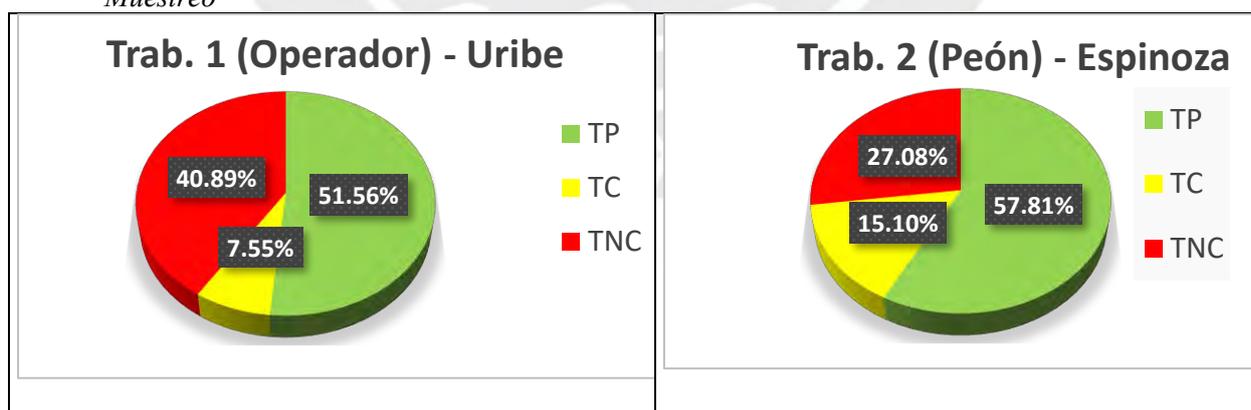
Nota: Elaboración propia.

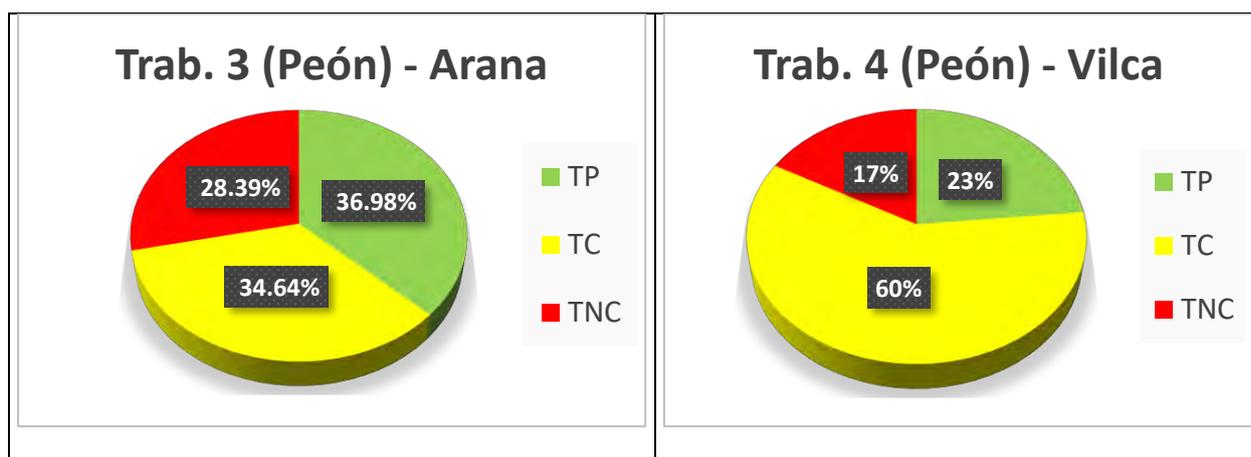
- Tabla E-15. Porcentajes de TP, TC y TNC por cada obrero (Actividad 03) – 1er Muestreo

TRABAJO	Trabajador								
	1 (Op.) - Uribe		2 (Peón) - Espinoza		3 (Peón) - Arana		4 (Peón) - Vilca		
	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%	
TP	EMAN	0		222		142		90	
	EMP	198	51.56%	0	57.81%	0	36.98%	0	23.44%
	sub-total	198		222		142		90	
TC	DES	0		45		77		182	
	HER	0		5		32		15	
	TMEX	0		0				3	
	INST	0	7.55%	8	15.10%	24	34.64%	29	59.64%
	AFI	29		0		0		0	
	VIA	0		0		0		0	
	sub-total	29		58		133		229	
TNC	E	140	40.89%	81	27.08%	36	28.39%	33	16.93%
	V	0		0		0		1	
	OC	0		0		0		0	
	D	17		23		19		24	
	AUS	0		0		54		7	
	sub-total	157		104		109		65	
TOTAL	384	100.0%	384	100.0%	384	100.0%	384	100.0%	

Nota: Elaboración propia

- Tabla E-16. Gráficos de porcentajes productivos por cada trabajador (Actividad 03) – 1er Muestreo





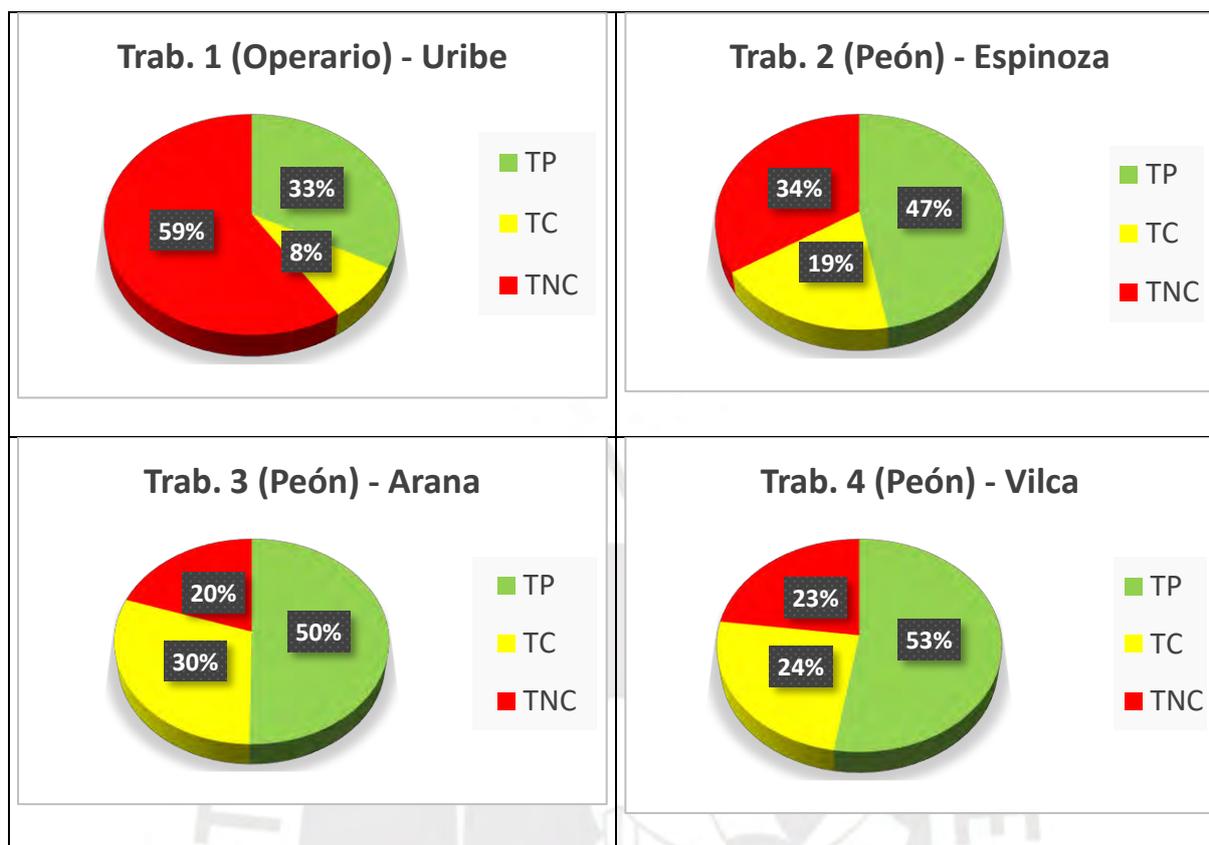
Nota: Elaboración propia

- Tabla E-17. Porcentajes de TP, TC y TNC por cada obrero (Actividad 03) – 2do Muestreo

TRABAJO	Trabajador								
	1 (Op.) - Uribe		2 (Peón) - Espinoza		3 (Peón) - Arana		4 (Peón) - Vilca		
	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%	
TP	EMP	126		0		0		0	
	EMAN	0	32.81%	181	47.14%	193	50.26%	202	52.60%
	sub-total	126		181		193		202	
TC	DES	0	8.07%	62	18.75%	86	29.95%	82	24.48%
	HER	0		4		11		2	
	INST	0		1		8		2	
	VIA	0		5		10		8	
	AFI	31		0		0		0	
	sub-total	31		72		115		94	
TNC	E	189	59.11%	115	34.11%	12	19.79%	47	22.92%
	V	0		0		5		0	
	D	0		2		23		11	
	AUS	38		14		5		30	
	OC	0		0		31		0	
	sub-total	227		131		76		88	
TOTAL	384	100.00%	384	100.00%	384	100.00%	384	100.00%	

Nota: Elaboración propia

- Tabla E-18. Gráficos de porcentajes productivos por cada trabajador (Actividad 03) – 2do Muestreo



Nota: Elaboración propia

- Tabla E-19. Porcentajes de la cuadrilla para Actividad 03 – 1er Muestreo

TIPO	LEYENDA	DESCRIPCION DE ACTIVIDAD	PARCIAL	TOTAL	INCID. POR TRABAJO	INCID. TOTAL	%
TP	EMAN	Excavación manual (comba, pico, etc)	454	652	69.63%	29.56%	42.45%
	EMP	Excavación c/máquina pesada	198		30.37%	12.89%	
TC	DES	Despejar Zanja	304	449	67.71%	19.79%	29.23%
	HER	Recoger o blandir herramientas	52		11.58%	3.39%	
	TMEX	Transportar material excedente	3		0.67%	0.20%	
	INST	Recibir/ dar instrucciones	61		13.59%	3.97%	
	AFI	Afinar maquinaria	29		6.46%	1.89%	
	VIA	Viajes Contributorios	0		0.00%	0.00%	

TNC	E	Esperas	290	435	66.67%	18.88%	28.32%
	V	Viajes sin materiales	1		0.23%	0.07%	
	OC	Tiempo ocioso	0		0.00%	0.00%	
	D	Descanso	83		19.08%	5.40%	
	AUS	Ausentarse	61		14.02%	3.97%	
TOTAL			1536	1536	100.00%	100.00%	

Nota: Elaboración propia

- Tabla E-20. Porcentajes de la cuadrilla para Actividad 03– 2do Muestreo

TIPO	LEYENDA	DESCRIPCION DE ACTIVIDAD	PARCIAL	TOTAL	Incid. Por trabajo	INCID. TOTAL	%
TP	EMAN	Excavacion manual (comba, pico, etc)	576	702	82.05%	37.50%	45.70%
	EMP	Excavacion c/maquina pesada	126		17.95%	8.20%	
TC	DES	Despejar Zanja	230	312	73.72%	14.97%	20.31%
	HER	Recoger o blandir herramientas	17		5.45%	1.11%	
	INST	Recibir/ dar instrucciones	11		3.53%	0.72%	
	AFI	Afinar maquinaria	31		9.94%	2.02%	
	VIA	Viajes Contributorios	23		7.37%	1.50%	
TNC	E	Esperas	363	522	69.54%	23.63%	33.98%
	V	Viajes No contributorios	5		0.96%	0.33%	
	OC	Tiempo ocioso	31		5.94%	2.02%	
	D	Descanso	36		6.90%	2.34%	
	AUS	Ausentarse	87		16.67%	5.66%	
TOTAL			1536	1536		100.00%	

Nota: Elaboración propia.

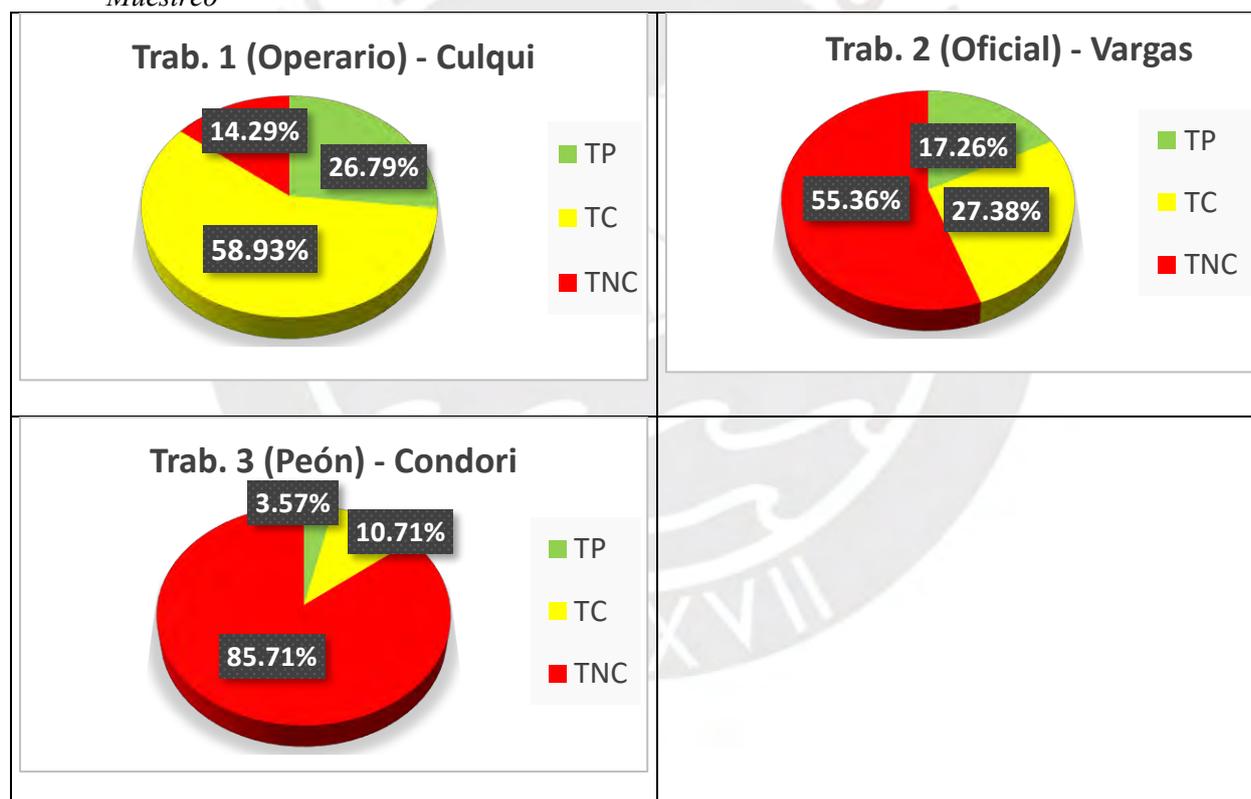
- Tabla E-21 – Porcentajes de TP, TC y TNC por cada obrero (Actividad 04) – 1er Muestreo

Trabajo	Obrero						
	1 (Operario) - Culqui		2 (Oficial) - Vargas		3 (Peón) - Condori		
	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%	
TP	COL	25	26.79%	24	17.26%	5	3.57%
	CON	20		5		1	
	Sub total	45		29		6	
TC	PLAS	2	58.93%	2	27.38%	0	10.71%
	RECUB	58		17		0	
	HER	11		5		4	

	VIA	14		2		1	
	INST	13		12		11	
	CAVAR	0		7		2	
	SACAR	1		1		0	
	Sub total	99		46		18	
TNC	E	2	14.29%	57	55.36%	24	85.71%
	V	15		13		14	
	OC	1		2		9	
	D	5		18		20	
	AUS	1		1		29	
	OA	0		2		48	
	Sub total	24		93		144	
TOTAL	168	100%	168	100%	168	100%	

Nota: Elaboración propia

- Tabla E-22. Gráficos de porcentajes productivos por cada trabajador (Actividad 04) – 1er Muestreo



Nota: Elaboración propia

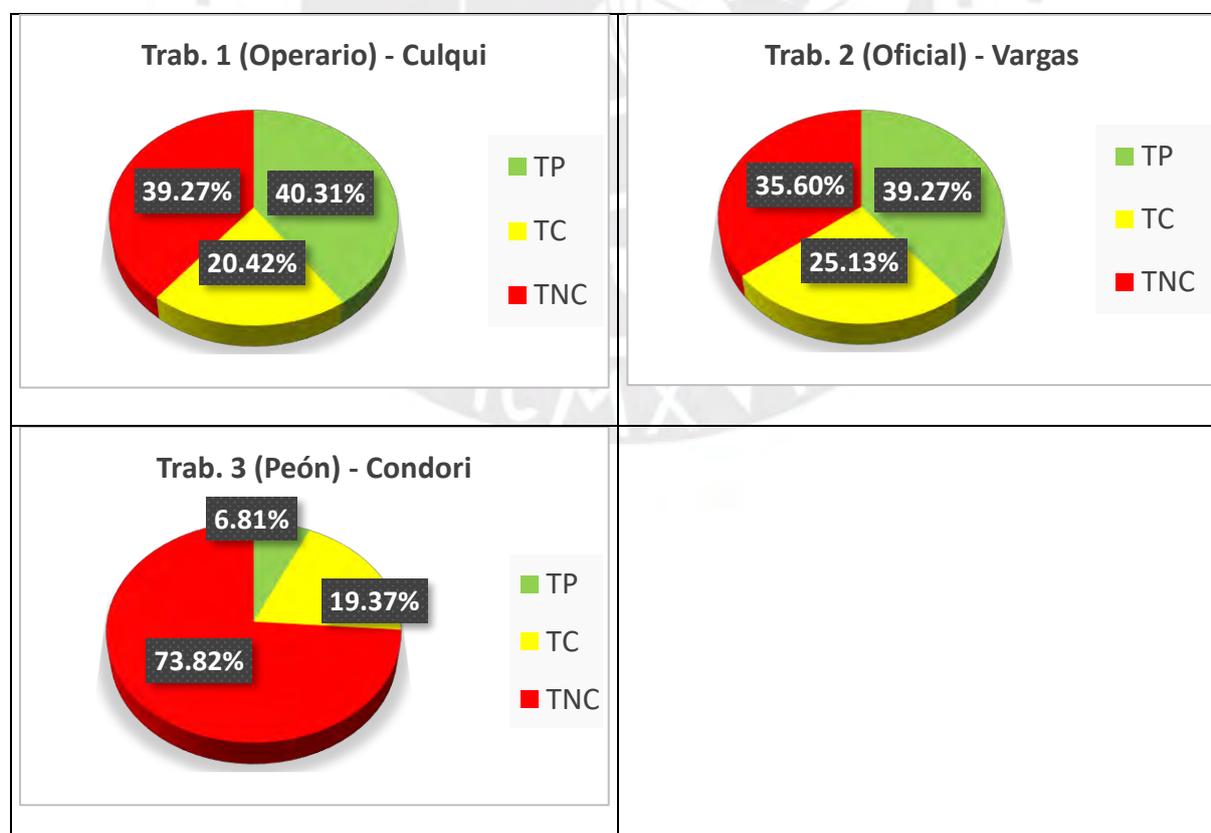
- Tabla E-23. Porcentajes de TP, TC y TNC por cada obrero (Actividad 04) – 2do Muestreo

	Trabajo	Obrero					
		1 (Operario) - Culqui		2 (Oficial) - Vargas		3 (Peón) - Condori	
		Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%
TP	COL	21	40.31%	7	39.27%	4	6.81%

	CON	56		68		9	
	Sub total	77		75		13	
TC	PLAS	0	20.42%	0	25.13%	0	19.37%
	RECUB	25		34		9	
	HER	5		7		23	
	VIA	0		0		1	
	INST	9		7		4	
	CAVAR	0		0		0	
	SACAR	0		0		0	
	Sub total	39		48		37	
TNC	E	40	39.27%	46	35.60%	99	73.82%
	V	2		0		0	
	OC	0		0		0	
	D	12		16		10	
	AUS	21		6		30	
	OA	0		0		2	
	Sub total	75		68		141	
TOTAL	191	100%	191	100%	191	100%	

Nota: Elaboración propia

- Tabla E-24. Gráficos de porcentajes productivos por cada trabajador (Actividad 04) – 2do Muestreo



Nota: Elaboración propia

• Tabla E-25. Porcentajes de la cuadrilla para Actividad 04 – 1er Muestreo

Tipo	Leyenda	Descripción de actividad	Parcial	Total	Incid. Por trabajo	Incid. Total	%
TP	COL	Colocar tubería	54	80	67.50%	10.71%	15.87%
	CON	Conectar tubería	26		32.50%	5.16%	
TC	PLAS	Abrir y manipular manga protectora	4	163	2.45%	0.79%	32.34%
	RECUB	Recubrir tubería c/ manga protectora	75		46.01%	14.88%	
	HER	Recoger o blandir herramientas	20		12.27%	3.97%	
	VIA	Viajes Contributorios	17		10.43%	3.37%	
	INST	Recibir / Dar instrucciones	36		22.09%	7.14%	
	CAVAR	Cavar el terreno para acomodar tubería	9		5.52%	1.79%	
	SACAR	Sacar escombros de la zanja	2		1.23%	0.40%	
TNC	E	Esperas	83	261	31.80%	16.47%	51.79%
	V	Viajes No contributorios	42		16.09%	8.33%	
	OC	Tiempo Ocioso	12		4.60%	2.38%	
	D	Descanso	43		16.48%	8.53%	
	AUS	Ausentarse	31		11.88%	6.15%	
	OA	Otra actividad	50		19.16%	9.92%	
TOTAL			504	504	300.00%	100.00%	100.00%

Nota: Elaboración propia

• Tabla E-26. Porcentajes de la cuadrilla para Actividad 04– 2do Muestreo

Tipo	Leyenda	Descripción de actividad	Parcial	Total	Incid. Por trabajo	Incid. Total	%
TP	COL	Colocar tubería	32	165	19.39%	5.58%	28.80%
	CON	Conectar tubería	133		80.61%	23.21%	
TC	PLAS	Abrir y manipular plástico impermeable	0	124	0.00%	0.00%	21.64%
	RECUB	Recubrir tubería c/ plástico impermeable	68		54.84%	11.87%	
	HER	Recoger o blandir herramientas	35		28.23%	6.11%	
	VIA	Viajes Contributorios	1		0.81%	0.17%	
	INST	Recibir / Dar instrucciones	20		16.13%	3.49%	
	CAVAR	Cavar el terreno para acomodar tubería	0		0.00%	0.00%	
	SACAR	Sacar escombros de la zanja	0		0.00%	0.00%	

TNC	E	Esperas	185	284	65.14%	32.29%	49.56%
	V	Viajes No contributorios	2		0.70%	0.35%	
	OC	Tiempo Ocioso	0		0.00%	0.00%	
	D	Descanso	38		13.38%	6.63%	
	AUS	Ausentarse	57		20.07%	9.95%	
	OA	Otra actividad	2		0.70%	0.35%	
TOTAL			573	573	300.00%	100.00%	100.00%

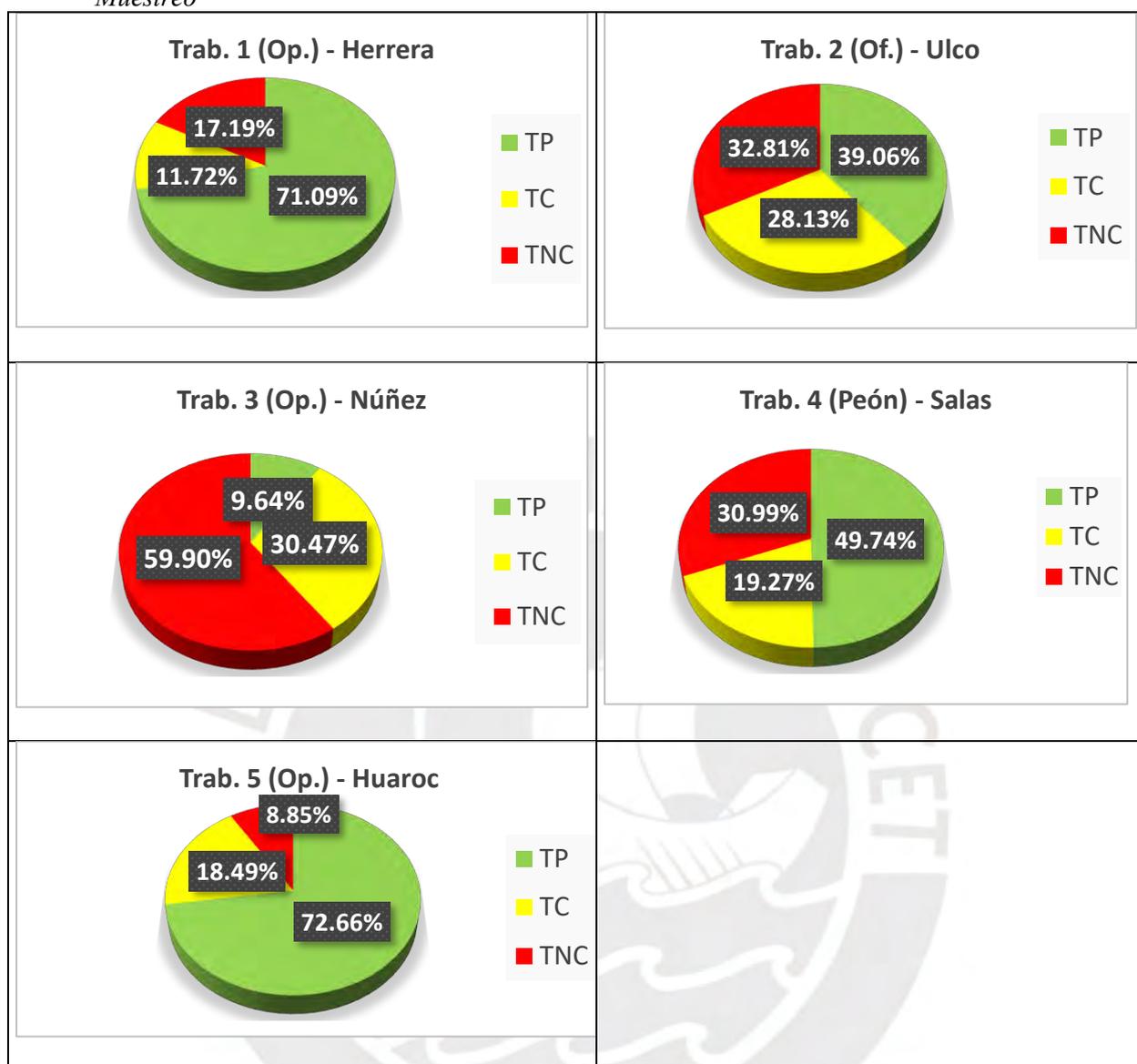
Nota: Elaboración propia.

- Tabla E-27. Porcentajes de TP, TC y TNC por cada obrero (Actividad 05) – 1er Muestreo

		TRABAJADOR									
	Trabajo	1 (Op.) - Herrera		2 (Of.) - Ulco		3 (Op.) - Núñez		4 (Peón) - Salas		5 (Op.) - Huaroc	
		Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%
TP	EMR	1	71.09%	0	39.06%	37	9.64%	10	49.74%	14	72.66%
	ATC	66		67		0		175		93	
	CML	206		83		0		6		172	
	Sub total	273		150		37		191		279	
TC	CARG	3	11.72%	4	28.13%	44	30.47%	0	19.27%	2	18.49%
	TRANS	0		16		47		4		8	
	HER	7		14		8		26		26	
	ELIM	10		15		2		0		0	
	INST	3		25		5		0		0	
	LLEN	0		2		0		19		10	
	H20	22		32		0		20		23	
	VIA	0		0		11		5		2	
Sub total	45	108	117	74	71						
TNC	E	31	17.19%	28	32.81%	61	59.90%	22	30.99%	4	8.85%
	V	0		4		38		7		5	
	OC	9		5		0		1		2	
	D	26		32		0		6		19	
	AUS	0		57		131		83		4	
	OA	0		0		0		0		0	
	Sub total	66		126		230		119		34	
TOTAL		384	100%	384	100%	384	100%	384	100.0%	384	100.0%

Nota: Elaboración propia

- Tabla E-28. Gráficos de porcentajes productivos por cada trabajador (Actividad 05) – 1er Muestreo



Nota: Elaboración propia

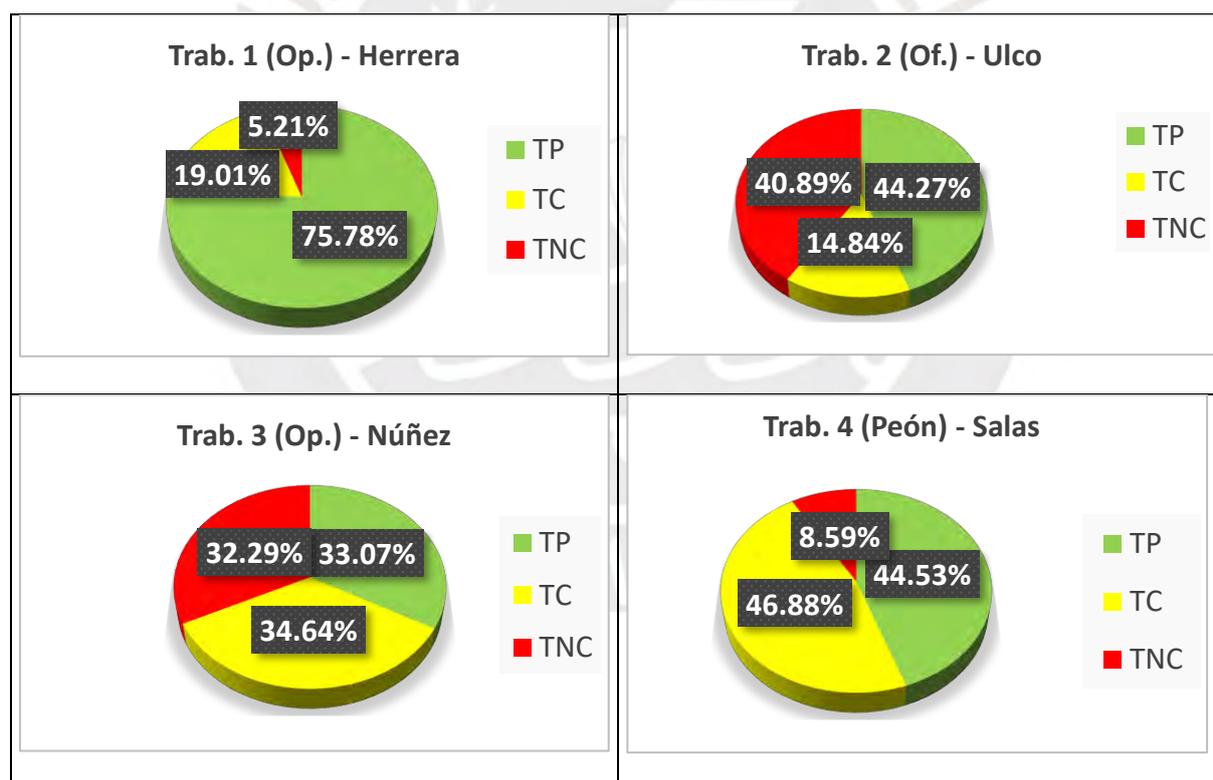
Tabla E-29. Porcentajes de TP, TC y TNC por cada obrero (Actividad 05) – 2do Muestreo

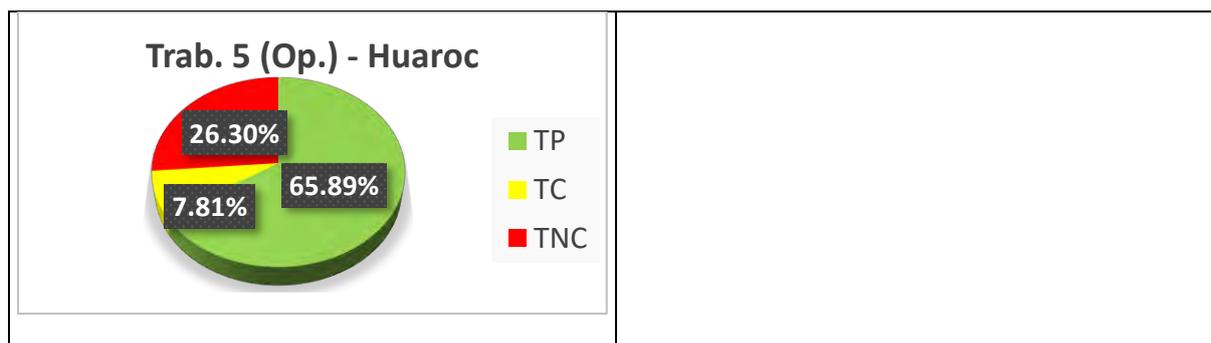
		TRABAJADOR									
Trabajo		1 (Op.) - Herrera		2 (Of.) - Ulco		3 (Op.) - Núñez		4 (Peón) - Salas		5 (Op.) - Huaroc	
		Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%
TP	EMR	0	75.78%	5	44.27%	124	33.07%	0	44.53%	0	65.89%
	ATC	195		165		3		171		54	
	CML	96		0		0		0		199	
	Sub total	291		170		127		171		253	
TC	CARG	7	19.01%	24	14.84%	82	34.64%	5	46.88%	0	7.81%
	TRANS	0		4		32		3		4	
	HER	9		4		4		19		0	

	ELIM	12		0		8		54		0	
	INST	9		0		7		14		0	
	LLEN	0		0		0		9		0	
	H2O	36		25		0		76		23	
	VIA	0		0		0		0		3	
	Sub total	73		57		133		180		30	
TNC	E	4	5.21%	6	40.89%	56	32.29%	8	8.59%	8	26.30%
	V	0		0		29		2		0	
	OC	0		0		0		0		12	
	D	16		7		38		13		19	
	AUS	0		144		1		10		62	
	OA	0		0		0		0		0	
	Sub total	20		157		124		33		101	
TOTAL	384	100%	384	100%	384	100%	384	100.00%	384	100.00%	

Nota: Elaboración propia

- Tabla E-30. Gráficos de porcentajes productivos por cada trabajador (Actividad 05) – 2do Muestreo





Nota: Elaboración propia

• Tabla E-31. Porcentajes de la cuadrilla para Actividad 05 – 1er Muestreo

Tipo	Leyenda	Descripción de actividad	Parcial	Total	Incid. Por trabajo	Incid. Total	%
TP	EMR	Echar material de relleno	62	930	6.67%	3.23%	48.44%
	ATC	Afinar terreno p/ compactado	401		43.12%	20.89%	
	CML	Compactación con máquina liger	467		50.22%	24.32%	
TC	CARG	Cargar material de relleno	53	415	12.77%	2.76%	21.61%
	TRANS	Transportar material de relleno	75		18.07%	3.91%	
	HER	Recoger o blandir herramientas	81		19.52%	4.22%	
	ELIM	Eliminar estorbos de la zanja	27		6.51%	1.41%	
	INST	Recibir/dar instrucciones	33		7.95%	1.72%	
	LLEN	Llenar agua	31		7.47%	1.61%	
	H2O	Echar agua a zanja	97		23.37%	5.05%	
	VIA	Viajes Contributorios	18		4.34%	0.94%	
TNC	E	Esperas	146	575	25.39%	7.60%	29.95%
	V	Viajes No Contributorios	54		9.39%	2.81%	
	OC	Tiempo Ocioso	17		2.96%	0.89%	
	D	Descanso	83		14.43%	4.32%	
	AUS	Ausentarse	275		47.83%	14.32%	
	OA	Otra actividad	0		0.00%	0.00%	
TOTAL			1920	1920	300.00%	100.00%	100.00%

Nota: Elaboración propia

• Tabla E-32. Porcentajes de la cuadrilla para Actividad 05– 2do Muestreo.

Tipo	Leyenda	Descripción de actividad	Parcial	Total	Incid. Por trabajo	Incid. Total	%
TP	EMR	Echar material de relleno	129	1012	12.75%	6.72%	52.71%
	ATC	Afinar terreno p/ compactado	588		58.10%	30.63%	

	CML	Compactación con máquina ligera	295		29.15%	15.36%	
TC	CARG	Cargar material de relleno	118	473	24.95%	6.15%	24.64%
	TRANS	Transportar material de relleno	43		9.09%	2.24%	
	HER	Recoger o blandir herramientas	36		7.61%	1.88%	
	ELIM	Eliminar estorbos de la zanja	74		15.64%	3.85%	
	INST	Recibir/dar instrucciones	30		6.34%	1.56%	
	LLEN	Llenar agua	9		1.90%	0.47%	
	H2O	Echar agua a zanja	160		33.83%	8.33%	
	VIA	Viajes Contributorios	3		0.63%	0.16%	
TNC	E	Esperas	82	435	18.85%	4.27%	22.66%
	V	Viajes No Contributorios	31		7.13%	1.61%	
	OC	Tiempo Ocioso	12		2.76%	0.63%	
	D	Descanso	93		21.38%	4.84%	
	AUS	Ausentarse	217		49.89%	11.30%	
	OA	Otra actividad	0		0.00%	0.00%	
TOTAL			1920	1920	300.00%	100.00%	100.00%

Nota: Elaboración propia.

- Tabla E-33. Cálculo de Índice de productividad (IP) y Costo Unitario (C.U.) en base a velocidad propuesta por el APU – Actividad 01.

Jornada laboral = 8 h						
Velocidad M.O. = 25 m ³ /día						
Mano de Obra	Und	Cuadrilla	Cantidad = (Cuadrilla*Jornada) /Velocidad	Precio (S/.)	Parcial (S/.)	
Capataz	hh	0.1	0.032	27.54	0.88	
Operario	hh	2	0.64	23.46	15.01	
Oficial	hh	1	0.32	18.56	5.94	
Peón	hh	9	2.88	16.78	48.33	
Productividad M.O. (hh/m³)			3.872	Costo Unitario M.O. (S/.)	70.16	

Nota: Elaboración propia

- Tabla E-34. Cálculo de Índice de productividad (IP) y Costo Unitario (C.U.) en base a velocidad real de campo – Actividad 01

Jornada laboral = 8 h					
Velocidad M.O. = 20.67 m ³ /día					
Mano de Obra	Und	Cuadrilla	Cantidad = (Cuadrilla*Jornada)/Velocidad	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
Capataz	hh	0.1	0.0387	27.54	1.07
Operario	hh	2	0.7741	23.46	18.16
Oficial	hh	1	0.3870	18.56	7.18
Peón	hh	9	3.4833	16.78	58.45
Productividad M.O. (hh/m³)			4.68	Costo Unitario M.O. (S/.)	84.86

Nota: Elaboración propia

- Tabla E-35. Cálculo de Índice de productividad (IP) y Costo Unitario (C.U.) en base a velocidad propuesta por APU – Actividad 02

Jornada laboral = 8 h					
Velocidad M.O. = 12.78 m/día					
Mano de Obra	Und	Cuadrilla	Cantidad = (Cuadrilla*Jornada)/Velocidad	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
Capataz	hh	0.1	0.0626	27.54	1.72
Operario	hh	2	1.252	23.46	29.37
Peón	hh	4	2.504	16.78	42.02
Productividad M.O. (hh/m)			3.82	Costo Unitario M.O. (S/.)	73.11

Nota: Elaboración propia

- Tabla E-36. Cálculo de Índice de productividad (IP) y Costo Unitario (C.U.) en base a velocidad real de campo – Actividad 02

Jornada laboral = 8 h					
Velocidad M.O. = 8.73 m/día					
Mano de Obra	Und	Cuadrilla	Cantidad = (Cuadrilla*Jornada)/Velocidad	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
Capataz	hh	0.1	0.0916	27.54	2.52
Operario	hh	2	1.833	23.46	43.00
Peón	hh	4	3.666	16.78	61.52
Productividad M.O. (hh/m)			5.59	Costo Unitario M.O. (S/.)	107.04

Nota: Elaboración propia

• Tabla E-37. Metrado total de Actividad 02 – Excavación de zanja en terreno rocoso.

ÍTEM	PARTIDA	UND	METRADO
3.01	LÍNEA DE IMPULSIÓN PROYECTADA 100mm HD-C40 - (R-902 A RAP-01)		
03.01.06.01	Excavación zanja (s/exp) p/tub. t-rocoso II DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.	m	128.39
3.05	TRONCAL ESTRATÉGICA PROYECTADA RAP-01		
03.05.01.06.01	Excavación zanja (s/exp) p/tub. t-rocoso II DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.	m	201.39
03.05.02.06.01	Excavación zanja (s/exp) p/tub. t-rocoso II DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.	m	162.15
3.06	TRONCAL ESTRATÉGICA PROYECTADA RAP-02		
03.06.01.06.01	Excavación zanja (s/exp) p/tub. t-rocoso II DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.	m	29.52
03.06.02.06.01	Excavación zanja (s/exp) p/tub. t-rocoso II DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.	m	644.49
03.06.03.06.01	Excavación zanja (s/exp) p/tub. t-rocoso II DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.	m	77.88
3.07	TRONCAL ESTRATÉGICA PROYECTADA CD-02		
03.07.01.06.01	Excavación zanja (s/exp) p/tub. t-rocoso II DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.	m	189.5
03.07.02.06.01	Excavación zanja (s/exp) p/tub. t-rocoso II DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.	m	5.12
3.08	TRONCAL ESTRATÉGICA PROYECTADA CD-03		
03.08.01.06.01	Excavación zanja (s/exp) p/tub. t-rocoso II DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.	m	63.5
3.09	TRONCAL ESTRATÉGICA PROYECTADA CD-04		
03.09.01.06.01	Excavación zanja (s/exp) p/tub. t-rocoso II DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.	m	183.5
03.09.03.06.01	Excavación zanja (s/exp) p/tub. t-rocoso II DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.	m	71.5
03.09.04.06.01	Excavación zanja (s/exp) p/tub. t-rocoso II DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.	m	19.95
03.09.05.06.01	Excavación zanja (s/exp) p/tub. t-rocoso II DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.	m	3.2
3.1	TRONCAL ESTRATÉGICA PROYECTADA CD-05		
03.10.01.06.01	Excavación zanja (s/exp) p/tub. t-rocoso II DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.	m	136.75
03.10.02.06.01	Excavación zanja (s/exp) p/tub. t-rocoso II DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.	m	265.57
03.10.03.06.01	Excavación zanja (s/exp) p/tub. t-rocoso II DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.	m	206.78
03.10.04.06.01	Excavación zanja (s/exp) p/tub. t-rocoso II DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.	m	125.71
3.11	TRONCAL ESTRATÉGICA PROYECTADA CD-06		
03.11.01.06.01	Excavación zanja (s/exp) p/tub. t-rocoso II DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.	m	108.05
03.11.01.06.06	Excavación zanja (s/exp) p/tub. t-rocoso I DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.	m	21.7
03.11.02.06.01	Excavación zanja (s/exp) p/tub. t-rocoso II DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.	m	2.6

03.11.03.06.01	Excavación zanja (s/exp) p/tub. t-rocoso II DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.	m	3.36
		Total (m)	2,650.61

Fuente: Valores extraídos del “Expediente Técnico Incahuasi, 2021”.

- Tabla E-38. Cálculo de Índice de productividad (IP) y Costo Unitario (C.U.) en base a velocidad propuesta por APU – Actividad 03.

Jornada laboral = 8 h					
Velocidad M.O. = 206.09 m/día					
Mano de Obra	Und	Cuadrilla	Cantidad = (Cuadrilla*Jornada)/Velocidad	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
Capataz	hh	0.1	0.00388	27.54	0.107
Operador	hh	1	0.0388	24.46	0.949
Peón	hh	3	0.1164	16.78	1.953
Productividad M.O. (hh/m)			0.16	Costo Unitario M.O. (S/.)	3.0

Nota: Elaboración propia

- Tabla E-39. Cálculo de Índice de productividad (IP) y Costo Unitario (C.U.) en base a velocidad real de campo – Actividad 03.

Jornada laboral = 8 h					
Velocidad M.O. = 33.1 m/día					
Mano de Obra	Und	Cuadrilla	Cantidad = (Cuadrilla*Jornada)/Velocidad	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
Capataz	hh	0.1	0.0242	27.54	0.67
Operador	hh	1	0.242	24.46	5.92
Peón	hh	3	0.725	16.78	12.16
Productividad M.O. (hh/m)			0.99	Costo Unitario M.O. (S/.)	18.76

Nota: Elaboración propia

- Tabla E-40. Metrado total de Actividad 03 – Excavación de zanja en terreno normal.

ÍTEM	PARTIDA	UND	METRADO
3.06	TRONCAL ESTRATÉGICA PROYECTADA RAP-02		
03.06.02.06.06	Excavac. zanja (máq.) p/tub. terr-normal DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.	m	278.40
03.06.02.06.10	Excavac. zanja (máq.) p/tub. terr-normal DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.	m	56.00
03.06.03.06.10	Excavac. zanja (máq.) p/tub. terr-normal DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.	m	18.00
03.06.03.06.14	Excavac. zanja (máq.) p/tub. terr-normal DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.	m	82.00
3.07	TRONCAL ESTRATÉGICA PROYECTADA CD-02		

03.07.01.06.10	Excavac. zanja (máq.) p/tub. terr-normal DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.	m	171.80
03.07.03.06.01	Excavac. zanja (máq.) p/tub. terr-normal DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.	m	3.29
3.09	TRONCAL ESTRATÉGICA PROYECTADA CD-04		
03.09.01.06.14	Excavac. zanja (máq.) p/tub. terr-normal DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.	m	1,105.61
03.09.01.06.10	Excavac. zanja (máq.) p/tub. terr-normal DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.	m	96.50
03.09.02.06.06	Excavac. zanja (máq.) p/tub. terr-normal DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.	m	149.40
03.09.02.06.10	Excavac. zanja (máq.) p/tub. terr-normal DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.	m	18.50
03.09.03.06.06	Excavac. zanja (máq.) p/tub. terr-normal DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.	m	326.78
03.09.03.06.10	Excavac. zanja (máq.) p/tub. terr-normal DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.	m	11.50
3.1	TRONCAL ESTRATÉGICA PROYECTADA CD-05		
03.10.01.06.06	Excavac. zanja (máq.) p/tub. terr-normal DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.	m	458.18
5.01	REDES SECUNDARIAS DE AGUA POTABLE		
05.01.05.04	Excav. zanja (maq) p/tub. terr-normal DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.	m	117.41
Total (m)			2,893.37

Fuente: Valores extraídos del “Expediente Técnico Incahuasi, 2021”.

- Tabla E-41. Cálculo de Índice de productividad (IP) y Costo Unitario (C.U.) en base a velocidad propuesta por APU – Actividad 04.

Jornada laboral = 8 h					
Velocidad M.O. = 360 m/día					
Mano de Obra	Und	Cuadrilla	Cantidad = (Cuadrilla*Jornada)/Velocidad	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
Capataz	hh	0.1	0.0022	27.54	0.06
Operario	hh	1	0.022	23.46	0.52
Oficial	hh	1	0.022	18.56	0.41
Peón	hh	1	0.022	16.78	0.37
Productividad M.O. (hh/m)			0.068	Costo Unitario M.O. (S/.)	1.35

Nota: Elaboración propia

- *Tabla E-42. Cálculo de Índice de productividad (IP) y Costo Unitario (C.U.) en base a velocidad real de campo – Actividad 04.*

Jornada laboral = 8 h					
Velocidad M.O. = 96.7/día					
Mano de Obra	Und	Cuadrilla	Cantidad = (Cuadrilla*Jornada)/Velocidad	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
Capataz	hh	0.1	0.00827	27.54	0.23
Operario	hh	1	0.0827	23.46	1.94
Oficial	hh	1	0.0827	18.56	1.53
Peón	hh	1	0.0827	16.78	1.39
Productividad M.O. (hh/m)			0.256	Costo Unitario M.O. (S/.)	5.09

Nota: Elaboración propia

- *Tabla E-43. Metrado total de Actividad 04 – Tendido de tubería en zanja.*

ÍTEM	PARTIDA	UNIDAD	METRADO
03.01.04.01	Instalación de tubería de hierro dúctil DN 100	m	128.39
03.02.04.01	Instalación de tubería de hierro dúctil DN 100	m	312.91
03.05.01.04.01	Instalación de tubería de hierro dúctil DN 100	m	201.39
03.05.02.04.01	Instalación de tubería de hierro dúctil DN 100	m	162.15
03.06.01.04.01	Instalación de tubería de hierro dúctil DN 100	m	29.52
03.06.02.04.01	Instalación de tubería de hierro dúctil DN 100	m	978.89
03.06.03.04.01	Instalación de tubería de hierro dúctil DN 100	m	300.44
03.07.01.04.01	Instalación de tubería de hierro dúctil DN 100	m	1,060.07
03.07.02.04.01	Instalación de tubería de hierro dúctil DN 100	m	5.12
03.07.03.04.01	Instalación de tubería de hierro dúctil DN 100	m	3.29
03.07.04.04.01	Instalación de tubería de hierro dúctil DN 100	m	40.14
03.07.05.04.01	Instalación de tubería de hierro dúctil DN 100	m	8.01
03.08.01.04.01	Instalación de tubería de hierro dúctil DN 100	m	194.07
03.09.01.04.01	Instalación de tubería de hierro dúctil DN 100	m	1,577.11
03.09.02.04.01	Instalación de tubería de hierro dúctil DN 100	m	385.51
03.09.03.04.01	Instalación de tubería de hierro dúctil DN 100	m	409.78
03.09.04.04.01	Instalación de tubería de hierro dúctil DN 100	m	118.73
03.09.05.04.01	Instalación de tubería de hierro dúctil DN 100	m	3.20
03.10.01.04.01	Instalación de tubería de hierro dúctil DN 100	m	594.93
03.10.02.04.01	Instalación de tubería de hierro dúctil DN 100	m	355.32
03.10.03.04.01	Instalación de tubería de hierro dúctil DN 100	m	221.53
03.10.04.04.01	Instalación de tubería de hierro dúctil DN 100	m	213.21
03.11.01.04.01	Instalación de tubería de hierro dúctil DN 100	m	129.75
03.11.02.04.01	Instalación de tubería de hierro dúctil DN 100	m	2.60
03.11.03.04.01	Instalación de tubería de hierro dúctil DN 100	m	3.36
		Total (S/.)	7,439.42

Fuente: Valores extraídos del “Expediente Técnico Incahuasi, 2021”.

- Tabla E-44. Cálculo de Índice de productividad (IP) y Costo Unitario (C.U.) en base a velocidad propuesta por APU – Actividad 05.

Jornada laboral = 8 h					
Velocidad M.O. = 103.9 m/día					
Mano de Obra	Und	Cuadrilla	Cantidad = (Cuadrilla*Jornada) /Velocidad	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
Capataz	hh	0.1	0.00769	27.54	0.21
Operador	hh	1	0.0769	24.46	1.88
Operario	hh	2	0.154	23.46	3.61
Oficial	hh	1	0.0769	18.56	1.43
Peón	hh	1	0.0769	16.78	1.29
Productividad M.O. (hh/m)			0.392	Costo Unitario M.O. (S/.)	8.42

Nota: Elaboración propia

Tabla E-45. Cálculo de Índice de productividad (IP) y Costo Unitario (C.U.) en base a velocidad real de campo – Actividad 05.

Jornada laboral = 8 h					
Velocidad M.O. = 27.9 m/día					
Mano de Obra	Und	Cuadrilla	Cantidad = (Cuadrilla*Jornada) /Velocidad	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
Capataz	hh	0.1	0.02867	27.54	0.79
Operador	hh	1	0.2867	24.46	7.01
Operario	hh	2	0.5735	23.46	13.45
Oficial	hh	1	0.2867	18.56	5.32
Peón	hh	1	0.2867	16.78	4.81
Productividad M.O. (hh/m)			1.462	Costo Unitario M.O. (S/.)	31.39

Nota: Elaboración propia

- Tabla E-46. Medrado total de Actividad 05 – Relleno y compactación de zanja.

ÍTEM	PARTIDA	UNIDAD	METRADO
3.06	TRONCAL ESTRATÉGICA PROYECTADA RAP-02		
03.06.02.06.08	Relleno comp.zanja(pulso) p/tub t-normal DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.	m	278.40
03.06.02.06.12	Relleno comp.zanja(pulso) p/tub t-normal DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.	m	56.00
03.06.03.06.12	Relleno comp.zanja(pulso) p/tub t-normal DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.	m	18.00
03.06.03.06.16	Relleno comp.zanja(pulso) p/tub t-normal DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.	m	82.00
3.07	TRONCAL ESTRATÉGICA PROYECTADA CD-02		
03.07.01.06.12	Relleno comp.zanja(pulso) p/tub t-normal DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.	m	171.80
03.07.03.06.03	Relleno comp.zanja(pulso) p/tub t-normal DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.	m	3.29
3.09	TRONCAL ESTRATÉGICA PROYECTADA CD-04		
03.09.01.06.16	Relleno comp.zanja(pulso) p/tub t-normal DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.	m	1,105.61
03.09.01.06.12	Relleno comp.zanja(pulso) p/tub t-normal DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.	m	96.50
03.09.02.06.08	Relleno comp.zanja(pulso) p/tub t-normal DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.	m	149.40
03.09.02.06.12	Relleno comp.zanja(pulso) p/tub t-normal DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.	m	18.50
03.09.03.06.08	Relleno comp.zanja(pulso) p/tub t-normal DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.	m	326.78
03.09.03.06.12	Relleno comp.zanja(pulso) p/tub t-normal DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.	m	11.50
3.1	TRONCAL ESTRATÉGICA PROYECTADA CD-05		
03.10.01.06.08	Relleno comp.zanja(pulso) p/tub t-normal DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.	m	458.18
5.01	REDES SECUNDARIAS DE AGUA POTABLE		
05.01.05.06	Relleno comp.zanja(pulso) p/tub t-normal DN 100 - 150 de 1,01 m a 1,25 m prof.	m	117.41
		Total (m)	2,893.37

Fuente: Valores extraídos del “Expediente Técnico Incahuasi, 2021”.