

**UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**



Implementación de Lean Construction para la mejora de la productividad en el proyecto de rehabilitación de la Av. Faucett tramo Av. Morales Duarez – Av. Venezuela, Gobierno Regional del Callao

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR**

**Rony Richard Córdova Escajadillo**

**A S E S O R**

**Félix Germán Delgado Ramírez**

Lima, Perú

## **Dedicatoria**

Dedico esta investigación de manera especial a mi familia, padres, hermana, tía, primos; quienes fueron la base sólida de construcción de mi vida personal, cimentaron en mis los valores como la responsabilidad y deseos de superación, ellos representan el ideal al que quiero llegar.

## **Agradecimiento**

Agradezco infinitamente a Dios, ese Ser supremo que brinda soporte y fuerza a todos.

A mi familia recientemente constituida, Naisha y mi hijo Ricardo, quienes me ayudaron con su tiempo y comprensión.

Al Mg. Roberto Pineda, quien me brindo su asesoría, así como una amistad sincera en el transcurso de esta investigación.

A la Universidad Católica Sedes Sapientae, que fue mi alma mater y base fundamental de los conocimientos que adquirí.

## Resumen

La investigación fue realizada en el proyecto de rehabilitación de la Av. Faucett en el tramo de Av. Morales Duárez - Av. Venezuela, se analizó diez partidas con significancia en dicho proyecto vial; calculando la productividad, costo y tiempo base; se implementó la metodología Lean Construction.

Los objetivos fueron mejorar los tres índices más relevantes, logrando determinar que la técnica de Cero Pérdidas se optimizó.

La investigación es de tipo aplicada, nivel descriptivo-explicativo; con enfoque cuantitativo y el muestreo realizado fue no probabilístico.

Se tomó como base los datos del expediente para compararlo con los datos tomados en campo, se calculó la productividad, varianza, índices de desempeño y costos, se halló que la tarea corte de pavimento flexible tuvo una mejora del 56% en productividad y la actividad base granular fue de 1%. Los equipos, maquinarias y mano de obra durante el estudio fueron los mismos.

Las conclusiones fueron que la metodología Sin Pérdidas, permitió optimizar tres índices de las partidas del proyecto vial analizado; productividad, costo y tiempo, así mismo se recomienda la implementación de esta técnica en proyectos viales para obtener mejores resultados y reducir las restricciones del proyecto.

*Palabras claves:* Construcción, productividad, presupuesto.

## **Abstract**

The investigation was carried out in the project for the rehabilitation of Av. Faucett in the section of Av. Morales Duárez - Av. Venezuela, ten items with significance in said road project were analyzed; calculating productivity, cost and time base; Lean Construction methodology was implemented.

The objectives were to improve the three most relevant indices, managing to determine that the Zero Loss technique was optimized.

The research is of an applied type, descriptive-explanatory level; with a quantitative approach and the sampling carried out was non-probabilistic.

The file data was taken as a basis to compare it with the data taken in the field, productivity, variance, performance indices and costs were calculated, it was found that the flexible pavement cutting task had a 56% improvement in productivity and activity granular base was 1%. The equipment, machinery, and labor during the study were the same.

The conclusions were that the Lossless methodology allowed to optimize three indices of the items of the analyzed road project; productivity, cost and time, as well as the implementation of this technique in road projects is recommended to obtain better results and reduce project restrictions.

**Keywords:** Construction, productivity, budget.

## Índice

Dedicatoria.....	2
Agradecimiento.....	3
Resumen.....	4
Abstract.....	5
Indice de tablas.....	9
Indice de figuras.....	13
Introducción.....	15
Capítulo 1.....	16
1.1. Formulación del problema.....	16
1.2. Problemas de investigación.....	19
1.2.1. Problema general.....	19
1.2.2. Problemas específicos.....	19
1.3. Objetivos de Investigación.....	19
1.3.1. Objetivo general.....	20
1.3.2. Objetivos específicos.....	20
1.4. Delimitación.....	20
1.4.1. Área temática.....	21
1.4.2. Líneas de investigación.....	21
1.4.3. Temporal.....	21
1.4.4. Espacial.....	22
1.5. Justificación de la investigación.....	22
1.5.1. Justificación práctica.....	22
1.5.2. Justificación metodológica.....	23
1.5.3. Justificación social.....	24
Capítulo 2 Marco teórico.....	25
2.1. Antecedentes de investigación.....	25
2.1.1. Antecedentes nacionales.....	25
2.1.2. Antecedentes internacionales.....	28
2.2. Bases teóricas.....	30
2.2.1. Lean Construction.....	30
2.2.2. Productividad en los proyectos de construcción.....	32
2.2.3. Ciclo de la productividad.....	34
2.3. Definición de términos básicos.....	35
2.3.1. Principios de Lean Construction.....	35
2.3.2. Herramientas.....	36
2.3.3. Proceso a seguir para aplicar la Filosofía Sin Pérdidas.....	36
2.3.4. Rendimiento.....	38
2.3.5. Eficiencia.....	38
2.3.6. Eficacia.....	38
2.3.7. Relación entre eficiencia y eficacia.....	39
2.3.8. Factores que afectan la productividad.....	39
2.3.9. Pérdidas de la productividad.....	40
2.3.10. Técnicas para mejorar la productividad.....	40

2.3.11. Planificación de obra .....	41
2.3.12. Flujo de trabajo .....	41
2.3.13. Pérdidas .....	41
2.3.14. Producción sin pérdida.....	41
2.3.15. Trabajo productivo (TP) .....	41
2.3.17. Informe semanal de producción (ISP) .....	42
2.3.16. Trabajo contributivo (TC). .....	42
2.3.18. Programación semanal .....	42
2.3.19. Programación diaria (Parte Diario).....	42
2.3.20. Análisis de restricciones .....	43
2.3.21. Porcentaje de plan cumplido (PPC).....	43
Capítulo 3 Hipótesis y variables de la investigación .....	44
3.1. Hipótesis .....	44
3.1.1. Hipótesis principal .....	44
3.1.2. Hipótesis secundarias.....	44
3.2. Universo.....	44
3.3. Población.....	44
3.4. Muestra .....	45
3.5. Muestreo .....	45
3.6. Variables, dimensiones e indicadores .....	46
Capítulo 4.....	49
4.1. Diseño de ingeniería .....	49
4.2. Técnicas e instrumento de recolección de datos .....	51
4.3. Instrumentos de recolección de datos .....	54
4.3.1. Validez de instrumentos de recolección de datos .....	55
4.3.2. Rango de confianza de los instrumentos de recopilación de datos .....	56
4.4. Métodos de análisis de datos recolectados.....	56
Capítulo 5.....	58
Ingeniería del Proyecto .....	58
5.1. Proyecto base: Situación actual del proyecto.....	58
5.1.1. Ubicación política y geográfica .....	58
5.1.2. Accesos y vías de comunicación .....	59
5.1.3. Áreas de intervención .....	59
5.2. Especificaciones técnicas del proyecto de rehabilitación de pavimentación.....	59
5.3. Análisis de resultados de la partida corte de pavimento flexible e=2” .....	60
5.3.1. Examen antes de implementar la filosofía.....	60
5.3.2. Identificación de restricciones y mejoramiento con Lean Construction.....	70
5.3.3. Después de la implementación de filosofía cero pérdidas .....	71
5.4.1. Antes de implementar la filosofía.....	85
5.4. Análisis de resultados de la partida demolición de pavimento flexible e=0.05 m .....	85
5.4.2. Identificación de restricciones y mejoramiento con Lean Construction.....	95
5.4.3. Después de la implementación de filosofía cero pérdidas .....	96
5.5.1. Antes de implementar filosofía.....	110
5.5. Análisis de resultados de la partida demolición de pavimento rígido e=0.20 m.....	110
5.5.2. Identificación de restricciones y mejoramiento con Lean Construction.....	120
5.5.3. Después de la implementación de filosofía cero pérdidas .....	121

5.6.1. Antes de implementar la filosofía .....	136
5.6. Análisis de resultados de la partida eliminación de excedente c/volquete .....	136
5.6.2. Identificación de restricciones y mejoramiento con Lean Construction.....	146
5.6.3. Después de la implementación de filosofía cero pérdidas .....	147
5.7. Análisis de resultados de la partida excavación a nivel de subrasante.....	160
5.7.1. Antes de implementar la filosofía .....	160
5.7.2. Identificación de restricciones y mejoramiento con Lean Construction.....	170
5.7.3. Después de la implementación de filosofía cero pérdidas .....	171
5.8.1. Antes de implementar la filosofía .....	186
5.8. Análisis de resultados de la partida fresado de carpeta asfáltica e=5.00 cm. ....	186
5.8.2. Identificación de restricciones y mejoramiento con Lean Construction.....	196
5.8.3. Después de la implementación de filosofía cero pérdidas .....	197
5.9. Análisis de resultados de la partida compactación de subbase existente. ....	211
5.9.1. Antes de implementar la filosofía .....	211
5.9.2. Identificación de restricciones y mejoramiento con Lean Construction.....	221
5.9.3. Después de la implementación de filosofía cero pérdidas .....	222
5.10. Análisis de resultados de la partida base granular e=0.20 cm.....	237
5.10.1. Antes de implementar la filosofía .....	237
5.10.2. Identificación de restricciones y mejoramiento con Lean Construction.....	247
5.10.3. Después de la implementación de filosofía cero pérdidas .....	248
5.11. Análisis de resultados de la actividad carpeta asfáltica.....	262
5.11.1. Antes de implementar la filosofía .....	262
5.11.2. Identificación de restricciones y mejoramiento con Lean Construction.....	272
5.11.3. Después de la implementación de filosofía cero pérdidas .....	273
5.12. Análisis de resultados de la actividad concreto premezclado .....	287
5.12.1. Antes de implementar la filosofía .....	287
5.12.2. Identificación de restricciones y mejoramiento con Lean Construction.....	297
Capítulo 6.....	312
6.1. Discusión de Resultados .....	312
Capítulo 7.....	317
7.1. Conclusiones .....	317
Capítulo 8.....	318
8.1. Recomendaciones .....	318
Referencias Bibliográficas .....	319
Anexos .....	321
Anexo 1: Panel fotográfico de situación actual de la Av. Faucett.....	321
Anexo 2: Metrados del proyecto de rehabilitación. ....	325
Anexo 3: Presupuesto del proyecto de rehabilitación.....	326
Anexo 4: Instrumentos validados.....	327

## Indice de tablas

Tabla 1. Cociente de validación por juicio de expertos. ....	55
Tabla 2. Rangos de valores para validez. ....	56
Tabla 3. Productividad inicial de Corte en pavimento flexible. ....	61
Tabla 4. Días trabajados de la partida corte de pavimento flexible. ....	61
Tabla 5. Cantidad producida en partida corte de pavimento flexible. ....	62
Tabla 6. Productividad para análisis de partida corte de pavimento flexible. ....	62
Tabla 7. Varianza en productividad de partida corte de pavimento flexible. ....	63
Tabla 8. Cantidad efectiva de producción de la actividad corte de pavimento flexible. ....	65
Tabla 9. Cantidad global de producción en corte de pavimento flexible. ....	66
Tabla 10. Análisis de precios unitarios de la actividad corte de pavimento flexible. ....	67
Tabla 11. Utilización del tiempo por día de la actividad corte de pavimento flexible. ....	68
Tabla 12. Promedio de utilización del tiempo de la actividad corte de pavimento flexible. ....	69
Tabla 13. Utilización del tiempo de operario en corte de pavimento flexible. ....	71
Tabla 14. Cantidad producida optimizada con Lean Construction. ....	71
Tabla 15. Cantidad producida por día de la actividad corte de pavimento flexible. ....	72
Tabla 16. Promedio de la productividad de la actividad corte de pavimento flexible. ....	73
Tabla 17. Determinación de índice diario de lo producido en corte de pavimento flexible. ....	75
Tabla 18. Producción por día trabajado de corte de pavimento flexible. ....	77
Tabla 19. Utilización del tiempo para la actividad corte de pavimento flexible. ....	79
Tabla 20. Utilización del tiempo de operario en la actividad corte de pavimento flexible. ....	80
Tabla 21. Productividad inicial de demolición de pavimento flexible. ....	85
Tabla 22. Días trabajados de la partida en demolición pavimento flexible. ....	86
Tabla 23. Cantidad producida en partida demolición de pavimento flexible. ....	86
Tabla 24. Productividad para análisis de partida demolición de pavimento flexible. ....	87
Tabla 25. Varianza en productividad de partida demolición de pavimento flexible. ....	87
Tabla 26. Cantidad efectiva de producción de la actividad demolición de pavimento flexible. ..	90
Tabla 27. Cantidad global de producción en demolición de pavimento flexible. ....	91
Tabla 28. Análisis de precios unitarios de la actividad corte de pavimento flexible. ....	92
Tabla 29. Utilización del tiempo por día de la actividad demolición de pavimento flexible. ....	93
Tabla 30. Promedio de utilización del tiempo de demolición de pavimento flexible. ....	94
Tabla 31. Utilización del tiempo de operario en demolición de pavimento flexible. ....	95
Tabla 32. Cantidad producida optimizada con Lean Construction. ....	96
Tabla 33. Cantidad producida por día de la actividad demolición de pavimento flexible. ....	97
Tabla 34. Promedio de la productividad de la actividad demolición de pavimento flexible. ....	98
Tabla 35. Cálculo de índice diario de lo producido en demolición de pavimento flexible. ....	101
Tabla 36. Producción por día trabajado de demolición de pavimento flexible. ....	103
Tabla 37. Utilización del tiempo para la actividad demolición de pavimento flexible. ....	105
Tabla 38. Utilización del tiempo de operario en demolición de pavimento flexible. ....	105
Tabla 39. Productividad inicial de demolición de pavimento rígido. ....	111
Tabla 40. Días trabajados de la partida en demolición pavimento flexible. ....	111
Tabla 41. Cantidad producida en partida demolición de pavimento rígido. ....	112
Tabla 42. Productividad para análisis de partida demolición de pavimento rígido. ....	112
Tabla 43. Varianza en productividad de partida demolición de pavimento rígido. ....	113
Tabla 44. Cantidad efectiva de producción de la actividad demolición de pavimento rígido. ...	115

Tabla 45. Cantidad global de producción en demolición de pavimento rígido. ....	116
Tabla 46. Análisis de precios unitarios de la actividad corte de pavimento rígido. ....	117
Tabla 47. Utilización del tiempo por día de la actividad demolición de pavimento rígido. ....	118
Tabla 48. Promedio de utilización del tiempo de la actividad demolición de pavimento rígido. ....	119
Tabla 49. Utilización del tiempo de operario en demolición de pavimento rígido. ....	121
Tabla 50. Cantidad producida optimizada con Lean Construction. ....	122
Tabla 51. Cantidad producida por día de la actividad demolición de pavimento rígido. ....	123
Tabla 52. Promedio de la productividad de la actividad demolición de pavimento rígido. ....	124
Tabla 53. Cálculo de índice diario de lo producido en demolición de pavimento flexible. ....	127
Tabla 54. Producción por día trabajado de demolición de pavimento flexible. ....	129
Tabla 55. Utilización del tiempo para la actividad demolición de pavimento rígido. ....	131
Tabla 56. Utilización del tiempo de operario en demolición de pavimento flexible. ....	131
Tabla 57. Productividad inicial de eliminación de excedente c/volquete. ....	137
Tabla 58. Días trabajados de la partida en eliminación de excedente c/volquete 10 m3. ....	137
Tabla 59. Cantidad producida en partida eliminación de excedente c/volquete. ....	138
Tabla 60. Productividad para análisis de partida eliminación de excedente c/volquete. ....	138
Tabla 61. Varianza en productividad de partida eliminación de excedente c/volquete. ....	139
Tabla 62. Cantidad efectiva de producción de eliminación de excedente c/volquete. ....	141
Tabla 63. Cantidad global de producción en eliminación de excedente c/volquete. ....	142
Tabla 64. Análisis de precios unitarios de la actividad eliminación de excedente c/volquete. ..	143
Tabla 65. Utilización del tiempo por día de la actividad eliminación de excedente c/equipo. ....	144
Tabla 66. Promedio de utilización del tiempo de eliminación de excedente c/equipo. ....	145
Tabla 67. Utilización del tiempo de operario en eliminación de excedente c/equipo. ....	146
Tabla 68. Cantidad producida optimizada con Lean Construction. ....	147
Tabla 69. Cantidad producida por día de la actividad eliminación de excedente c/equipo. ....	148
Tabla 70. Promedio de la productividad de la actividad eliminación de excedente c/equipo. ...	149
Tabla 71. Cálculo de índice diario de lo producido en eliminación de excedente c/equipo. ....	151
Tabla 72. Producción por día trabajado de demolición de pavimento flexible. ....	153
Tabla 73. Utilización del tiempo para la actividad eliminación de excedente c/equipo. ....	155
Tabla 74. Utilización del tiempo de operario en demolición de pavimento flexible. ....	155
Tabla 75. Productividad inicial de excavación a nivel de subrasante. ....	161
Tabla 76. Días trabajados de la partida en excavación a nivel de subrasante. ....	161
Tabla 77. Cantidad producida en partida excavación a nivel de subrasante. ....	162
Tabla 78. Productividad para análisis de partida excavación a nivel de subrasante. ....	162
Tabla 79. Varianza en productividad de partida excavación a nivel de subrasante. ....	163
Tabla 80. Cantidad efectiva de producción de la actividad a nivel de subrasante. ....	165
Tabla 81. Cantidad global de producción en excavación a nivel de subrasante. ....	166
Tabla 82. Análisis de precios unitarios de la actividad excavación. ....	167
Tabla 83. Utilización del tiempo por día de la actividad excavación a nivel de subrasante. ....	168
Tabla 84. Promedio de utilización del tiempo de excavación a nivel de subrasante. ....	169
Tabla 85. Utilización del tiempo de operario en excavación a nivel de subrasante. ....	170
Tabla 86. Cantidad producida optimizada con Lean Construction. ....	171
Tabla 87. Cantidad producida por día de la actividad excavación a nivel de subrasante. ....	172
Tabla 88. Promedio de la productividad de la actividad excavación a nivel de subrasante. ....	173
Tabla 89. Determinación de índice diario en eliminación de excedente c/equipo. ....	175
Tabla 90. Producción por día trabajado de demolición de pavimento flexible. ....	177

Tabla 91. Utilización del tiempo para la actividad eliminación de excedente c/equipo. ....	180
Tabla 92. Utilización del tiempo de operario en la actividad. ....	180
Tabla 93. Productividad inicial de actividad analizada. ....	186
Tabla 94. Días trabajados de la actividad. ....	187
Tabla 95. Cantidad producida en actividad analizada. ....	187
Tabla 96. Productividad para análisis de actividad analizada. ....	188
Tabla 97. Varianza en productividad de actividad analizada. ....	188
Tabla 98. Cantidad efectiva de producción de la actividad analizada. ....	191
Tabla 99. Cantidad global de producción en actividad analizada. ....	192
Tabla 100. Análisis de precios unitarios de la actividad analizada. ....	192
Tabla 101. Utilización del tiempo por día de la actividad analizada. ....	194
Tabla 102. Promedio de utilización del tiempo de la actividad analizada. ....	194
Tabla 103. Utilización del tiempo de operario de actividad analizada. ....	196
Tabla 104. Cantidad producida optimizada con Lean Construction. ....	197
Tabla 105. Cantidad producida por día de la actividad analizada. ....	198
Tabla 106. Promedio de la productividad de la actividad analizada. ....	199
Tabla 107. Determinación de índice diario de lo producido en actividad analizada. ....	201
Tabla 108. Producción por día trabajado de actividad analizada. ....	203
Tabla 109. Utilización del tiempo para la actividad analizada. ....	205
Tabla 110. Utilización del tiempo de operario en la actividad analizada. ....	205
Tabla 111. Productividad inicial de compactación de subbase existente. ....	211
Tabla 112. Días trabajados de la partida en compactación de subbase existente. ....	212
Tabla 113. Cantidad producida en partida compactación de subbase existente. ....	212
Tabla 114. Productividad para análisis de partida compactación de subbase existente. ....	213
Tabla 115. Varianza en productividad de partida compactación de subbase existente. ....	213
Tabla 116. Cantidad efectiva de producción de compactación de subbase existente. ....	216
Tabla 117. Cantidad global de producción en compactación de subbase existente. ....	217
Tabla 118. Análisis de precios unitarios de la actividad compactación de subbase existente. ....	218
Tabla 119. Utilización del tiempo por día de la actividad compactación de subbase existente. ....	219
Tabla 120. Promedio de utilización del tiempo de compactación de subbase existente. ....	220
Tabla 121. Utilización del tiempo de operario de compactación de subbase. ....	221
Tabla 122. Cantidad producida optimizada con Lean Construction. ....	222
Tabla 123. Cantidad producida por día de la actividad compactación de subbase existente. ....	223
Tabla 124. Promedio de la productividad de la actividad compactación de subbase existente. ....	224
Tabla 125. Cálculo de índice diario de lo producido en compactación de subbase. ....	227
Tabla 126. Producción por día trabajado de compactación de subbase. ....	229
Tabla 127. Utilización del tiempo para la actividad compactación de subbase existente. ....	231
Tabla 128. Utilización del tiempo de operario en compactación de subbase existente. ....	231
Tabla 129. Productividad inicial de fresado de base granular e=0.20 cm. ....	237
Tabla 130. Días trabajados de la partida en base granular e=0.20 cm. ....	238
Tabla 131. Cantidad producida en partida base granular e=0.20 cm. ....	238
Tabla 132. Productividad para análisis de partida base granular e=0.20 cm. ....	239
Tabla 133. Varianza en productividad de partida base granular e=0.20 cm. ....	239
Tabla 134. Cantidad efectiva de producción de la actividad de base granular e=0.20 cm. ....	242
Tabla 135. Cantidad global de producción en base granular e=0.20 cm. ....	243
Tabla 136. Análisis de precios unitarios de la actividad base granular e=0.20 cm. ....	243

Tabla 137. Utilización del tiempo por día de la actividad base granular e=0.20 cm.....	245
Tabla 138. Promedio de utilización del tiempo de la actividad base granular e=0.20 cm.....	245
Tabla 139. Utilización del tiempo de operario de base granular e=0.20 cm. ....	247
Tabla 140. Cantidad producida optimizada con Lean Construction. ....	248
Tabla 141. Cantidad producida por día de la actividad base granular e=0.20 cm. ....	249
Tabla 142. Promedio de la productividad de la actividad base granular e=0.20 cm. ....	250
Tabla 143. Cálculo de índice diario de lo producido en base granular e=0.20 cm. ....	252
Tabla 144. Producción por día trabajado de base granular e=0.20 cm. ....	254
Tabla 145. Utilización del tiempo para la actividad base granular e=0.20 cm. ....	256
Tabla 146. Utilizacion del tiempo de operario en la actividad base granular e=0.20 cm. ....	256
Tabla 147. Productividad inicial de actividad.....	262
Tabla 148. Días trabajados de la actividad. ....	263
Tabla 149. Cantidad producida en actividad.....	263
Tabla 150. Productividad para análisis de la actividad. ....	264
Tabla 151. Varianza en productividad de la actividad.....	264
Tabla 152. Cantidad efectiva de producción de carpeta asfáltica en caliente.....	267
Tabla 153. Cantidad global de producción en carpeta asfáltica en caliente. ....	268
Tabla 154. Análisis de precios unitarios de la actividad carpeta asfáltica en caliente.....	269
Tabla 155. Utilización del tiempo por día de la actividad. ....	270
Tabla 156. Promedio de utilización del tiempo de la actividad carpeta asfáltica en caliente. ....	271
Tabla 157. Utilización del tiempo de operario de carpeta asfáltica en caliente.....	272
Tabla 158. Cantidad producida optimizada con Lean Construction.....	273
Tabla 159. Cantidad producida por día de la actividad carpeta asfáltica en caliente. ....	274
Tabla 160. Promedio de la productividad de la actividad carpeta asfáltica en caliente.....	275
Tabla 161. Determinación de índice diario de lo producido en carpeta asfáltica en caliente. ....	277
Tabla 162. Producción por día trabajado de carpeta asfáltica en caliente. ....	279
Tabla 163. Utilización del tiempo para la actividad. ....	281
Tabla 164. Utilizacion del tiempo de operario en la actividad. ....	282
Tabla 165. Productividad inicial de concreto. ....	287
Tabla 166. Días trabajados de la actividad concreto premezclado. ....	288
Tabla 167. Cantidad producida en partida concreto. ....	288
Tabla 168. Productividad para análisis de concreto premezclado. ....	289
Tabla 169. Varianza en producción diaria de actividad analizada.....	289
Tabla 170. Cantidad efectiva de producción de la actividad. ....	292
Tabla 171. Cantidad global de producción en la actividad.....	293
Tabla 172. Análisis de precios unitarios de la actividad concreto premezclado. ....	294
Tabla 173. Utilización del tiempo por día de la actividad. ....	295
Tabla 174. Promedio de utilización de las horas laborales de la actividad.....	296
Tabla 175. Utilización del tiempo de operario de actividad. ....	297
Tabla 176. Cantidad producida optimizada con Lean Construction.....	298
Tabla 177. Cantidad producida por día de la actividad .....	299
Tabla 178. Promedio de la productividad de la actividad.....	300
Tabla 179. Cálculo de índice diario de lo producido en la actividad.....	302
Tabla 180. Producción por día trabajado de actividad.....	304
Tabla 181. Utilización del tiempo para la actividad. ....	306
Tabla 182. Utilizacion del tiempo de operario en la actividad. ....	306

## Índice de figuras

Figura 1. Pirámide de niveles de la filosofía Sin Pérdidas. ....	32
Figura 2. Proceso que sigue los procesos eficientes .....	35
Figura 3. Factores que indican en lo producido. ....	40
Figura 4. Plano de ubicación del sector 807 y 808. ....	58
Figura 5. Comparación de rangos de variación estándar y valor diario de varianza. ....	63
Figura 6. Comparación de productividades en actividad corte de pavimento flexible. ....	64
Figura 7. Representación de los índices de los días trabajados en de pavimento flexible. ....	65
Figura 8. Costo unitario de la partida corte de pavimento flexible $e=2''$ . ....	67
Figura 9. Promedio de utilización de tiempo de la actividad corte de pavimento flexible. ....	69
Figura 10. Representación de la varianza de la productividad de corte de pavimento flexible. ....	74
Figura 11. Varianza de las productividades de la actividad corte de pavimento flexible. ....	74
Figura 12. Representación del índice de producción diaria de corte pavimento flexible. ....	76
Figura 13. Determinación de precios unitarios de corte de pavimento flexible. ....	77
Figura 14. Costos unitarios real de la partida corte de pavimento flexible $e=2''$ . ....	78
Figura 15. Utilización de tiempo por operario en corte de pavimento flexible. ....	80
Figura 16. Comparación de productividades en corte de pavimento flexible $e=2''$ . ....	81
Figura 17. Comparativa de la varianza de la productividad del corte de pavimento flexible. ....	82
Figura 18. Representación gráfica de la comparación de los índices de la actividad. ....	83
Figura 19. Representación gráfica de costo unitario antes de Lean C y después de aplicarlo. ....	83
Figura 20. Representación gráfica de la utilización de tiempo para corte de pavimento flexible. ....	84
Figura 21. Comparación de rangos de variación estándar y valor diario de varianza. ....	88
Figura 22. Comparación de productividades en actividad demolición de pavimento flexible. ....	89
Figura 23. Representación de índices de días trabajados en demolición de pavimento flexible. ..	90
Figura 24. Costo unitario de la partida corte de pavimento flexible $e=2''$ . ....	92
Figura 25. Promedio de utilización de tiempo de la actividad corte de pavimento flexible. ....	94
Figura 26. Representación de la varianza de demolición de pavimento flexible. ....	99
Figura 27. Varianza de las productividades de la actividad demolición de pavimento flexible. ....	100
Figura 28. Representación de índice diario de demolición pavimento flexible. ....	102
Figura 29. Determinación de precios unitarios de demolición de pavimento flexible .....	103
Figura 30. Costos unitarios real de la partida demolición de pavimento flexible $e=2''$ . ....	104
Figura 31. Utilización de tiempo por operario en demolición de pavimento flexible. ....	106
Figura 32. Comparación de productividades en demolición de pavimento flexible $e=2''$ . ....	107
Figura 33. Comparativa de la varianza de la demolición de pavimento flexible. ....	108
Figura 34. Representación de la comparación de los índices de corte de pavimento flexible. ....	108
Figura 35. Representación gráfica de costo unitario antes de Lean C y después de aplicarlo. ....	109
Figura 36. Representación de la utilización de tiempo para demolición de pavimento flexible. ....	110
Figura 37. Comparación de rangos de variación estándar y valor diario de varianza. ....	113
Figura 38. Comparación de productividades en actividad demolición de pavimento rígido. ....	114
Figura 39. Representación de los días trabajados en demolición de pavimento rígido. ....	115
Figura 40. Costo unitario de la partida corte de pavimento rígido $e=2''$ . ....	117
Figura 41. Promedio de utilización de tiempo de la actividad corte de pavimento rígido . ....	119
Figura 42. Representación de la productividad de demolición de pavimento rígido. ....	125
Figura 43. Varianza de las productividades de la actividad demolición de pavimento rígido. ..	126

Figure 44. Representación del índice de productividad diaria de demolición pavimento rígido. .....	128
Figura 45. Determinación de precios unitarios de demolición de pavimento flexible. ....	129
Figura 46. Costos unitarios real de la partida demolición de pavimento rígido. ....	130
Figura 47. Utilización de tiempo por operario en demolición de pavimento rígido. ....	132
Figura 48. Comparación de productividades en demolición de pavimento flexible e=2”.....	133
Figura 49. Comparativa de la varianza de la demolición de pavimento flexible.....	134
Figura 50. Representación de la comparación de los índices de corte de pavimento flexible....	134
Figura 51. Representación gráfica de costo unitario antes de la teoría y después de aplicarlo. .	135
Figura 52. Representación gráfica de la utilización de tiempo para la actividad. ....	136
Figura 53. Comparación de rangos de variación estándar y valor diario de varianza. ....	139
Figura 54. Comparación de productividades en actividad eliminacion de excedente c/volquete. .....	140
Figura 55. Representación de los días trabajados en demolición de pavimento rígido. ....	141
Figura 56. Precio por unidad de eliminación de excedente c/equipo .....	143
Figura 57. Promedio de utilización de tiempo de eliminación de excedente c/equipo.....	145
Figura 58. Representación de la productividad de eliminación de excedente c/equipo. ....	150
Figura 59. Varianza de las productividades de eliminación de excedente c/equipo.....	150
Figure 60. Representación del índice de productividad de eliminación de excedente c/equipo.	152
Figura 61. Determinación de precios unitarios de eliminación de excedente c/equipo. ....	153
Figura 62. Costos por unidad de a actividad eliminación de excedente c/equipo. ....	154
Figure 63. Utilización de tiempo por operario en eliminación de excedente c/equipo.....	156
Figura 64. Comparativa de productividades en eliminación de excedente c/equipo. ....	157
Figura 65. Comparativa de la productividad verdadera de la eliminación de excedente. ....	158
Figura 66. Representación de la comparación de los índices de eliminación de excedente. ....	158
Figura 67. Representación gráfica de costo por unidad antes de Lean C y después de aplicarlo. .....	159
Figura 68. Representación gráfica de la utilización de tiempo para la actividad. ....	160
Figura 69. Comparación de rangos de variación estándar y valor diario de varianza. ....	163
Figura 70. Comparación de productividades en actividad. ....	164
Figura 71. Representación de los índices de los días trabajados en la actividad. ....	165
Figura 72. Precio por unidad de la partida excavación a nivel de subrasante. ....	167
Figura 73. Promedio de utilización de tiempo de la actividad.....	169
Figura 74. Representación de la productividad de excavación a nivel de subrasante. ....	174
Figura 75. Varianza de las productividades de la actividad excavación a nivel de subrasante. .	174
Figure 76. Representación de productividad diaria de eliminación de excedente c/equipo. ....	176
Figura 77. Determinación de precios unitarios de eliminación de excedente c/equipo.....	178
Figura 78. Precio por unid de la partida eliminación de excedente c/equipo. ....	179
Figure79. Utilización de tiempo en la actividad excavación a nivel de subrasante.....	181
Figura 80. Comparación de productividades en eliminación de excedente c/equipo. ....	182
Figura 81. Comparativa de la varianza de la excavación a nivel de subrasante. ....	183
Figura 82. Representación de los índices de excavación a nivel de subrasante. ....	183
Figura 83. Representación gráfica de costo por unidad antes de Lean C y después de aplicarlo. .....	184
Figura 84. Representación gráfica de la utilización de tiempo para la actividad. ....	185
Figura 85. Comparación de rangos de variación estándar y valor diario de varianza. ....	189

Figura 86.Comparación de productividades en actividad analizada.....	190
Figura 87. Representación de los índices de los días trabajados en la actividad analizada. ....	191
Figura 88. Precio por unidad de la partida excavación a nivel de subrasante. ....	193
Figura 89. Promedio de utilización de tiempo de la actividad analizada.....	195
Figura 90.Representación de la varianza de la productividad de fresado de carpeta asfáltica. ..	200
Figura 91. Varianza de las productividades de la actividad analizada. ....	200
Figure 92. Representación del índice de productividad diaria de actividad analizada. ....	202
Figura 93. Determinación de precios unitarios de actividad analizada.. ....	203
Figura 94. Costos unitarios real de la actividad analizada.....	204
Figure 95. Utilización de tiempo por operario Op1 en la actividad analizada. ....	206
Figura 96. Comparativa de productividades en la actividad analizada.....	207
Figura 97. Comparativa de la varianza de la productividad verdadera de la actividad. ....	208
Figura 98. Representación de la comparación de los índices de la actividad analizada. ....	208
Figura 99. Representación de costo por unidad de ambas metodologías. ....	209
Figura 100. Representación gráfica de la utilización de tiempo para la actividad analizada. ....	210
Figura 101. Comparación de rangos de variación estándar y valor diario de varianza. ....	214
Figura 102.Comparación de productividades en actividad compactacion de subbase existente.215	
Figura 103. Representación de los índices de los días trabajados en compactación de subbase.216	
Figura 104. Costo unitario de la partida compactación de subbase existente.....	218
Figura 105. Promedio de utilización de tiempo de compactación de subbase existente. ....	220
Figura 106.Representación de la varianza de la productividad de compactación de subbase....	225
Figura 107. Varianza de las productividades de la actividad compactación de subbase. ....	226
Figure 108. Representación del índice de productividad diaria de compactación de subbase. ..	228
Figura 109. Determinación de precios unitarios de compactación de subbase existente. ....	229
Figura 110. Costos unitarios referenciales de la actividad compactación de subbase existente. 230	
Figure 111. Utilización de tiempo por operario en compactación de subbase existente. ....	232
Figura 112. Comparativa de productividades en compactación de subbase existente. ....	233
Figura 113. Comparativa de la varianza de la productividad de la compactación de subbase. ..	234
Figura 114. Representación de la comparación de los índices de compactación de subbase. ....	234
Figura 115. Representación gráfica de costo por unidad de ambas metodologías. ....	235
Figura 116. Representación de la utilización de tiempo para compactación de subbase. ....	236
Figura 117. Comparación de rangos de variación estándar y valor diario de varianza. ....	240
Figura 118.Comparación de productividades en actividad base granular e=0.20 cm. ....	241
Figura 119. Representación de los índices de los días trabajados en la actividad base granular.242	
Figura 120. Costo unitario de la partida base granular e=0.20 cm. ....	244
Figura 121. Promedio de utilización de tiempo de la actividad base granular e=0.20 cm. ....	246
Figura 122.Representación de la varianza de la productividad de base granular e=0.20 cm. ....	251
Figura 123. Varianza de las productividades de la actividad base granular e=0.20 cm. ....	251
Figure 124. Representación del índice de productividad diaria de base granular e=0.20 cm.....	253
Figura 125. Determinación de precios unitarios de base granular e=0.20 cm. ....	254
Figura 126. Costos unitarios real de la partida base granular e=0.20 cm. ....	255
Figure 127. Utilización de tiempo por operario Op1 en la actividad base granular e=0.20 cm .	257
Figura 128. Comparación de productividades en base granular e=0.20 cm. ....	258
Figura 129. Comparativa de la varianza de la productividad verdadera de la base granular. ....	259
Figura 130. Representación de la comparación de los índices de base granular e=0.20 cm. ....	259
Figura 131. Representación gráfica de costo unitario antes de Lean C y después de aplicarlo..	260

Figura 132. Representación gráfica de la utilización de tiempo para la base granula. ....	261
Figura 133. Comparación de rangos de variación estándar y valor diario de varianza. ....	265
Figura 134. Comparación de productividades en actividad. ....	266
Figura 135. Representación de los índices de los días trabajados en la actividad. ....	267
Figura 136. Costo por unidad de la actividad. ....	269
Figura 137. Promedio de utilización de tiempo de la actividad. ....	271
Figura 138. Representación de la varianza de la productividad de carpeta asfáltica en caliente. ....	276
Figura 139. Varianza de las productividades de la actividad carpeta asfáltica en caliente. ....	276
Figura 140. Representación del índice de productividad diaria de carpeta asfáltica en caliente. ....	278
Figura 141. Determinación de precios unitarios de carpeta asfáltica en caliente. ....	280
<i>Figura 142. Costos unitarios real de la partida carpeta asfáltica en caliente. ....</i>	<i>280</i>
Figura 143. Utilización de tiempo por operario Op1 en la actividad. ....	282
Figura 144. Comparación de productividades en carpeta asfáltica en caliente. ....	283
Figura 145. Comparativa de la productividad de la carpeta asfáltica en caliente. ....	284
Figura 146. Representación gráfica de índices de carpeta asfáltica en caliente. ....	284
Figura 147. Representación gráfica de costo unitario antes de Lean C y después de aplicarlo. ....	285
Figura 148. Representación gráfica de la utilización de tiempo para la actividad. ....	286
Figura 149. Comparación de rangos de variación estándar y valor diario de varianza. ....	290
Figura 150. Comparación de productividades en actividad. ....	291
Figura 151. Representación de los índices de los días trabajados en la actividad. ....	292
Figura 152. Costo unitario de la concreto premezclado. ....	294
Figura 153. Promedio de utilización de tiempo de la actividad. ....	296
Figura 154. Representación de la varianza de la productividad de la actividad. ....	301
Figura 155. Varianza de las productividades de la actividad. ....	301
Figura 156. Representación del índice de productividad diaria. ....	303
Figura 157. Determinación de precios unitarios de la actividad. ....	304
Figura 158. Costos unitarios referencial de actividad. ....	305
Figura 159. Utilización de tiempo por operario en la actividad concreto premezclado. ....	307
Figura 160. Comparación de productividades en la actividad. ....	308
Figura 161. Comparativa de la varianza de la productividad del concreto premezclado. ....	309
Figura 162. Representación de la comparación de los índices del concreto premezclado. ....	309
Figura 163. Representación gráfica de costo unitario antes de Lean C y después de aplicarlo. ....	310
Figura 164. Representación gráfica de la utilización de tiempo para la actividad. ....	311

## **Introducción**

En la presente investigación se desarrollará las productividades de las partidas que se encuentran en el expediente técnico, que permitan mejorar la productividad. Se divide en cinco capítulos y los anexos.

En el Capítulo 1, se desarrolla el problema, objetivos, delimitación, justificación de la investigación; que explican de manera general lo que se quiere investigar, lo que se desea lograr y el motivo por el que se desea realizar la tesis.

En el Capítulo 2, se explica el Marco teórico, indicando los autores y tesis que han realizado investigaciones sobre el método o sobre productividad en proyectos viales.

En el Capítulo 3, se observa la hipótesis de investigación; así mismo como el universo, población, muestra, muestreo, variables, dimensiones e indicadores, indicadores y dimensiones.

En el Capítulo 4, ya se presenta el diseño de investigación que indica el enfoque, tipo, nivel y diseño. Además, que incluye las técnicas e instrumentos de recolección de datos.

En el Capítulo 5, se desarrolla la tesis teniendo en cuenta que la productividad de la rehabilitación del pavimento, mostrando los análisis, comparaciones, costos unitarios que se vieron en el expediente técnico antes y después de implementar la teoría.

## **Capítulo 1**

### **Planteamiento del problema**

#### **1.1. Formulación del problema**

El ámbito de construcción es una de las fuentes de ingreso más importantes del crecimiento económico en cualquier país, por lo que es necesario que este mantenga un buen desempeño para poder brindar una buena habitabilidad a sus residentes. Por lo mencionado con anterioridad se deduce la vital importancia de incrementar de forma sustentable los niveles de productividad, teniendo como resultado la adecuada racionalización de los recursos y el posible incremento de proyectos a ejecutar. Pero, en comparación con otros sectores, la construcción mantiene las mismas tasas de productividad del trabajo; no presentando ningún incremento significativo en este indicador.

Esta investigación abarca la problemática de mejorar la productividad en las partidas o actividades constructivas, especialmente en los proyectos de rehabilitación de carreteras, aplicando el método de Construcción sin Pérdidas. En la filosofía Construcción sin pérdidas se aplican herramientas de mejora organizacional como por ejemplo en las áreas de planeamiento y de calidad que son las que muestran el uso productivo y adecuado de los recursos en el trabajo.

Esta innovación metodológica no debe ser implementada de manera independiente, sino que tiene que ser complementada con otros conceptos de mejora de gestión que permita obtener un incremento palpable de los beneficios de corto y largo plazo. Resalta la relevancia de conocer que los recursos disponibles para la inversión en proyectos de rehabilitación de pavimentos son limitados, por lo cual es necesario y obligatorio el usarlos adecuadamente para que generen un impacto económico y bienestar en la población, tener en consideración el uso de los recursos de manera óptima.

Así mismo se puede observar un comportamiento continuo en casi todos los proyectos de construcción, el cual es el completo aislamiento de los procesos de diseño y de ejecución, teniendo como consecuencia la poca coordinación. Este problema es resultado de la comunicación ineficiente de las áreas participantes, la inexistente utilización de conceptos óptimos de habitabilidad en los procesos de planificación del proyecto, diseño y ejecución; así mismo se tiene la nulidad de herramientas en coordinación y control de procesos; en general, se puede decir que existe la costumbre de solucionar los inconvenientes según se van presentando.

En los proyectos de infraestructura vial existen diversos factores que perjudican el buen desempeño y la correcta optimización de los recursos empleados, por lo que se vuelve imperativo la necesidad de innovar en una propuesta de plan que incentive y ayude a aplicar la mejora de productividad en el sector de infraestructuras viales. En el presente estudio de investigación se analizará la productividad en el proyecto de rehabilitación de pavimentos de la Av. Faucett, en el tramo de Av. Morales Duárez y Av. Venezuela, debido que pertenece a un tipo lineal y homogéneo motivo por el cual se abre una posibilidad de modelarlo como si fuera un proceso industrial. Teniendo como objetivo principal mostrar el incremento de productividad en las partidas que se desarrollaran.

Se presenta la situación actual del Gobierno Regional del Callao, con respecto a los proyectos de rehabilitación de pavimentos y de infraestructura vial, identificados por la misma entidad gubernamental (Estudio Vial del Gobierno Regional del Callao, 2010):

- Infraestructura Vial
  - Crecimiento poblacional desmedido y por consecuencia el incremento del parque automotor de la zona.

- Vías existentes con excesiva concentración de flujo vehicular, promedio de 1764 vehículos por sentido en la Av. Faucett con dirección a Ventanilla y 1669 vehículos en sentido hacia La Marina.
- Vías existentes sometidas a sobrecargas, debido a los constantes viajes de vehículos no autorizados para transitar por esa zona, el estancamiento del flujo vehicular debido a problemas de semaforización y señalización vial adecuada.

Esta realidad de la infraestructura vial de la región conlleva a realizar constantes proyectos de rehabilitación, y los recursos económicos que se distribuyen para subsanar esta necesidad se diluyen en los siguientes problemas:

- Proyectos de Rehabilitación de pavimentación.
  - La ineficiente e improductiva planificación que se efectúa en el proceso de identificar las incongruencias e inconvenientes en la etapa de diseño.
  - La inefectiva construcción de infraestructura vial perdurable y de calidad.
  - La existencia de un sistema de gestión de infraestructura vial deficiente.
  - La falta de implementación de mejoras y tecnologías de vanguardia que permitan un óptimo desarrollo de la gestión de proyectos de rehabilitación de pavimentos.

Entonces, se identifica al proyecto de rehabilitación de pavimentos; como tema de investigación para mejorar la productividad en el proyecto, dando como resultado una propuesta innovadora y eficiente con respecto a los recursos que dispone la entidad y así mismo lograr incrementar la eficiencia en los proyectos de rehabilitación que se presenten,

reduciendo su tiempo y costo; generando nuevas oportunidades de inversión que beneficiaran a la comunidad.

## **1.2. Problemas de investigación**

En la investigación que se desarrolla se van a presentar los problemas, que según lo

### **1.2.1. Problema general**

estipulado por diversos autores y la literatura revisada indica que son, general y específico; ya que de acuerdo a Méndez (1999) cada pregunta que se formula debe contener las variables del problema llegado a plantear, con lo cual se permitirá una óptima formulación de los objetivos a investigar.

¿De qué manera la implementación de Lean Construction mejora la productividad del proyecto de rehabilitación de la “Av. Faucett” tramo Av. Morales Duarez- Av. Venezuela, Callao en el 2019?

### **1.2.2. Problemas específicos.**

¿De qué forma la Implementación de Lean Construction reduce el costo del proyecto de rehabilitación de la “Av. Faucett” tramo Av. Morales Duarez- Av. Venezuela, Callao en el 2019?

¿De qué modo la implementación de Lean Construction optimiza el tiempo del proyecto de rehabilitación de la “Av. Faucett” tramo Av. Morales Duarez- Av. Venezuela, Callao en el 2019?

## **1.3. Objetivos de Investigación**

Así mismo, los objetivos se derivan de las preguntas de investigación, que si han sido formuladas correctamente tendrán una relación coherente y lógica con los objetivos. Y de acuerdo a Galicia (2003), afirma que estos están definidos como las metas o logros a los que quiere llegar, además que también describen las perspectivas de la investigación; es decir lo que va a conllevar investigar el problema y lo que se desea obtener o conseguir como resultados.

### **1.3.1. Objetivo general.**

### **1.3.2. Objetivos específicos.**

Determinar como la implementación de Lean Construction mejora la productividad del proyecto de rehabilitación de la “Av. Faucett” tramo Av. Morales Duarez- Av. Venezuela, Callao en el 2019

Detallar como la implementación de Lean Construction reduce el costo del proyecto de rehabilitación de la “Av. Faucett” tramo Av. Morales Duarez- Av. Venezuela, Callao en el 2019.

Enunciar como la implementación de Lean Construction optimiza el tiempo del proyecto de rehabilitación de la “Av. Faucett” tramo Av. Morales Duarez- Av. Venezuela, Callao en el 2019.

### **1.4. Delimitación**

La delimitación de la investigación es la que describe la magnitud de la misma, es decir hasta donde se llegará con la investigación; es por ello que Sabino (1986) explica que la delimitación tiene que indicar el tiempo, el espacio en el cual se sitúe el problema a investigar, además que define el contexto y la homogeneidad de la misma.

En toda investigación es parte del proceso iniciar con una pregunta que intenta determinar algún fenómeno o suceso, esto puede estar relacionado a un tema que conocemos parcialmente o desconocemos en su totalidad. De manera genérica la elección de un tema está ligado a unas cuantas interrogantes comunes ¿Cómo?, ¿Por qué?, ¿Cuándo?, ¿Dónde?; ya sea cualquiera de estas interrogantes las que generen el problema de investigación y se desee ampliar el conocimiento de algún tema en particular, es necesario delimitar lo que se va a investigar, ya que de esa manera no se realizaran esfuerzos en vano ni búsquedas ineficientes de datos, lo cual permitirá un adecuado proceso de investigación. (Maya, 2014, p. 27)

#### **1.4.1. Área temática.**

El área temática de una investigación que define Rodríguez (2010); es el que se presenta como una forma de delimitar todo lo que se investiga en referencia a un programa, disciplina o especialidad, en los cuales se puede incluir varios proyectos diferentes. De esta forma se puede determinar las líneas de investigación.

En referencia a lo estipulado es ahora comprensible a que se refiere o define el área temática, por lo tanto, surge la necesidad de delimitar este punto en la investigación.

Por consiguiente, se propone y determina que la investigación será delimitada de la siguiente manera, con respecto al área temática:

1. Área Temática: Lean Construction en Proyectos Viales.

De esta manera se logra cumplir el requerimiento que define el autor mencionado anteriormente sobre la inclusión de diferentes tipos de proyectos a los cuales puede pertenecer un área temática.

#### **1.4.2. Líneas de investigación.**

La línea de investigación que hace referencia Rodríguez (2010), es un desglosamiento detallado del área temática, es decir que pertenece a un cierto tipo de proyecto en específico, que posteriormente se traducirá en alguna publicación, artículo, actividad de capacitación, etc.

Al realizar esta delimitación de manera correcta, permitirá la fácil elección del tema de investigación y posteriormente de éste, la formulación del problema.

De acuerdo con los lineamientos que la universidad propone y teniendo en consideración el concepto básico, se propone la siguiente línea de investigación:

- Gestión de proyectos Viales

#### **1.4.3. Temporal.**

La definición de delimitación temporal que G. Arias (2012) indica es la importancia de determinar el lapso o periodo de tiempo del objeto de investigación, el cual puede ser

determinado desde la formulación de problema o en la delimitación temporal; pero debe ser claro y preciso

Por lo tanto, de acuerdo a lo mencionado con anterioridad, la presente investigación se realizará el presente año, 2019.

#### **1.4.4. Espacial.**

Según Romero R. (2003) afirma: "... establece cuales elementos (personas, viviendas, etc.) pueden considerarse dentro de una población" (p. 73).

En relación al espacio donde se realizará el proyecto de investigación, se determinó que sería en la Av. Faucett, tramo Av. Morales Duárez- Av. Venezuela, Callao.

#### **1.5. Justificación de la investigación.**

En la justificación es necesario sustentar adecuadamente las razones por las cuales la investigación es relevante e importante.

La justificación se define como "la manera más completa y sencilla posible, cuáles son las razones personales, laborales o académicas que le motivaron a elegir y proponer su investigación. De esta forma presentara los argumentos de los beneficios que se obtendrán con su investigación "(Muñoz, 2011, p.146).

Por consiguiente, las justificaciones posibles serian:

##### **1.5.1. Justificación práctica.**

La investigación pretende ayudar a resolver el problema, el cual fue estructurado mediante el método tradicional de programación de obra. Esta programación realizada con dicho método tradicional o PERT/CPM resulta improductivos ya que se realizan actividades adicionales que incrementan los costos y tiempos que se estipularon en el expediente técnico inicial.

Es debido a esta falencia que en este caso las actividades o partidas de construcción pertenecientes al proyecto no contengan innovación tecnológica, por tal razón se innova en todas las fases del estudio.

Esta implementación se realizará de manera práctica en cada partida que se proyectará realizar, teniendo como finalidad superar los problemas de residuos en construcción que genere el proyecto y se pretende añadir valor al producto final.

La practicidad de esta filosofía se encuentra en sus herramientas denominadas Last Planner, Flujos de Valor y otros; que son los que mantendrán los potenciales beneficios y ventajas en todo el trabajo que genere el presente proyecto.

### **1.5.2. Justificación metodológica.**

El método empleado se denomina PERT/CPM; el cual trabaja con la incertidumbre del tiempo de duración de las actividades, por lo que se estima ese factor y se presenta una gráfica de flechas y círculos que representan las tareas y la duración de las mismas. Esto genera una baja productividad debido al desconocimiento de las posibles restricciones que generan las actividades a realizar.

Por otro lado, se propone una alternativa que se puede implementar en el presente proyecto, analizando las restricciones, controlando el avance adecuadamente con trenes de trabajo, que serán incluidos en la programación diaria, semanal y mensual de las actividades; generando un compromiso por la persona que toma la decisión de acción de cada actividad, es decir los últimos planificadores o tomadores de decisiones de los procesos constructivos, como son el maestro de obra, operarios, técnicos, etc. Esta variación de método para realizar el proyecto permitirá mejorar el control y la productividad del mismo; así como también brindará innovación metodológica en cada proyecto futuro que se realice.

### **1.5.3. Justificación social.**

Con respecto a la relevancia social que puede presentar la investigación, esta se justifica como la importancia que tiene la aplicación de Cero Pérdidas en los diversos proyectos de infraestructura vial que permitirían ser entregados al tiempo, costo estipulado e incluso podría reducirse ese valor. Manteniendo la calidad y la sustentabilidad del producto entregado en cada proyecto, es decir que las obras construidas perdurarán en el tiempo y tendrán la durabilidad necesaria e indicada en los expedientes técnicos que se diseñaron previamente en la etapa de planificación.

Estos resultados generarían cierto nivel de ahorro con respecto al monto de inversión inicial, además de brindar cierta holgura con los tiempos de ejecución de los procesos constructivos, ya que se podrá cumplir con la fecha de entrega estipulado en el expediente técnico.

Por lo tanto, de estas premisas se infiere que los beneficiarios directos; los habitantes y no habitantes de la zona del proyecto, podrán utilizar las vías que resulten ejecutadas de los proyectos, es decir que la calidad con la que viven los actores directos mejorara; y con respecto a los beneficiarios indirectos; comercios, bancos, entidades públicas, comunicación y otros, también tendrán un incremento de calidad en relación con la actividad que desempeñan.

En el proyecto, se puede indicar que los beneficiarios directos son los habitantes aledaños a el tramo que será rehabilitado, los comercios, tiendas, supermercados y otros más que también se encuentren en ese recorrido, además los beneficiarios indirectos son los usuarios de la Avenida, que les permite una mejor transitabilidad, velocidad y calidad de servicio de la vía. También se considera el tiempo que duró la obra y el costo que implicó; ya que al implementar el concepto se redujeron estos índices, dándole un ahorro y generación de nuevos focos de inversión a los distritos implicados en la obra.

## Capítulo 2

### Marco teórico

#### 2.1. Antecedentes de investigación

##### 2.1.1. Antecedentes nacionales

Macedo del Águila, Cesar (2009). *Aplicación de la teoría “Lean Construction” en actividades representativas de mantenimiento rutinario en carreteras asfaltadas (ejemplo práctico Dv. Olmos – Cavico 150.60 Km.)* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Martín, San Martín.

Tesis cuya finalidad es la de aplicar los principios de Lean Construction en gestionar las actividades de mantenimiento e inclusive las de emergencia, así como la utilización de herramientas prácticas que permitan identificar las pérdidas. También busca establecer indicadores que sirven para mejorar el desarrollo de los proyectos relacionados a esta investigación y finalmente el investigador llegó a la conclusión que Lean Construction, es una teoría de mejora en la producción, sirve como plan de incremento productivo en las programaciones tradicionales de obras, como por ejemplo el PERT/CPM, motivo por el cual se vislumbró que, al aplicar esta teoría, a cada una de las actividades de la ruta crítica de una obra, se puede disminuir el tiempo de ejecución de un proyecto (Macedo, 2009).

Burneo, C del C (2013). *Mejora de la productividad en el mantenimiento rutinario de una carretera aplicando la filosofía Lean Construction.* (Tesis de pregrado). Pontífice Universidad Católica del Perú, Lima.

Expone las conclusiones que se obtuvieron después de aplicar la Filosofía Lean Construction en los 437.60 km de carretera en los departamentos de Piura y Tumbes:

- 1.- Se determinó que existen mejoras en los tiempos de producción, así mismo también se mejoró la calidad y otros aspectos relevantes en obra.

2. Se recomienda como punto relevante tomar datos y pruebas iniciales de manera eficiente y adecuada para conocer con detalle todos los procedimientos.
3. Se debe tomar datos de manera diaria ya que los procesos o actividades son altamente variables.
4. Al implementar la filosofía Lean Construction se debe tener en cuenta las opiniones personales de los directivos, así como de los miembros del equipo de trabajo.
5. El motivar a los miembros del equipo de trabajo y a todos los involucrados en el proyecto es la fuente principal del éxito de esta metodología Lean, ya que al sentirse involucrados y respaldados marca la gran diferencia con los demás sistemas de producción (Burneo, 2013).

Román Cabrera, Hugo (2015). *Aplicación de las metodologías construcción sin pérdida e Innovación Tecnológica para la Mejora de la productividad en procesos de pavimentación*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería. Lima.

Esta tesis presenta las siguientes conclusiones:

Se presentan dos métodos o enfoques que se complementan entre sí además de ellos se tomó como referencia la guía de las buenas prácticas en proyectos (PMBOK); cuya finalidad es el desarrollo de una guía práctica de aplicación Lean en la producción y la incorporación de innovación tecnológica en los procesos de construcción de pavimentos, dejando un hito o inicio de investigación para futuras generaciones que ayude a completar una guía completa de aplicación de metodología Lean en cualquier proyecto de infraestructura vial y de pavimentación (Román, 2015).

Chávez Espinoza, Jhonny & De la Cruz Aquije, Christian (2014). *Aplicación de la filosofía Lean Construction en una obra de edificación (Caso: Condominio Casa Club Recrea-El Agustino)*. (Tesis de pregrado). Universidad de San Martín de Porres. Lima.

En la presente tesis las conclusiones a las que llegaron ayudaron favorablemente a incrementar de manera significativa la eficiencia de las partidas importantes del proyecto u obra a realizar, obteniendo como producto final el óptimo rendimiento de los trabajadores y/o colaboradores.

Además, luego de optimizar esos rendimientos se logró usar menos los recursos y producir la misma cantidad que se estipuló en los metrados, representando un ahorro en las partidas que se aplicó las herramientas Lean.

Incluso se logró mejorar el cumplimiento de las fechas en la ejecución de las partidas analizadas, logrando esta mejora luego de anticipar las actividades que tendrían riesgo de no poder cumplirse a tiempo y las causas de estos retrasos, tomando las acciones necesarias para lograr cumplirlas. El cumplimiento de las partidas mejoró de 64% a 85% (Chávez & De la Cruz, 2014).

Buleje Revilla, Kenny (2012). *Productividad en la construcción de un condominio aplicando conceptos de la filosofía Lean Construction*. (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima.

La tesis realizada tiene como principal objetivo mostrar cómo se debe trabajar la producción en la construcción de una edificación aplicando herramientas de Lean Construction, teniendo como muestra de investigación al Condominio Villa Santa Clara, además se obtuvieron mediciones de rendimientos reales de las partidas en la obra, indicándolos en graficas que muestren las mejoras de las actividades día a día, para finalmente establecer las soluciones directas que se tomaran de acuerdo a lo observados en las cartas balance que se aplicaron en la obra (Buleje, 2012).

### **2.1.2. Antecedentes internacionales.**

Martínez Ribon, Guillermo (2011). *Propuesta de metodología para la implementación de la Filosofía Lean (Construcción Esbelta) en proyectos de construcción.* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

Se concluye en la investigación con respecto a la gestión de los recursos, planificación y construcción de las obras; fue evidente la reducción de elementos sin valor provocados por el proceso de construcción y en consecuencia se obtuvo mejora en la productividad.

Se determinó también que las diferentes organizaciones dedicadas a construir inicien con capacitar y comprometer al personal colaborador en todas las fases del proyecto en temas de gestión, buscando una óptima aplicación de los principios básicos de Lean.

Además, se debe realizar la programación que asegure el flujo constante de recursos necesarios para la ejecución del proyecto, evitando retrasos que deterioren o afecten la productividad final.

Así mismo se observó la importancia de realizar la supervisión de utilización de tiempos, con lo que se puede mapear las principales consecuencias de tener elementos que generan valor en las actividades, permitiendo a la industria de la construcción competir en productividad con otras industrias como la manufacturera (Martínez, 2011).

Rodríguez Calva, Cristina (2013). *Metodologías para la construcción basadas en la filosofía Lean Construction.* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, Ecuador.

La siguiente investigación tiene como fundamento la aplicación directa de Lean Construction a un proyecto de edificación con el nombre “Ciudad Alegría I Etapa” en Loja, Ecuador; además tiene como objetivo principal de reducir al mínimo o eliminar

las actividades innecesarias permitiendo incrementar la productividad y rentabilidad del proyecto de construcción. Al concluir la investigación se determinó que las herramientas técnicas de Lean Construction pueden ser aplicadas en el campo de la construcción, así mismo en el caso de la implementación de 5S en las 3 zonas de trabajo solo se consiguió reducir pérdidas en los ámbitos en una de esas zonas; identificando los principales focos de pérdidas como la falta de materiales, incorrecta utilización de los materiales y herramientas, sobredimensionamiento de cuadrillas y el ordenamiento ineficiente del colaborador (Rodríguez, 2013).

Pons Achekk, Juan (2014). *Introducción a Lean Construction*. Madrid. Fundación Laboral de la Construcción.

Presenta la información correspondiente a la gestión tradicional de la construcción se ha enfocado hasta el momento en los procesos constructivos más que en el valor de entrega al cliente final. Esta es una realidad palpable que se comprueba en los diversos proyectos realizados año tras año, sea en el rubro de edificación, infraestructura vial, etc.

El autor también manifiesta que los clientes actualmente cuentan con una exigencia mayor en comparación con años anteriores, ya que están mejor informados, exigen mayor calidad a un mejor costo y una entrega acorde a sus necesidades y conforme a sus condiciones. Por lo que es necesario determinar los principales valores que regirán el proyecto a realizar, teniendo como fuente al usuario final o cliente.

Para lograr cumplir estas exigencias y objetivos trazados por el cliente es necesario el uso de diversos elementos, conceptos y técnicas que aseguran el éxito productivo y óptimo del proyecto a entregar (Pons, 2014).

Ibarra Gómez, Luis (2011). *“LEAN CONSTRUCTION”*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Autónoma de México, México.

La investigación pretende integrar las filosofías sustentables en el sector construcción, por lo que el investigador eligió Lean Construction base de análisis de la gestión de producción. El autor concluye que la filosofía Lean Construction es solamente una filosofía, pero no es una receta a seguir para lograr convertir la empresa en la mejor en productividad del sector.

Fue notorio en la investigación el mayor error cometido en la industria de la construcción, este es marcar objetivos para un plazo de tiempo demasiado corto. Por lo que conlleva intentar maximizar los beneficios de cada obra o proyecto, dando como resultado un entregable final de muy baja calidad.

Implementar Lean Construction en la industria generaría muchas mejoras de todos los niveles, iniciando con la mejora continua y los trenes de actividades que ayuden a agregar valor al producto final (Ibarra, 2011).

## **2.2. Bases teóricas.**

Se realizarán definiciones de las dos variables de la presente investigación, las cuales son; Lean Construction y Mejora de productividad.

### **2.2.1. Lean Construction.**

Esta es una de las variables de la investigación:

Es la que cuenta con diversas herramientas e instrumentos que según el pensamiento Lean se pueden aplicar a las diferentes fases de un proyecto ya sea de manera parcial o total. La principal meta de la metodología es mitigar o controlar por completo las actividades que no generan valor; usando de manera productiva los recursos disponibles en el proyecto; por lo que en consecuencia se lograra incrementar los beneficios asociados al cliente. Asi mismo estas herramientas logran hacer que se pueda, culminar el proyecto en el plazo estipulado y estimado. (Pons, 2014, p. 34)

Además, podemos establecer lo siguiente:

Un proyecto de construcción que sea sostenible, se refiere a la obtención de la eficiencia en todas sus fases y de lograr la excelencia con los recursos brindados, haciendo uso de los métodos y técnicas necesarios en las actividades que demandara el proyecto.

Estos requerimientos los brinda la filosofía Lean Construction que permite obtener grandes resultados eliminando todos los prejuicios o pérdidas que se generaran en cada proceso del proyecto de construcción (De la Cruz, 2013).

De igual manera Alarcón y Pellicer (2009) afirman:

El origen de la filosofía conocida como Lean Construction fue el mismo sistema que se usó en la empresa de producción Toyota, en Japón; el cual fue determinado para reducir los enormes desperdicios que generaban sus procesos. Este sistema aplicaba reingeniería de procesos, gestionaba la calidad total, usaba en el enfoque “Just in Time”; para cumplir con tres finalidades relevantes, evitar atrasos, disminución de costos y aumentar el valor del resultado a otorgar al cliente final. (p. 45)

Por lo cual, la investigación de la filosofía se desenvuelve en función a la producción sin generar pérdidas, que tiene dos partes, precios del trabajo realizado que si aumentan el valor de lo realizado.

La manera tradicional tiene un enfoque que incrementa la eficiencia en los procesos, en cambio la visión de calidad mantiene un propósito diferente, tiene como finalidad reducir los costos en los procesos que no cumplen la calidad y optimiza las actividades en los mismos procesos. Finalmente, al comparar lo propuesto con la nueva metodología, se tiene como meta aminorar las tareas que no generan valor y hacer eficiente las mismas, para que logren generar valor.

### **Niveles.**

Existen 3 tipos de niveles en Lean Construction, los cuales pueden determinarse como:

- Conceptos.

- Principios.

-Metodología.

Estos a su vez se subdividen en diferentes tipos, se consideran como subsectores o subniveles.



Figura 1. Pirámide de niveles de la filosofía Sin Pérdidas.

Fuente: Rodríguez y otros (Mejoramiento de la productividad en la construcción de obras con Lean Construction, Trenchless, CYCLONE, EZStrobe, BIM, 2012, pág. 90).

### 2.2.2. Productividad en los proyectos de construcción.

Es una de las variables que se estudian en esta investigación. Por lo que es necesario definirla de manera oportuna:

La manera de poder medir si un proyecto es productivo es mediante la gestión, es decir el modo de utilizar los conocimientos adquiridos, las competencias logradas, las técnicas y herramientas necesarias que permitan la realización del proyecto; cumpliendo con lo estipulado en un comienzo. Además, es de vital importancia conocer los recursos que se disponen y el propósito que se desea del proyecto. Con esa información adquirida y la gestión adecuada, se puede determinar las restricciones que afectan su desarrollo, permitiendo implementar una gestión óptima y lograr el mejor desempeño posible de cada proceso involucrado. (Maigua y López, 2012)

Así mismo, el doctor Wallace (2014) define a la gestión de proyectos de la siguiente manera; como la aplicación de diferentes habilidades, técnicas y procesos que permiten generar un buen desempeño en la etapa de planificación y control de un proyecto, sin mencionar que este se encuentra restringido por ciertos límites como el tiempo, costo, calidad y otros elementos involucrados en el proyecto.

Por otro lado, se puede definir a la productividad de proyectos como el método de aplicar experiencias y conocimientos, para así programar y organizar adecuadamente un proyecto, garantizando la culminación satisfactoria de este, además de elaborarlo de una manera clara y objetiva para su posterior explicación. (Ramón,2007, p. 31)

En el sector construcción, la productividad es el coeficiente que existe entre la producción (lo que se avanza) y los recursos utilizados (mano de obra y tiempo); para tener como resultado la producción. (Ghio, 2001, p.22)

Para obtener la productividad optima es necesario realizar el mayor avance (metrado) con la menor cantidad de recursos posible (horas-hombre), y así obtener un producto/servicio. (Rodríguez y otros, 2012, pág. 54)

Se considera insumos a los implementos que se usan en la realización de las actividades o tareas. (Rodríguez y otros, 2012, pág. 54).

Se pueden mencionar los siguientes implementos; materias primas, energía eléctrica, maquinarias, equipos, nuevas tecnologías; clasificados como implementos materiales, también se indica a los operarios, oficiales, capataces, personal técnico, peones, profesionales,; que puede categorizarse como implemento humano o capital humano, así mismo las inversiones, capital de terceros, financiamientos, prestamos, créditos bancarios y otros, son llamados implementos financieros; por ultimo los requerimientos de clientes, la información de mercado, tendencia de la economía son considerados implementos mercadológicos.

### **Efectividad final.**

El cálculo o determinación de la efectividad o productividad final, se realiza mediante la división de lo producido y la sumatoria de los insumos utilizados (humanos, materiales, financieros, etc.); relación que permite calcular la productividad total (Rodríguez y otros, 2012, pág. 54).

### **Efectividad incompleta**

La obtención de resultados con mayor minuciosidad con respecto a productividad parcial, se debe realizar al relacionar lo que se efectúe de manera parcial y los insumos, de manera individual. (Rodríguez, y otros, 2012 pág. 54)

*-Efectividad de personal laborable:* La determinación de este ítem, se realiza mediante la unidad de medición conocida como ULP (unidades lógicas de producción), como por ejemplo la partida de encofrado y desencofrado se mide en metros cuadrados, la partida de concreto se mide en m<sup>3</sup> (Rodríguez, y otros, 2012 pág. 54).

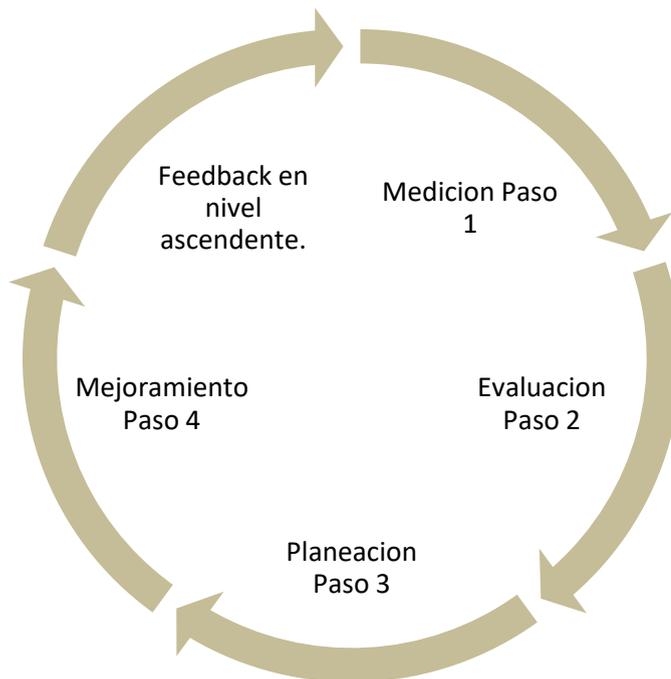
*Efectividad del equipo:* Este ítem se determina con el ULP, como por ejemplo el caso de las actividades de encofrado y desencofrado en m<sup>2</sup>; actividad de junta de dilatación en horas-maquina. (Rodríguez, y otros, 2012 pág. 54)

### **2.2.3. Ciclo de la productividad**

El principal objetivo de la productividad o de sus ciclos es el de mejorar los procesos que se desarrollan (Rodríguez, 2012, pág. 58).

- Medición
- Evaluación
- Planeación
- Mejoramiento
- Volver al paso, medición.

Figura 2. Proceso que sigue los procesos eficientes



Fuente: Adaptado de Rodríguez y otros (2012 pág. 58).

### 2.3.1. Principios de Lean Construction.

### 2.3. Definición de términos básicos

Pueden ser varios los principios mencionables en la investigación, pero los que elige

Rodríguez y otros (2012, págs. 98-151) son:

- Reducir los procesos que no generan valor.
- Incrementar el porcentaje de productividad presentado a los clientes.
- Bajar la varianza o incertidumbre de las tareas ejecutadas.
- Optimizar el tiempo que se demora en ejecutar las actividades.
- Simplificar las actividades con menos partes de realización.
- Aumentar la producción.
- Incrementar la facilidad de los procesos para comprenderlos.
- Equilibrar los flujos y las partes de las actividades.
- Comparar las productividades con la competencia para mejorar.

Las herramientas que puede usar la Filosofía Sin pérdidas son variadas, por lo que en la presente tesis presentaremos solo las más conocidas y más usadas, como, por ejemplo:

### **2.3.2. Herramientas.**

- Gráfico de Pareto
- Redes CPM/PERT
- LAP (planificación de recursos).
- Last Planner (ultimo planificador).
- Gráficos IP (Indice de productividad).
- Gráfico de causa-efectos.
- Carta balance.
- Diagrama de avance real vs programado
- Control de producción.
- Análisis de costos unitarios.
- Diagrama de procesos.
- Diagrama de recorrido.

### **2.3.3. Proceso a seguir para aplicar la Filosofía Sin Pérdidas.**

De acuerdo a lo especificado por Rodríguez y otros (2012 págs. 68-71), por lo que es necesario para poder implementar la metodología de Valor Cero, es necesario considerar los siguientes pasos:

Paso 1: Realizar el plan de obra de acuerdo a procesos filtrador por la teoría o matriz de restricciones.

Paso 2: Calcular las horas hombre (hh) de los procesos realizados en la obra y con la herramienta Pareto, se debe elegir la actividad con mayor cantidad de metrado o de horas hombre (hh) para realizar. De esta misma se realizará un seguimiento especial indicando las restricciones.

Paso 3: Identificar la tarea que tendrá más demora o más tiempo de ejecución, la cual debe ser menor o igual a la duración de actividades subordinadas: para lo cual se utilizará las redes PERT/CPM, para conocer su proceso.

Paso 4: De acuerdo a lo planteado en el paso anterior, es necesario determinar un diagrama de red con proyección a 3 semanas o más; que tiene base en el Look Ahead Planning.

Paso 5: Hacer entrega a cada encargado de grupo un programado de actividades.

Paso 6: Anotar los puntos o datos importantes de campo, que pueden servir para calcular los índices de producción, trabajo productivo, trabajo contributivo y trabajo no contributivo.

Paso 7: De acuerdo a los gráficos obtenidos de índice d productividad, de las actividades ejecutadas por el diagrama de Pareto, se identifica si el IP es mayor a 1 o menor a 1. De ser el caso menor a uno, se analiza si las causas se deben a la baja productividad (con diagrama de Ishikawa).

Paso 8: Identificar con sentido cuantitativo la causa más importante de falta de calidad en la actividad procesada y por ende la reducida productividad se muestra en el diagrama de Pareto.

Usar la carta balance como ayuda para indicar el indicar el porcentaje de contenido de trabajo.

Paso 9: Se debe adicionar o implementar mejoras, mediante actividades en bloque, que acorten los ciclos de trabajo (generando flujo constante de trabajo)

Paso 10: Se realiza la segunda toma de datos para simular los pasos 3.4 y 5; generando mejora continua en las actividades analizadas. Todo este procedimiento conlleva a incrementar la calidad, productividad y a reducir los costos.

Paso 11: Normalizar o poner en equidad las actividades bases, es decir establecer una base de proceso equitativo.

Recomendación: Se debe colocar registro de todas las desviaciones generadas en las actividades. Esto tiene como consecuencia que las herramientas estadísticas que regulan

la variabilidad, identifiquen la causa raíz y fomenten un espacio de eliminar esa desviación.

Paso 12: Hasta que finalmente lo realizado en los procesos anteriores se costea de acuerdo a los avances referenciales vs los avances programados, para ello se puede usar Earned Value Management System (EVMS), lo cual ayuda a controlar simultáneamente el costo y el tiempo de ejecución e las tareas. Lo que asegura un mayor margen de beneficio a la obra y empresa.

Paso 13: Ordenar los registros de mejora de las actividades con mayor relevancia de acuerdo al diagrama de Pareto e identificando los nuevos costos, indicado las observaciones destacables.

#### **2.3.4. Rendimiento**

Es la actividad que puede ser medido por la relación entre la jornada laboral por la cantidad de personal empleada en la actividad y la producción diaria; es decir el tiempo que se usa con una cantidad necesaria de personal para la proyección de productos o servicios a generar.

Es un coeficiente que puede ser usado para indicar el tiempo empleado en trabajar para realizar una cantidad de producto (Rodríguez y otros, 2012 pág. 55).

#### **2.3.5. Eficiencia**

Se refiere a la facilidad o habilidad de realzar las actividades designadas de manera adecuada.

Es decir, que se logra el objetivo trazado (metrados propuestos); optimizando el uso de los recursos disponibles, para así poder disminuir los costos operativos (Rodríguez y otros, 2012 pág. 55).

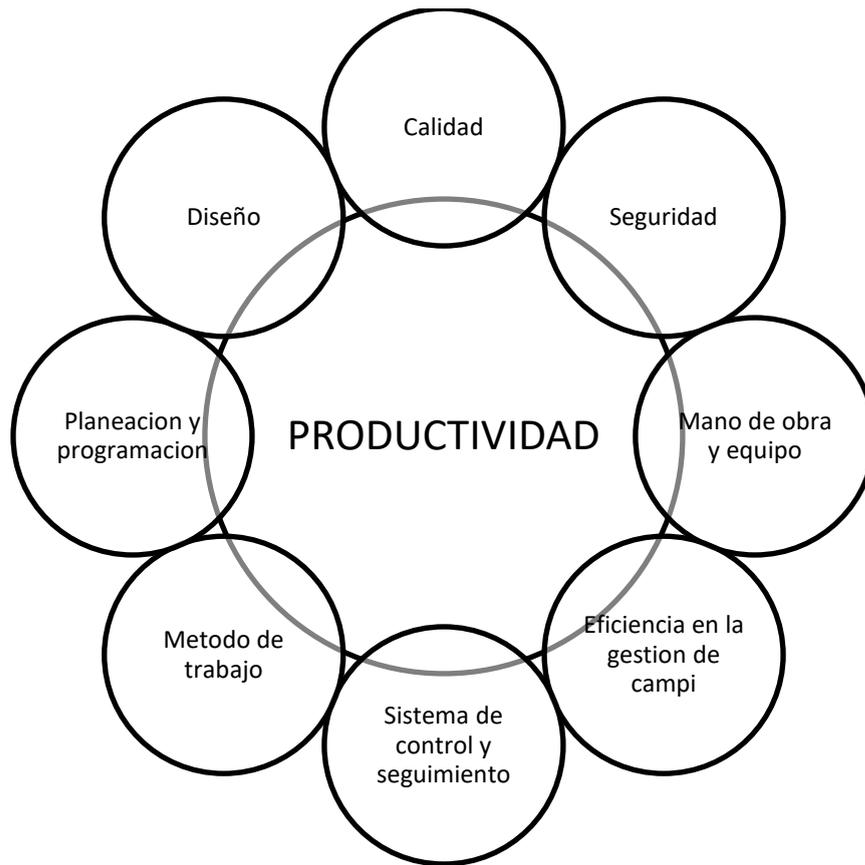
Se refiere a la facultad de elegir y tomar las decisiones correctas con respecto a la elaboración del proyecto. Es decir, se tiene que decidir las opciones propuestas por el cliente e informarle del proceso de entrega de dicho proyecto. (Rodríguez y otros, 2012 pág. 55)

### **2.3.7. Relación entre eficiencia y eficacia.**

Esta es una relación directa, en la cual no puede existir eficiencia sin eficacia; ambos son elementos inseparables de un proyecto productivo; el orden correcto de su funcionamiento es ser eficaz y eficiente; ya que uno mide el cumplimiento de tiempos establecidos o plazos (eficacia) y el otro indica es menor costo posible en su operación (eficiencia) (Rodríguez, y otros, 2012 pág. 56).

### **2.3.8. Factores que afectan la productividad**

De acuerdo a lo expuesto por Rodríguez y otros (2012 pág. 92), hay diferentes causas o factores que afectan la productividad durante el tiempo de duración de construcción de una obra. Por lo que se procede a identificar los más influyentes; baja calidad; seguridad inexistente o ineficaz, poca o nula planificación, programación ineficiente y genérica; inexistencia de sistema de inspección, control y finalmente el control permanente de la obra con métodos adecuados de trabajo.



*Figura 3. Factores que indican en lo producido.*

*Fuente: Realización propia.*

### **2.3.9. Pérdidas de la productividad**

Por lo mencionado; Rodríguez y otros (2012 pág. 58), indica que es tacita la interacción que debería existir entre las causas de pérdidas, la forma de clasificar u ordenar y los recursos no utilizados, los que generan desperdicio

### **2.3.10. Técnicas para mejorar la productividad**

Según Rodríguez y otros (2012 pág. 64), determina que para lograr optimizar la productividad es necesario aplicar más de 70 técnicas, todas ellas pueden clasificarse en los siguientes grupos fundamentales; tecnología, trabajador, producto, tarea o procesos materiales y modernas.

### **2.3.11. Planificación de obra**

Se refiere a la actividad de identificar los procesos a seguir de cada actividad planteada en el presupuesto general, indicando con detalle cuanto costara cada uno y el tiempo que demoraran en completar dicha actividad (Ghio, 2001 pág. 22).

### **2.3.12. Flujo de trabajo**

Se refiere a las actividades que generan costo, pero en líneas generales no son tan influyentes en el costo global. Estas causas pueden ser llamadas pérdidas, mermas, demoras, etc; (Ghio, 2001 pág. 22).

### **2.3.13. Pérdidas**

Hace referencia a los elementos que no agregan valor a la actividad realizara en la obra; pueden ser esperas, burocracia, transporte innecesario, falta de materiales; todo ello tiene como consecuencia que el plazo establecido inicialmente se amplíe y se formen sobrecostos en horas hombre y horas máquina, así mismo en los equipos y maquinara a usar (Rio, 2001 pág. 22).

### **2.3.14. Producción sin pérdida**

Se refiere al proceso que afecta todas las actividades de la empresa u proyecto a aplicar; cuyo alcance es a la gestión, asesoramiento y control; las maneras de aplicarlo pueden ser por convencimiento o por participación, buscan o tiene como principal objetivo prevenir las pérdidas a futuro de las actividades desarrolladas. La responsabilidad que recae este método es en todos los miembros de la empresa o proyecto (Alarcón, 2009, pág. 3).

### **2.3.15. Trabajo productivo (TP)**

Se refiere a la actividad detallada o registrada que afecta directamente a la producción y que ese encuentra asalariada, como por ejemplo asentar ladrillo y encofrar columnas (Rio, 2001 pág. 23).

Se refiere al trabajo de apoyo, que permite ser realizado para que pueda cumplir el trabajo productivo, ya que este es complemento del principal como el caso de retirar materiales, ordenar o limpiar, descargar un camión, etc (Cantú, 2009, pág. 2).

### **2.3.17. Informe semanal de producción (ISP)**

Es una herramienta que permite tener control sobre el consumo de horas hombres midiendo índices de productividad. (Bracamonte, 2015, p. 53).

Es un plan que tiene como objetivo controlar la unidad de producción, lo que permite paulatinamente designar actividades con resultados de mejor calidad, que resultan del aprendizaje o mejora continua y a su vez de las acciones correctivas correspondientes

Estas designaciones en la producción son controladas, dependen de las proyecciones y determinaciones hechas por el Last Planner. Para cumplir adecuadamente este control se tienen que cumplir ciertas características como:

- Actividades bien definidas para que sean ejecutadas sin ambigüedades.
- La secuencia de trabajo de las actividades debe ser lógica.

La producción en el trabajo o producido es proporcional a la capacidad cuantificada que pueda brindar la unidad determinada. (Díaz, 2007, p. 40)

Así mismo se puede definir como, una programación de obra sin definir para lograr mostrar las tareas que se realizaran en la semana. Esto significa que esas mismas actividades no deben tener restricciones que impiden su avance; para lo cual es necesario ordenar esa programación con un posible avance a 4 semanas. (Asencio, 2017, p. 17)

### **2.3.19. Programación diaria (Parte Diario)**

Este proceso conlleva el ordenar las actividades y desglosarlas por día; indicando la cantidad de personal a ingresar en dicha actividad y el responsable de la misma. Por lo que este documento formaliza el requerimiento del responsable de campo al avance diario.

El documento puede añadir algunas tareas de último minuto como:

- Ayuda al grupo de la partida de excavación, debido a problemas imprevistos como el incremento de la profundidad a excavar.
  - Arreglo del área perimétrica o cerco; que tuvo como inconveniente su derrumbe al paso de camión cisterna.
  - Preparación de simulaciones de sismos para que los participantes sean los colaboradores
- De acuerdo a lo explicado anteriormente, se ha incluido en las tareas las herramientas de programación, como por ejemplo Look Ahead. (Asencio, 2017, p. 17)

### **2.3.20. Análisis de restricciones**

Se puede definir como una herramienta que ayuda a optimizar la productividad de una organización, proyecto, equipo de trabajo et; para lo que es importante que se implemente en todas sus fases o en la mayoría de ellas, así se puede garantizar la línea de producción, en el proceso se puede observar o notar los “cuello de botella” para así dedicar el esfuerzo necesario para mejorar el proceso.

Además, se puede concluir que lo primero que hay que tener en cuenta es el concepto de productividad global debe primar por encima del de la productividad local. (Orihuela, 2009, p. 1).

### **2.3.21. Porcentaje de plan cumplido (PPC)**

El porcentaje de plan cumplido se toma de la siguiente ecuación presentada, además el divisor de la ecuación se toma de la información adquirida en el Look Ahead.

## **Capítulo 3**

### **Hipótesis y variables de la investigación**

#### **3.1. Hipótesis**

##### **3.1.1. Hipótesis principal**

La implementación de Lean Construction mejorará la productividad del proyecto de rehabilitación de la “Av. Faucett” tramo Av. Morales Duárez- Av. Venezuela en la Región del Callao en el 2019.

##### **3.1.2. Hipótesis secundarias**

La implementación de Lean Construction reducirá el costo del proyecto de rehabilitación de la “Av. Faucett” tramo Av. Morales Duárez- Av. Venezuela en la Región del Callao en el 2019.

La implementación de Lean Construction optimizará el tiempo del proyecto de rehabilitación de la “Av. Faucett” tramo Av. Morales Duárez- Av. Venezuela en la Región del Callao en el 2019.

#### **3.2. Universo**

Puede ser conceptualizado como el conjunto de elemento a los cuales se desea extrapolar los resultados de la muestra. Todos los elementos del universo son homogéneos en cuanto a su definición. (Galindo, 1998, p. 48).

De acuerdo a lo mencionado con anterioridad se indica que el universo de la presente investigación será la Longitud total de la Av. Faucett.

#### **3.3. Población**

Esta se puede definir como el conjunto de objetos o sujetos con los cuales vamos a realizar la investigación (Zapata, 2005, p. 127).

Se puede agregar lo siguiente como significado; “es el conjunto total de individuos, objetivos o medidas que poseen algunas características observables en un lugar y momento determinado” (Wigodski, 2010, p. 49).

Por lo expuesto, la población de la tesis es el tramo de la Av. Faucett, comprendido entre Av. Morales Duárez y la Av. Venezuela.

### **3.4. Muestra**

“Es un subgrupo representativo de la población; es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido por sus características al que llamamos población” (Gómez, 2006, p. 111).

Es posible darle una perspectiva adicional como; “se refiere a una cantidad de un total conocido como Universo, para el cual se realizará la investigación” (López, 2004, p.1).

Por consiguiente, la muestra de esta tesis es el tramo de la Av. Faucett, comprendido entre Av. Morales Duárez y la Av. Venezuela.

### **3.5. Muestreo**

“Comprende aquellas en las que se desconoce la probabilidad de escoger un solo individuo. En este caso, hay que suponer que los miembros en potencia de la muestra no tienen una probabilidad igual e independiente de ser seleccionados” (Salkind, 1998, p. 102).

Además, es acertado definir el caso particular de esta investigación sobre el muestreo, “el muestreo no probabilístico es un procedimiento de selección en el que se desconoce la probabilidad que tiene los elementos de la población para integrar la muestra” (Arias, 2006, p. 85).

La tesis corresponde al tipo de muestreo no probabilístico, se debe a que la muestra ha sido determinada por el investigador, en base a la conveniencia de lo que se quiere lograr concluir

### **3.6. Variables, dimensiones e indicadores**

#### **Variables**

Esta puede definirse como; “son resultado del proceso de operativización desde el plano teórico al plano empírico, son las manifestaciones de los constructos, y a las que se les puede asignar valores, palabras, que el investigador va a relacionar o contrastar” (Buendía, 2001, p.1).

De acuerdo a lo definido, tenemos dos variables presentes en esta investigación, una llamada independiente y la otra denominada dependiente.

V1: Variable independiente: Implementación de Lean Construction

V2: Variable dependiente: Mejora de la productividad.

#### **Dimensiones e Indicadores**

“Las dimensiones son definidas como los aspectos o facetas de una variable compleja” (Abreu, 2012, p. 125).

En la presente investigación se tienen las siguientes dimensiones:

- Herramientas de la Filosofía Sin Pérdidas
- Corte de Pavimento Flexible E=2”.
- Demolición de pavimento flexible c/equipo e=0.05
- Demolición de pavimento rígido e=0.20 m
- Eliminación de excedente c/volquete 10m<sup>3</sup> d=10km.
- Excavación a nivel de subrasante
- Fresado de carpeta asfáltica e=5.00 cm (inc. Eliminación)
- Compactación de Subbase existente
- Base granular e=0.20 cm (afirmado producido)
- Carpeta asfáltica en caliente e=2” c/equipo

A continuación, se muestra la tabla 1, que viene a ser la matriz de Operacionalización de las variables independiente y dependiente de la presente investigación.

**TABLA 1. Matriz de operacionalización de variables**

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional (Objetivos)	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
Variable Independiente  Lean Construction	Se refiere a la utilización de aquellos sistemas productivos que optimizan los recursos disponibles, garantizando menos defectos en el producto y mayor variedad. Su origen se encuentra en el Sistema de Producción Toyota (TPS) desarrollado tras la Segunda Guerra Mundial por los japoneses. El TPS buscaba eliminar lo mas posible las actividades que no añadieran valor al producto final proporcionando una mejor calidad a menor coste (Muñoz, 2019, pág. 2)	Hace referencia a la optimización de las actividades que pueden agregar valor al proyecto por construir, es decir que las actividades sin valor se reducen o eliminan. Para este proceso es necesario aplicar una metodología que identifique los riesgos y los logre mitigar o eliminar; instaurando un sistema productivo fluido y de calidad.	Herramientas de Lean Construction.	-Control de producción  -Gráficos IP  - Análisis de costo unitario  -Carta balance  -Diagrama de	Fichas técnicas
Variable Dependiente  Productividad en el proyecto de rehabilitación de Av. Faucett.	La productividad se puede definir como la relación entre la actividad productiva y los medios que son necesarios para conseguirlo. Siendo estos medios del tipo tecnológicos, humanos o de infraestructuras. También puede ser entendida como la producción obtenida por un sistema productivo usando determinados recursos para este fin. La productividad debería ser percibida sobre todo como un indicador de eficiencia que sirve para relacionar la cantidad de recursos empleados con la cantidad de producción obtenida (Fernández, 2018, pág. 1)	Se define como la relación de la cantidad producida entre los implementos o recursos utilizados. Se refiere a la transformación del implemento o recurso para producir algo completamente diferente; puede ser un bien o un servicio, en nuestro caso Mano de Obra.	Corte de Pavimento Flexible. Demolición de pavimento flexible c/equipo e=0.05 m. Demolición de pavimento rígido e=-20 m Eliminación de excedente c/volquete Excavación a nivel de subrasante Fresado de carpeta asfáltica e=5.00cm Compactación de subbase existente Base granular de e=0.20 m Carpeta asfáltica en caliente e=2” - Concreto premezclado f’c=280 kg/cm2	Producción  Jornada  Cuadrilla	m2  Horas  Hombres

**TABLA 2. Matriz de consistencia**

Variables de la Investigación	Problema de investigación	Objetivos de investigación	Dimensiones	Indicadores	Unidad de Medida	Metodología
VARIABLE INDEPENDIENTE Lean Construction	GENERAL ¿De qué manera la implementación de Lean Construction mejora la productividad del proyecto de rehabilitación de la “Av. Faucett” tramo Av. Morales Duarez- Av. Venezuela, Callao en el 2019?	GENERAL Determinar como la implementación de Lean Construction mejora la productividad del proyecto de rehabilitación de la “Av. Faucett” tramo Av. Morales Duarez- Av. Venezuela, Callao en el 2019	Herramientas	-Control de producción -Gráficos IP - Análisis de costo unitario -Carta balance -Diagrama de procesos	% % S/ % Días	Diseño: No Experimental Tipo: Aplicada Nivel: Descriptivo- explicativo Enfoque: Cuantitativo
VARIABLE DEPENDIENTE Productividad	ESPECIFICOS ¿De qué forma la Implementación de Lean Construction reduce el costo del proyecto de rehabilitación de la “Av. Faucett” tramo Av. Morales Duarez- Av. Venezuela, Callao en el 2019?  ¿De qué modo la implementación de Lean Construction optimiza el tiempo del proyecto de rehabilitación de la “Av. Faucett” tramo Av. Morales Duarez- Av. Venezuela, Callao en el 2019?	ESPECIFICOS Determinar como la implementación de Lean Construction reduce el costo del proyecto de rehabilitación de la “Av. Faucett” tramo Av. Morales Duarez- Av. Venezuela, Callao en el 2019.  Calcular como la implementación de Lean Construction optimiza el tiempo del proyecto de rehabilitación de la “Av. Faucett” tramo Av. Morales Duarez- Av. Venezuela, Callao en el 2019.	- Corte de Pavimento Flexible.  - Demolición de pavimento flexible c/equipo e=0.05 m.  - Demolición de pavimento rígido e=20 m	Producción Jornada Cuadrilla	L Hh Und.	Técnica e instrumentos de recolección de datos: -Observación -Fichas técnicas - Simulación Gallego Método de análisis de datos: -Interpretación - Estadística general Universo: Longitud total de Av. Faucett Población: Tramo Av. Morales – Av. Venezuela Muestra: Tramo Av. Morales – Av. Venezuela Muestreo: No probabilístico

## **Capítulo 4**

### **Diseño de la Investigación**

#### **4.1. Diseño de ingeniería**

##### **Diseño**

Para definir el diseño de investigación, se toma la concepción de Rojas (2000):

El diseño de investigación es un recurso de método científico en cuanto que permite la concreción de este en un proceso de investigación específico. También se le conoce como proyecto o plan de investigación y, se apunta a los requerimientos o necesidades de la institución y del propio investigador, así como a las características que adopta el objeto de estudio. (p. 134)

Por lo tanto, en base a lo referido el presente tema de investigación pertenece al experimental, de acuerdo a lo revisado con anterioridad, ya que existe manipulación de la variable endógena forma intencionada, para lograr obtener mediciones del efecto que tiene en la variable dependiente.

##### **Tipo**

Según Tamayo (2003); “la investigación aplicada es el estudio y aplicación de la investigación a problemas concretos, en circunstancias y características concretas. Esta forma de investigación se dirige a su aplicación inmediata y no al desarrollo de teorías” (p.

43).

Sin embargo, es necesario mencionar que la tesis es definida como científica, ya que es un proceso que permite enfrentar y resolver los problemas de manera planificada y con cierta facilidad (Cazau, 2006, p. 6)

En consecuencia, de lo conceptualizado en párrafos anteriores, el tipo de investigación que se realizara en esta tesis es, aplicada. Ya que se está estudiando las posibles implementaciones o formas de implementar esta nueva filosofía en los proyectos de rehabilitación de

pavimentación, provocando la posible optimización o solución a los inconvenientes encontrados en la tesis.

### **Nivel**

Con respecto al nivel de investigación, se puede decir que; uno de los objetivos básicos que hacen significativa la investigación científica es el de identificar problemas y descubrir las interrelaciones entre los fenómenos y variables para hacer predicciones que permitan tanto estructurar políticas y estrategias de acción como contribuir al desarrollo del cuadro teórico de la ciencia social. (INEI, 2005, p. 22)

Además, se debe explicar que el nivel explicativo de una investigación según Sanpieri (1997) indica que; Más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos, están dirigidos a responder a las causas de los eventos físicos o sociales. Como su nombre indica, su interés se centra en explicar porque ocurre un fenómeno y en qué condiciones se da este, o porque dos o más variables están relacionadas. (p. 17)

Entonces la presente investigación se define como de nivel descriptivo- explicativo.

### **Enfoque**

El enfoque cualitativo en una investigación utiliza la recolección de datos sin medición numérica para descubrir o afinar las preguntas de investigación en el proceso de interpretación. Este enfoque a veces es referido como investigación naturalista, fenomenológica, interpretativa o etnográfica, es como una especie de “paraguas”, en el cual se incluye una variedad de concepciones, visiones, técnicas y estudios no cuantitativos. (Contreras, 2013, p.1)

De acuerdo a lo explicado con anterioridad, se entiende que la presente tesis se considera dentro del enfoque de investigación Cuantitativo.

## **4.2. Técnicas e instrumento de recolección de datos**

En la presente investigación las técnicas utilizadas fueron observación directa, esta se refiere a la percepción de los sentidos; para lograr recopilar datos y posteriormente registrarlos. Es de buena práctica de proyectos de construcción registrar los datos obtenidos en formatos apropiados que permitan ser sintetizados y representados.

El sistema que complemento esta técnica de observación directa, el cual consiste en dos rondas, la primera ronda consiste en realizar la construcción de alguna obra de la manera tradicional o como normalmente lo hacen.

Luego de realizada la actividad, se procede a realizar trabajo de gabinete, por el cual se usan herramientas como Last Planner System (LPS); a continuación, se inicia con la segunda ronda que consiste en la construcción de la misma obra usando los lineamientos aprendidos en gabinete, es decir LPS, Look Ahead, Parte diario, etc.

El proceso que se llevó a cabo relaciono diferentes actividades como las presentadas a continuación:

### ***Paso 1: Iniciación***

Es necesario implementar la metodología sin s desde el inicio de las labores de construcción y con mayor énfasis en el proyecto de investigación, para lo cual es vital el uso del expediente técnico de la obra, así mismo como otros documentos relevantes.

### ***Paso 2: Determinación de la productividad inicial en el expediente (Phase Base)***

La determinación de la productividad inicial del expediente se realiza usando información del documento base y calculando el tiempo productivo de las actividades.

En donde:

Cantidad producida : Lo que avanza la mano de obra en un jornal  
según sea su medida (m2, m3, etc)

Cantidad de horas trabajadas: Tiempo que trabaja la mano de obra en un día,  
medido en horas.

Cantidad de personas : Personas que trabajan en una actividad (hombres)

Lo que se obtiene de la formula aplicada, se puede contar como productividad para cada actividad analizada.

***Paso 3: Datos en campo.***

Los datos de campo fueron recolectados por rendimiento de CAPECO y experiencia de profesionales del rubro de ingeniería; analizados previamente a la implementación de la metodología propuesta.

En la partida inicial, la recolección de datos se realizó por sectores determinado en el anexo de la investigación.

***Paso 4: Determinación inicial de la productividad verdadero (PIV)***

Lo que denominamos como productividad inicial verdadera se calcula además de aplicarlo a cada partida que se desea estudiar.

En donde:

$\Sigma$  Producción diaria: Se refiere a lo trabajado o realizado en total por el grupo de trabajo, en la unidad de medida necesaria, ya sea m<sup>2</sup>, m<sup>3</sup>, etc.

$\Sigma$  Tiempo de trabajo: Se refiere al tiempo empleado en desarrollar la actividad a completar.

Cuadrilla : Se refiere a la cantidad de personas o mano de obra utilizada en una actividad (hombres)

En este proceso, lo que se obtiene es conocido como productividad verdadera sin el uso de la teoría.

### ***Paso 5: Determinación de la productividad para análisis (Prod. Real)***

Para completar este paso, es necesario comparar dos productividades, una es la productividad inicial calculada en el paso 1 y la productividad real (prod. Real); calculada en este paso. Para tener un resultado comparativo se tienen las siguientes restricciones o condiciones:

Si  $\text{Prod. Real} > P. \text{ inicial}$ , eso quiere decir que lo propuesto en el expediente técnico se encuentra en los rangos aceptables, pero se evalúa si pudiera existir una forma de mejorar la productividad y sus criterios de optimización.

Si  $\text{Prod. real} < P. \text{ inicial}$ , eso quiere decir que lo esperado en el expediente no fue suficiente para tener un nivel óptimo, por lo que se identifica las restricciones que reducen la productividad y se implementa las técnicas necesarias para su mejora.

### ***Paso 6: Implementación de la filosofía de cero pérdidas***

Durante el desarrollo de este proceso se usaron principios básicos de Lean Construction que mejoran la productividad, analizando las partidas se pretende obtener lo siguiente producción real mayor que la P. Inicial para demostrar su funcionamiento y mejora de costos, plazos, así como la productividad.

### ***Paso 7: Datos en campo (2da vez)***

La recolección de datos en campo se realizó, después se implementó la metodología.

### ***Paso 8: Segunda determinación de la productividad verdadera (PIV)***

El cálculo de la productividad verdadera de este proceso se realiza con los datos que se obtienen del paso 7.

En donde:

$\Sigma$  Producción diaria: Se refiere a lo trabajado o realizado en total por el grupo de trabajo, en la unidad de medida necesaria, ya sea m<sup>2</sup>, m<sup>3</sup>, etc.

$\Sigma$  Tiempo de trabajo: Se refiere al tiempo empleado en desarrollar la actividad a completar.

Cuadrilla: Se refiere a la cantidad de personas o mano de obra utilizada en una actividad (hombres).

Lo que se obtiene de este proceso es la productividad verdadera posterior a la implementación de la metodología.

***Paso 9: Determinación de la producción para análisis (Prod. Referencial2)***

Para completar este proceso se debe completar mediante la comparación de productividad inicial (P inicial) y la productividad verdadera (Prod.); con las siguientes restricciones o condiciones:

***Paso 10: Proceso comparativo de las productividades antes y después de implementar filosofía cero pérdidas.***

Se debe indicar que para desarrollar este proceso se busca la relación entre la productividad verdadera antes de Lean Construction y la productividad verdadera después de aplicar Lean.

Es durante esta fase que se comprueba la efectividad de la metodología, es decir se conoce si mejor o no la productividad de las actividades analizadas.

***Paso 11: Término de análisis***

Concluyendo con todo este proceso, se toman los resultados obtenidos y se infieren las conclusiones necesarias que demuestren lo esperado por la metodología o la disconformidad con ella.

### **4.3. Instrumentos de recolección de datos**

Los instrumentos se pueden definir como herramientas, fichas, simulaciones, que permiten recolectar u obtener información de la muestra a analizar, es decir los medios por los cuales se obtiene información de la realidad (UNINAV, 2017 pág. 28).

En la tesis se usaron fichas técnicas aplicadas al personal de las partidas analizadas, durante el tiempo de duración de la actividad.

- Ficha técnica N° 1 (control de producción), fue utilizado para recolectar datos de la producción diaria realizada por los obreros de cada partida propuesta.
- Ficha técnica N° 2 (carta balance), la presente herramienta se utilizó para registrar los diferentes tipos de trabajo realizados en las partidas, ya que estos pueden ser productivos, contributorios y no contributorios.
- Ficha técnica N° 3 (diagrama de procesos), se utilizó con la finalidad de identificar los procesos de cada actividad analizada en la cuadrilla.

#### 4.3.1. Validez de instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos planteados en la investigación pueden ser validados siempre y cuando cumplan con medir las variables planteadas, para lo cual se restringe mediante los siguientes criterios; validez de contenido, validez de criterio y validez de constructo (Hernández, y otros, 2010 pág. 201).

La tesis fue analizada y validada usando unos de los criterios planteados, este es el de contenido, analizado por 3 jueces que dictaminaron el valor que tendría las fichas propuestas para la recolección de datos

*Tabla 1. Cociente de validación por juicio de expertos.*

<b>Formato</b>	<b>Experto 1</b>	<b>Experto 2</b>	<b>Experto 3</b>	<b>Validez</b>
Ficha N° 1	0.98	0.95	0.96	0.97
Ficha N° 2	0.97	0.06	0.96	0.95
Ficha N° 3	0.98	0.97	0.96	0.96
Índice de validez				0.97

Fuente: Realización propia.

Tabla 2. Rangos de valores para validez.

Rango	Magnitud
1	Validez perfecta
[0.72 ; 0.99]	Excelente validez
[0.66 ; 0.71]	Muy válida
[0.60 ; 0.65]	Válida
[0.54 ; 0.59]	Validez baja
[0.00 ; 0.53]	Validez nula

Fuente: Realización propia.

Tomando en cuenta las tablas presentadas anteriormente, los índices válidos para la presente investigación se encuentran entre 0.99 y 0.72 para ser considerados con excelente validez; de acuerdo a los jueces se determina que los instrumentos son válidos en 0.97, por lo que se infiere que es excelente la validez de las fichas técnicas presentadas.

#### **4.3.2. Rango de confianza de los instrumentos de recopilación de datos**

Esta se puede definir como el nivel o grado de implementación en que la ficha se utiliza en las partidas analizadas, por lo que el instrumento se valida cuando supere estos niveles y aplicado por autores en investigaciones similares (Hernández, y otros, 2010 pág. 200). De acuerdo a la tesis realizada las fichas técnicas aplicadas para la recolección de datos, han sido completamente validados.

#### **4.4. Métodos de análisis de datos recolectados**

La tesis está basada en estadística general que permita resumir y sintetizar los resultados obtenidos en cuadros, tablas y gráficos que comprueben la optimización de lo propuesto con la metodología, así mismo se realizara el proceso debido con las tablas y gráficos siguiendo lo siguiente; comparando las productividades verdaderas y productividades iniciales antes de la aplicación de la filosofía y después de la aplicación de la misma, lo que generara muestras de tiempo productivo, contributorio, no contributorio, los cuales permitirán identificar la productividad final de cada partida.

#### **4.5. Aspectos éticos**

Los valores morales como la ética y la integridad son elementos fundamentales y cimentadores de cualquier investigador, ya que permiten desarrollar la investigación de manera certera y honesta. La ciencia tiene urgencia de alinear estos valores con su avance prodigioso, para así reducir el riesgo de prácticas antiéticas en la ciencia, como pueden ser el respeto a la autoría de escritos, manipulación de fuentes y datos, experimentación con humanos y otros con mayor énfasis moral (Koepsell, y otros, 2015 pág. 11). Manteniendo el lineamiento de los valores morales en la investigación, la tesis se ha desarrollado respetando las autorías de los escritos, evitando el plagio, citando adecuadamente las fuentes y rigiéndonos por la normativa vigente en el ámbito constructivo, ambiental y de calidad.

Así mismo se ha respetado la obtención de los resultados tal cual fueron calculados y presentados en la presente investigación con su respectivo comentario e interpretación, sin cambio alguno en los datos o manipulación de los mismos, ya que considero que la ciencia es un puente de posibles avances tecnológicos para la construcción y otros sectores económicos que permitirán el crecimiento y desarrollo sostenible de la sociedad.

## Capítulo 5

### Ingeniería del Proyecto

#### 5.1. Proyecto base: Situación actual del proyecto

Para la realización y justificación de este proyecto se realizó una evaluación del área a intervenir, la cual adolece de infraestructura para la transportabilidad vehicular, lo cual no solo dificulta el tránsito vehicular sino también representa un grave peligro para los transeúntes del área de estudio, por lo que el proyecto beneficiara directamente a los habitantes residentes y no residentes usuarios de las vías.

##### 5.1.1. Ubicación política y geográfica

El proyecto, se encuentra ubicado en la Av. Elmer Faucett, de la Provincia Constitucional del Callao, Sector 807 y 808 y comprende la reparación de la infraestructura vial en el tramo comprendido entre la Av. Morales Duárez y Av. Venezuela.



Figura 4. Plano de ubicación del sector 807 y 808.

Fuente: Municipalidad Provincial del Callao, 2018.

### **5.1.2. Accesos y vías de comunicación**

El ingreso o vía de acceso vial es la Av. Tomas Valle, esta vía es relativamente rápida con un recorrido aproximado de 3 km, ingresando a la Av. Elmer Faucett y avanzando hacia la dirección de Av. La Marina.

Se determinó también el área de intervención que tendría el presente proyecto, el cual sería en la Av. Elmer Faucett (Tramo Av. Morales Duárez- Av. Venezuela), este proyecto comprende la reparación de la vía mediante el asfaltado de la calzada y parchado de concreto de la vía; lo cual permitirá acoger de mejor manera al transporte de carácter público y privado.

### **5.1.3. Áreas de intervención**

A continuación, se indicarán las características actuales del área a intervenir, de acuerdo a los estudios realizados por el Callao:

Así mismo se analizó toda la longitud de la Av. Elmer Faucett, indicando sus principales características e importancia dentro de la infraestructura vial de la zona.

- Sección vial: Tramo Av. Venezuela a la Av. Morales Duárez de sección variable.
- Vía de carácter regional con uso de transporte público.
- Sección de calzada de variable
- Pavimento asfáltico (presencia de fisuras tipo cocodrilo, baches y hundimientos)
- Pavimento rígido (presencia de fisuras y hundimientos).

### **5.2. Especificaciones técnicas del proyecto de rehabilitación de pavimentación**

La intervención que se realizará al proyecto será la construcción de pavimento flexible de 2" de espesor, así como los parches de concreto de resistencia a la compresión de 280 kg/cm<sup>2</sup>; previa a la demolición del pavimento, para la colocación de asfalto y los parches de concreto y la señalización de la vía.

Estas actividades han sido determinadas de la siguiente manera:

#### a.- Pavimentación

- Se realizará la demolición de pavimento flexible y rígido.
- En las vías a intervenir se realizará la pavimentación de la calzada mediante la conformación y compactación de la base existente.
- Base Granular de 20 cm.
- Colocación de carpeta asfáltica caliente de 2”.
- Parches de concreto premezclado  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$

#### b.- Señalización vial

- Implementar la señalización vial horizontal a fin de mejorar la transitabilidad peatonal y vehicular.

Entonces de acuerdo a la evaluación realizada por la entidad a la Av. Faucett, se identificó que los tramos, presentan problemas funcionales, superficiales, estructurales y de seguridad ya que no presenta las condiciones de transitabilidad.

Se tiene un área construida de 24 318.81 m<sup>2</sup>, se presenta a continuación la lista de áreas que se requiere rehabilitar.

### **5.3. Análisis de resultados de la partida corte de pavimento flexible e=2”**

#### **5.3.1. Examen antes de implementar la filosofía**

##### **Productividad calculada**

##### **a.- Determinación de la productividad inicial.**

El cálculo de esta productividad inicial se da con el uso de los precios unitarios de la partida mencionada, de la cual se obtuvo los datos siguientes:

- Cantidad de avance por día: 100 metros
- Tiempo de trabajo por día: 6 horas
- Cantidad de personas en la actividad: 2 personas

Con esta información se procede a sintetizar y calcular lo necesario presentado en la tabla.

Tabla 3. Productividad inicial de Corte en pavimento flexible.

Partida	Producción (m)	Jornada (horas)	Cuadrilla (hombres)	Productividad (m/hh)
Corte de pavimento flexible	100.00	8.00	1.00	12.5

Fuente: Elaboración propia.

Se indica que se trabajó con productividad de 12.5 metros por hora hombre, que de acuerdo al expediente base es óptimo el corte mínimo de 12.5 metros lineales de pavimento flexible en una hora utilizando una persona en la actividad.

#### **b.- Datos en campo con simulación.**

Cumpliendo con los parámetros se registró la cantidad producida por día con la ficha técnica N° 1 (anexo 5), así como también la cantidad de personas que se involucraron, desde el inicio hasta el final de la actividad, esta fue de 5 días.

Tabla 4. Días trabajados de la partida corte de pavimento flexible.

Día	Producción (m)	Tiempo (Horas)	Cuadrilla (hombres)
01	90.00	8.00	1.00
02	100.00	8.00	1.00
03	85.00	8.00	1.00
04	95.00	8.00	1.00
05	95.00	8.00	1.00
06	100.00	8.00	1.00

Fuente: Elaboración propia.

#### **c.- Determinación inicial de la productividad verdadera**

Este proceso se obtiene de los datos de la tabla 4 y colocando la producción, el tiempo empleado en la actividad, la cantidad de personas involucrada y finalmente se calcula lo que se produjo en metros lineales por hora.

Tabla 5. Cantidad producida en partida corte de pavimento flexible.

Día	Producción (m)	Tiempo (Horas)	Cuadrilla (hombres)	Productivi (m/hh)
1	90.00	8.00	1.00	11
2	100.00	8.00	1.00	13
3	85.00	8.00	1.00	11
4	95.00	8.00	1.00	12
5	95.00	8.00	1.00	12
6	100.00	8.00	1.00	13

Fuente: Elaboración propia.

#### d.- Determinación de la productividad para análisis

Para este proceso se obtienen datos de la cantidad producida por día en la partida corte de pavimento flexible, para lo cual se resume los siguientes ítems:

- Productividad total: 565 metros
- Cantidad de horas trabajadas: 8 horas
- Cantidad de personas involucradas en la actividad: 6 hombres

Tabla 6. Productividad para análisis de partida corte de pavimento flexible.

Día	Producción	Tiempo (Horas)	Cuadrilla (hombres)	Productividad (m/hh)
01 al 06	565.00	8.00	6.00	12

Fuente: Elaboración propia.

El resultado indica que en los días laborados (6 días) se realizó el corte de 12 metros de pavimento flexible en una hora por persona durante una jornada de trabajo de 8 horas.

### e- Cálculo de la varianza en la productividad verdadera

Este paso se determina mediante la varianza de la partida analizada, para lo cual se extrajo lo siguiente:

- Varianza estándar : 0.0620732 metros por hora hombre

- Productividad verdadera : 11.770833 metros por hora hombre

Se indica lo calculado y obtenido del coeficiente en tabla representativa.

Tabla 7. Varianza en productividad de partida corte de pavimento flexible.

Día	Desviación	Promedio (m/hh)	Coef. De
	Estándar (m/hh)		Variación (%)
01 al 06	0.06	12	6.2

Fuente: Autoría propia.

En la tabla anterior presenta la productividad verdadera y se calcula la varianza que es 0.0620732 metros por hora hombre, además se obtuvo un coeficiente final de 6.20% de la misma partida.

El gráfico indica de manera visual lo presentado en la tabla 7, relacionando en el eje vertical los rangos de la variación estándar y en el eje horizontal los valores obtenidos en cada día de análisis de la actividad corte de pavimento flexible.

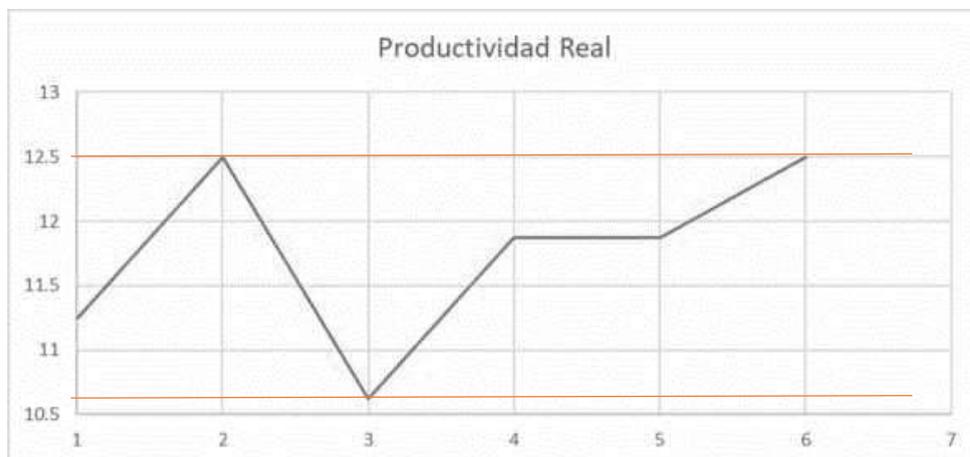


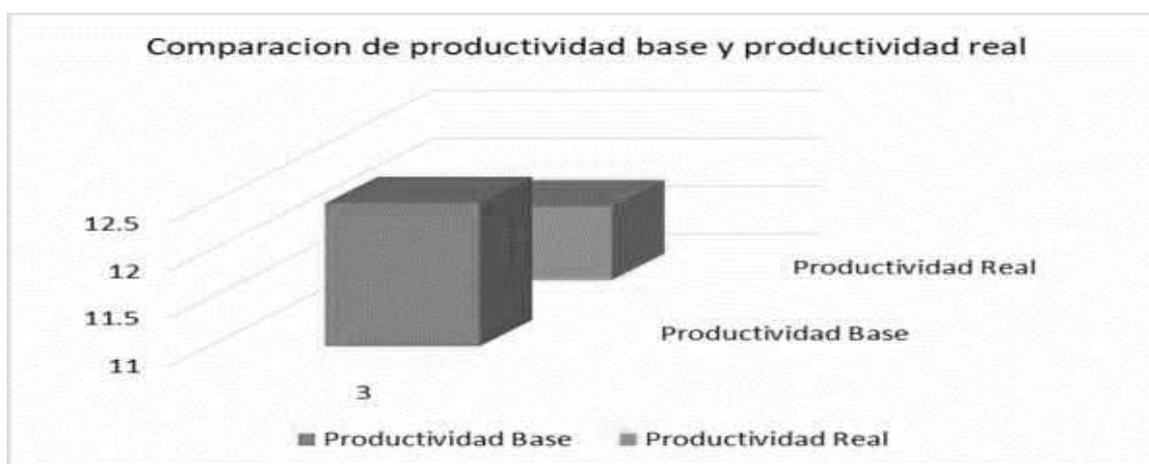
Figura 5. Comparación de rangos de variación estándar y valor diario de varianza.

*Fuente: Realización propia.*

La figura 5 indica lo producido en la actividad corte de pavimento flexible e=2” en el día 2 es 12.5 metros por hora hombre, que alcanza el tope que alcanza el límite mínimo del rango anteriormente descrito.

#### **f- Proceso comparativo de lo producido antes y después de implementar la filosofía sin pérdidas**

Se presenta la comparación de las productividades verdaderas vs productividades iniciales de la actividad corte de pavimento flexible



*Figura 6. Comparación de productividades en actividad corte de pavimento flexibl.*

*Fuente: Elaboración propia.*

De acuerdo a lo representado en la figura 6, se infiere que lo producido referencialmente de la actividad es de 12.5 metros por hora hombre, mientras que la productividad real de la misma es de 11.7708 metros por hora hombre; esto quiere decir que lo que se esperaba realmente de acuerdo al documento contractual es de 12,5 pero en la ejecución real o en campo se obtuvo un valor de 11.7708, esto hace una diferencia de 0.28 metros menos. Lo que nos indica que en esta actividad existe productividad baja debido a diferentes motivos.

#### **g- Determinación del índice de la cantidad efectiva de producción**

En este proceso se debe calcular lo efectivo que debe ser lo producido por el personal involucrado en la partida corte de pavimento flexible, durante los días que dure la misma

actividad, que en este caso son 6 días. Los datos necesarios para este cálculo son la productividad inicial y la productividad verdadera para poder compararlos por día efectivo y generar la relación entre ambas cantidades de manera que se evidencie si existen valores positivos o negativos en el análisis.

Tabla 8. Cantidad efectiva de producción de la actividad corte de pavimento flexible.

<b>Día</b>	<b>Productividad real(hh/m)</b>	<b>Productividad base(hh/m)</b>	<b>Índice</b>
01	11	13	0.90
02	13	13	1.00
03	11	13	0.85
04	12	13	0.95
05	12	13	0.95
06	13	13	1.00

Fuente: Elaboración propia.

#### **h.- Representación del índice**

Se representará el índice obtenido en el paso anterior, lo cual indica de manera visual la variación de los índices de productividad e cada día desarrollados en la actividad analizada.

Figura 7. Representación de los índices de los días trabajados en de pavimento flexible.



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los lineamientos de análisis de productividades de actividades, si el índice obtenido es igual a 1, esto quiere decir que lo esperado en el avance es igual a lo producido en el campo, por lo que no hay productividad baja ni alta, es un estado normal o estable.

### **Análisis de costos unitarios**

#### **a.- Determinación de la cantidad producida por día**

Se procede a determinar lo que se produce en el día a día de la actividad, para lo cual se extrae lo siguiente

- Productividad verdadera : 11.7708 metros
- Cantidad de horas trabajadas : 8 horas
- Cantidad de personas involucradas: 1 persona

Por consiguiente, se presenta la tabla donde se indica el avance diario

*Tabla 9. Cantidad global de producción en corte de pavimento flexible.*

<b>Día</b>	<b>Productividad real(hh/m)</b>	<b>Productividad base(hh/m)</b>		<b>IP</b>
01 al 06	12	8	1	94.17

*Fuente: Elaboración propia.*

#### **b.- Proceso de análisis de precio unitario verdadero**

En este caso se indica los costos de manera detallada con la mano de obra, equipos, maquinaria y herramientas en la partida corte de pavimento flexible.

- Cantidad de producción por día : 94.17 metros por día
- Cantidad de horas trabajadas : 8 horas
- Cantidad de personas involucradas: 1 hombre

Luego de culminar el cálculo anterior se procede a analizar los costos directos unitarios.

Tabla 10. Análisis de precios unitarios de la actividad corte de pavimento flexible.

Partida						
CORTE DE PAVIMENTO FLEXIBLE E=2"						
Rendimiento	m/ Dia	MO. 94.166656	EQ. 94.16656	Costo por unidad de m:		
						5.64
Descripción del Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>						
CAPATAZ	hh	1.000	0.0083	25.15	0.21	
OPERARIO	hh	2.000	0.08	20.96	3.35	
					0.00	
<b>Equipos</b>						<b>3.56</b>
AGUA		m3	0.0012	5.68	0.01	
HERRAMIENTAS MANUALES CORTADORA DE PAVIMENTO CON DISCO	% MO		0.030	2.49	0.07	
	hm		0.08	25	2.00	

Fuente: Adaptado de expediente técnico (Gobierno Regional del Callao).

Del análisis previo se obtiene que el precio real de la partida corte de pavimento flexible es de 5.63 soles por metro lineal. Entendiendo que realizar el corte de pavimento en 1 metro lineal cuesta 5.63 soles, usando 1 capataz y 2 operarios, así como los porcentajes y cantidades de materiales indicados en el análisis.

### c.- Representación comparativa de precio por unidad verdadero y precio por unidad proyectado

En relación al gráfico mostrado se visualiza el precio por unidad referencial y el precio de campo de la actividad corte de pavimento flexible  $e=2''$  (tabla 10).

Figura 8. Costo unitario de la partida corte de pavimento flexible  $e=2''$ .



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a lo representado en la figura 8, se determina el costo unitario básico de la actividad en 4.57 soles y el costo real de campo es de 5.63 soles, se evidencia un mayor costo en campo de lo esperado en el expediente, por lo que hay un sobre costo de 1.06 soles por metro línea de pavimento flexible cortado.

### **Utilización del tiempo**

#### **a.- Datos en campo por simulación (2da vez)**

En este caso se procedió a determinar las actividades derivadas de la partida principal que se realizaron durante los días de ejecución, para ello se necesitó de la ficha técnica N° 2 y de validación de los expertos para tomar registro de cada 2 minutos del tiempo que emplean por cada sub actividad desencadenada por el corte de pavimento flexible, De acuerdo al grafico 11 se indica que se obtuvieron los siguientes datos:

*Tabla 11. Utilización del tiempo por día de la actividad corte de pavimento flexible.*

<b>Día</b>	<b>Trabajo contributorio</b>	<b>Trabajo contributorio</b>	<b>no Trabajo productivo</b>
01	25 %	29 %	46 %
02	8 %	23 %	69 %
03	13 %	27 %	60 %
04	15 %	31 %	54 %
05	15 %	31 %	54 %

*Fuente: Autoría propia.*

#### **b. Determinación de la utilización del tiempo**

Para completar el proceso se debe tomar en cuenta el tiempo de las subactividades realizadas día a día, generando un lineamiento y tomando los siguientes datos:

- Promedio del trabajo productivo : 56 %

- Promedio de trabajo contributorio: 16%
- Promedio de trabajo no contributorio: 29%

Ya calculado lo anterior se procede a presentar lo obtenido en síntesis como la tabla siguiente:

*Tabla 12. Promedio de utilización del tiempo de la actividad corte de pavimento flexible.*

<b>Día</b>	<b>Trabajo contributorio</b>	<b>Trabajo no contributorio</b>	<b>Trabajo productivo</b>
Promedio	17%	29 %	54 %

*Fuente: Autoría propia.*

De acuerdo a la tabla 12, se ha obtenido un global de la utilización del tiempo de los 6 días que dura la actividad analizada, por lo que cada tipo de trabajo tiene un porcentaje calculado, por ejemplo, el trabajo productivo es de 54%, el trabajo contributorio es de 17% y el trabajo no contributorio de 29%.

Luego de ese procede a representar gráficamente la tabla calculada, mostrando los tiempos de la actividad., que se aprecia en la figura 9.



*Figura 9. Promedio de utilización de tiempo de la actividad corte de pavimento flexible.*

*Fuente: Elaboración propia.*

En concordancia con los valores obtenidos del cálculo de utilización de tiempo se visualiza un total de 8 horas trabajadas que representan el 100% del tiempo ocupado, este tiempo se subdivide en tres categorías, las cuales tienen su propio porcentaje de utilización; el caso de trabajo productivo es de 54% representando 4.3 horas, el trabajo contributorio tiene un 17% que representa 1.3 horas y finalmente el trabajo no contributorio con 29% que representa el 2.3 horas. Evidenciándose un porcentaje alto de trabajo no contributorio que debe ser optimizado para no generar ampliación de plazo ni sobrecostos.

### **Continuidad en el procedimiento constructivo**

#### **a.- Datos en campo por simulación (3ra vez)**

Es necesario utilizar la ficha técnica N° 3 para recolectar información que permita obtener una muestra de la realidad de campo por la actividad de corte de pavimento flexible, la cual registraría la operación, inspección, transporte, demoras y almacenamiento de la partida analizada. Esto serviría para la identificación de los puntos de quiebre donde no hay fluidez de trabajo o embotellamiento por las diferentes restricciones que se puedan encontrar. Para lo que se necesitaría una matriz de análisis de restricciones que permita dar solución y registro de los impedimentos de avance de la partida durante el tiempo ejecución de la tarea.

### **5.3.2. Identificación de restricciones y mejoramiento con Lean Construction**

#### **a.-Restricción de horario laborable**

Tomando como base los datos de la simulación Villego que fueron obtenidos con la ficha técnica N° 2, se procede a mostrar los datos de la misma en una tabla, que indican la utilización del tiempo de un operario en la jornada laboral de 8 horas.

Tabla 13. Utilización del tiempo de operario en corte de pavimento flexible.

<b>Día</b>	<b>Trabajo contributorio</b>	<b>Trabajo no contributorio</b>	<b>Trabajo productivo</b>
Op 1	17%	29 %	54 %

Lo representado en el grafico 9, indica al operario usando su tiempo en tres categorías, la productiva con 54%, la contributaria con 17% y la no contributaria con 29%, que significa que de las ocho horas laborables del día, lo pierde en ese porcentaje no contributorio que pueden ser diferentes actividades que agreguen valor a la partida como descanso prolongado, permiso para ir al baño, demora en el traslado de material, demora en el preparado de material, demora en la instalación del puesto de trabajo, etc; lo cual afecta de manera directa a l trabajo productivo de la actividad desarrollada.

### 5.3.3. Después de la implementación de filosofía cero pérdidas

#### Productividad inicial

##### a. Datos de Simulación (4ta vez)

Se refiere a la cantidad producida durante un día laboral que se registra con la ficha técnica N°1, que recopila la producción diaria, tiempo trabajado y la cantidad de personas involucradas en la actividad. Este resumen se muestra en la tabla 14.

Tabla 14. Cantidad producida optimizada con Lean Construction.

<b>Día</b>	<b>Producción (m)</b>	<b>Tiempo (h)</b>	<b>Cuadrilla</b>
06	97.12	6	1
07	93.00	6	1
08	91.00	6	1
09	91.07	6	1
10	95.00	6	1
11	94.00	6	1
12	90.00	6	1
13	98.00	6	1
14	91.00	6	1
15	96.00	6	1

Fuente: Elaboración propia.

## **b. Determinación de la productividad inicial en el expediente**

Para completar este proceso se debe determinar la cantidad producida por día de la actividad analizada, en este caso es la partida corte de pavimento flexible; del cual se extrajeron algunos datos como producción diaria, utilización del tiempo, cantidad de personas involucradas, mostradas en la siguiente tabla:

*Tabla 15. Cantidad producida por día de la actividad corte de pavimento flexible.*

<b>Día (m)</b>	<b>Producción</b>	<b>Tiempo (h)</b>	<b>Cuadrilla (hombres)</b>	<b>Productividad</b>
06	97.12	6	1	16.19
07	93.00	6	1	15.5.
08	91.00	6	1	15.17
09	91.07	6	1	15.18
10	95.00	6	1	15.8
11	94.00	6	1	15.7
12	90.00	6	1	15
13	98.00	6	1	16.3
14	91.00	6	1	15.17
15	96.00	6	1	16

*Fuente: Elaboración propia.*

## **c. Determinación inicial de la productividad verdadera (PIV)**

Es necesario calcular la producción diaria verdadera tomando como base la productividad inicial de la partida corte de pavimento flexible, para lo cual se tomarán los siguientes datos:

- Cantidad producida por día: 936.19 metros lineales
- Cantidad de horas trabajadas: 6 horas
- Cantidad de personas involucradas: 10 hombres

Se representará de manera sintetizada los cálculos obtenidos en la tabla 16.

Tabla 16. Promedio de la productividad de la actividad corte de pavimento flexible.

<b>Día</b>	<b>Producción (m)</b>	<b>Tiempo (h)</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Productividad</b>
06 al 15	936.19	6	10	15.6

Fuente: Autoría propia.

La sinterización presentada en la tabla 16, indica lo realizado desde el día 6 al día 25 de la partida analizada, mostrando que se realizó 936.19 metros lineales de corte con una productividad eficiente de 15.6031 metros lineales por hora en un jornal.

#### **d. Varianza de la productividad verdadera**

Para calcular la varianza de la productividad en la partida corte de pavimento flexible es necesario tomar dato de varianza estándar de los producido diariamente y compararlo con la cantidad producida en el jornal.

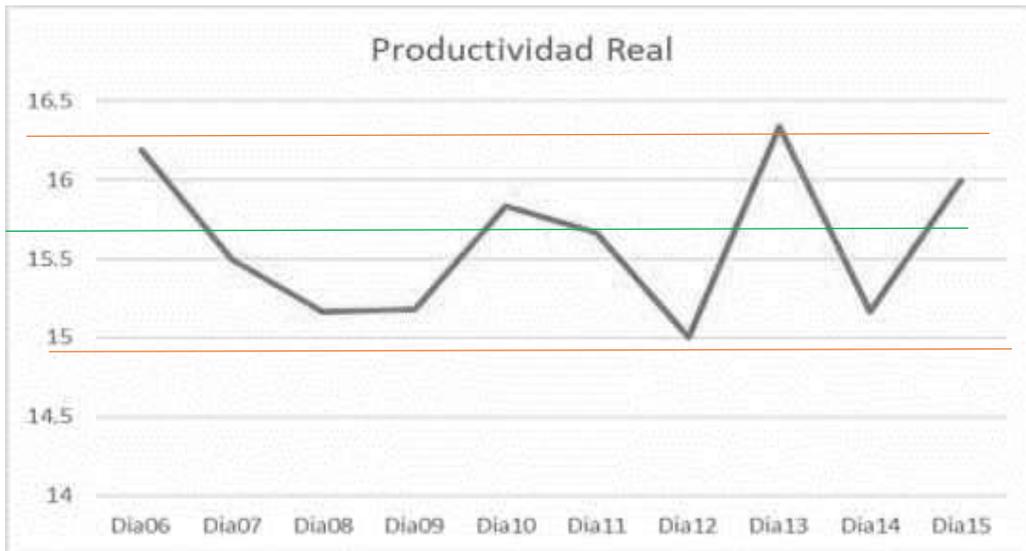
- Varianza de productividad: 0.2609 metros por hora.
- Productividad verdadera: 15.6 metros por hora.

De acuerdo a lo calculado se representa de forma sintetizada por tabla, en esta se visualiza el cociente de variabilidad estándar de lo producido en un día laborable:

Por lo determinado en la tabla 17 se infiere que la varianza de productividad es de 1.3 metros por hora hombre y el coeficiente calculado se encuentra en 4.067%, que significa que 15 a 16.3 horas hombre varían entre los días trabajados en corte de pavimento flexible.

Luego se representa gráficamente lo obtenido en la tabla 17, que relaciona lo producido referencia mente y la varianza de lo producido durante los días de duración de la actividad analizada.

Figura 10. Representación de la varianza de la productividad de corte de pavimento flexible.



Fuente: Autoría propia.

En concordancia con la figura 10, se ha representado lo producido referencialmente con relación a la varianza obtenida de la actividad, en cada día de desarrollo de la misma.

**e. Proceso comparativo de las productividades antes y después de implementar la filosofía sin pérdidas.**

Se necesita determinar el comparativo para lo cual se toma como base la producción referencial y la producción de campo de la actividad analizada que en este caso es el corte de pavimento flexible, que se representa en la figura 11.

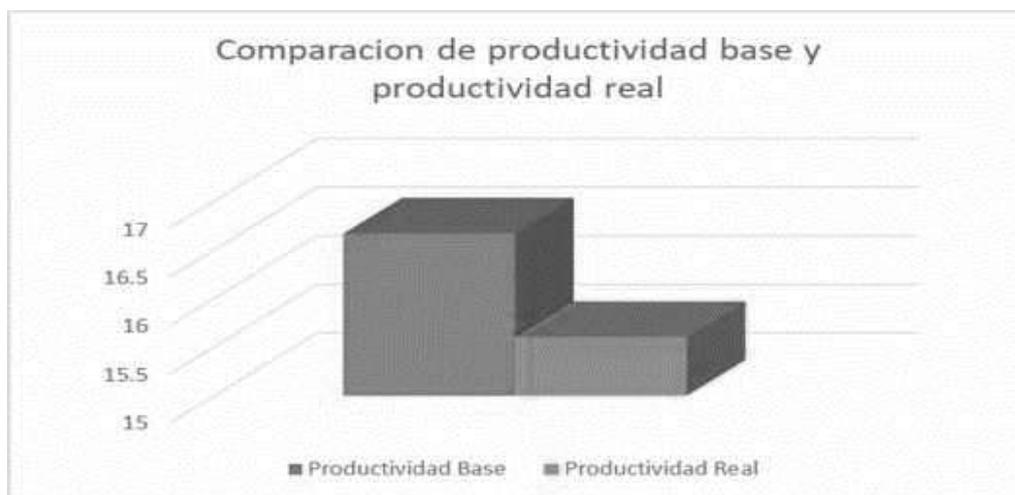


Figura 11. Varianza de las productividades de la actividad corte de pavimento flexible.

Fuente: Elaboración propia.

Lo representado en el grafico anterior, presenta una productividad base de 16.666 metros lineales por hora hombre y en el caso de la productividad real el valor es de 15.6031 metros por hora hombre. Lo que significa que durante la jornada laboral se puede avanzar de manera planificada 16.666 metros en una hora, mientras que en campo o desarrollo constructivo de la partida se completan 15.6031 metros, generando un déficit de 1 metro menos por hora. Esto afectaría de manera directa a la duración de ejecución de la partida y el costo final de la misma.

#### **f. Determinación del índice de productividad verdadero**

Este cálculo requiere de la productividad base, así como de la productividad diaria de la actividad de corte de pavimento flexible de e=2", que se puede obtener datos de la tabla 5, de la cual se va a utilizar los datos como productividad inicial, productividad verdadera respectivamente. Por lo que se sintetizara lo obtenido se presentara en la tabla.

*Tabla 17. Determinación de índice diario de lo producido en corte de pavimento flexible.*

<b>Día</b>	<b>Productividad real(hh/m)</b>	<b>Productividad base(hh/m)</b>	<b>IP</b>
06	16.19	16.67	0.97
07	15.5	16.67	0.93
08	15.17	16.67	0.91
09	15.19	16.67	0.91
10	15.8	16.67	0.95
11	15.67	16.67	0.94
12	15	16.67	0.90
13	16.3	16.67	0.98
14	15.17	16.67	0.91
15	16	16.67	0.96

*Fuente: Elaboración propia.*

### g. Representación gráfica del índice

La representación del índice de productividad de la actividad analizada, en este caso la partida corte de pavimento flexible e=2” que tiene datos calculados y mostrados en la tabla 17 y cumpliendo con las condiciones de la productividad en la que en el caso que índice sea igual a uno, lo que significa que ambas productividades son iguales.



Figure 12. Representación del índice de producción diaria de corte pavimento flexible.

Fuente: Autoría propia.

En la representación gráfica se presenta la duración de la actividad analizada que fueron 9 días, tomados en cuenta desde el día 6 hasta el día 15, relacionado estos con el índice de productividad de la partida corte e pavimento flexible; además de las condiciones restrictivas que se da cuando el índice es menor a uno, quiere decir que la productividad base es mayor a la productividad real por lo que se determina que la productividad global es baja en esta partida.

### Análisis de precios unitarios

#### a. Determinación de la cantidad producida por día

Para el cálculo de la cantidad producida en un día laborable, es necesario tomar los datos de la tabla 16, de la cual se tomarán los siguientes datos:

- Productividad verdadera: 15.60 metros por hora hombre.
- Cantidad de horas trabajadas: 6 horas
- Cantidad de personas involucradas: 1 persona

Por lo que se sintetiza los cálculos realizados en la tabla 18

Tabla 18. Producción por día trabajado de corte de pavimento flexible.

Día	Producción (m/hh)	Tiempo (horas)	Cuadrilla	Avance diario
06 al 15	15.60	6	1	93.62

Fuente: Elaboración propia.

#### b. Proceso de análisis de precios unitarios verdaderos

Se realizará de la actividad analizada, en este caso la partida corte de pavimento flexible e=2” tomará los datos de la tabla 18 y determinará lo siguiente:

- Producción por día laborable: 93.62 m/hh
- Cantidad de horas trabajadas: 6 horas
- Cantidad de personas involucradas: 1 hombre

Figura 13. Determinación de precios unitarios de corte de pavimento flexible.

Partida						
CORTE DE PAVIMENTO FLEXIBLE E=2"						
Rendimiento	m/ Día	MO. 94.166656	EQ. 94.16656	Costo por unidad de m:		5.64
Descripción del Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>						
CAPATAZ	hh	1.000	0.0083	25.15	0.21	
OPERARIO	hh	2.000	0.08	20.96	3.35	
						0.00
<b>Equipos</b>						<b>3.56</b>
AGUA		m3	0.0012	5.68	0.01	
HERRAMIENTAS MANUALES CORTADORA DE PAVIMENTO CON DISCO	% MO		0.030	2.49	0.07	
	hm		0.08	25	2.00	

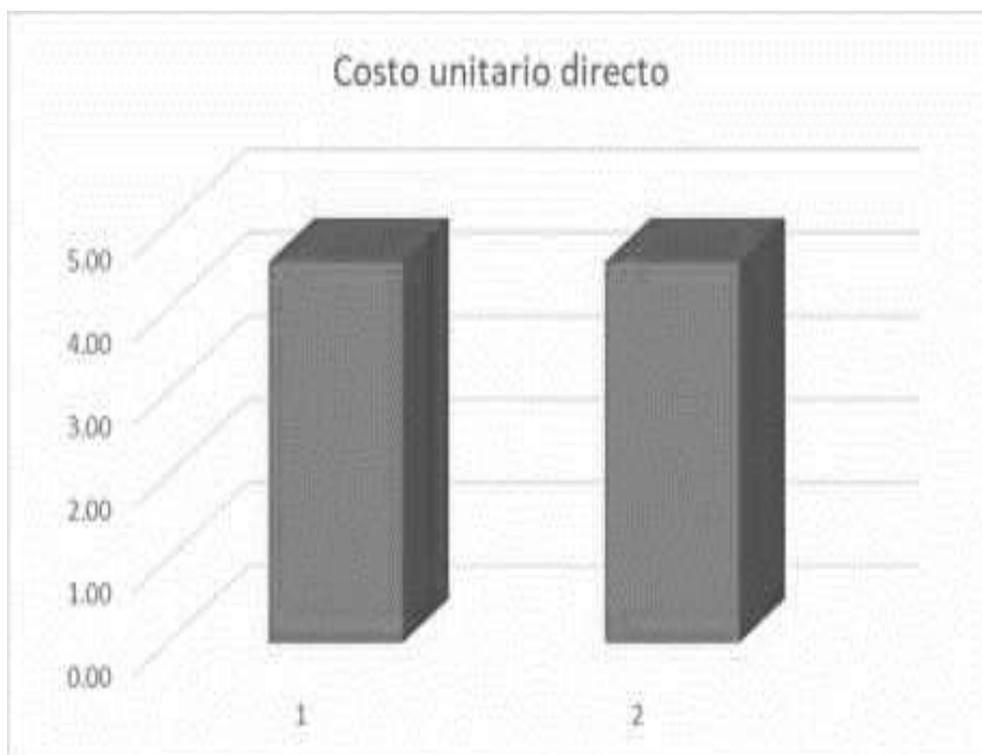
Fuente: Elaboración propia.

En la representación gráfica de los precios unitarios se presenta la mano de obra a utilizar, los equipos, maquinaria y herramientas posibles a usar en la actividad por construir, indicando el costo individual y global de la partida, en este caso la partida tiene un costo de 4.57 soles por metro lineal de corte de pavimento flexible.

### c. Proceso comparativo de productividad inicial y productividad verdadera

Para la representación gráfica de la comparación de ambas productividades se debe tomar datos relevantes de la tabla 16 y tabla 17, las cuales muestran la producción referencial y la producción de campo respectivamente.

Figura 14. Costos unitarios real de la partida corte de pavimento flexible e=2”.



*Fuente: Elaboración propia.*

De acuerdo al gráfico 21, se visualiza cuanto es el precio por unidad de 4.57 soles y precio unitario real es 4.57 soles. Por lo que en el expediente de referencia se observa que cortar 1 m de pavimento flexible debe tener un costo de 4.57 soles y en la ejecución de la partida el costo es el mismo. Entonces el precio por unidad real es igual precio por unidad base, se mantiene el costo.

## Utilización del tiempo

### a. Datos recolectados por simulación.

Para el cumplimiento es necesario utilizar la ficha técnica N°2 que permite recolectar datos como el tipo de trabajo realidad por las personas involucradas en la actividad analizada, para luego sintetizarla en la tabla 19.

Tabla 19. Utilización del tiempo para la actividad corte de pavimento flexible.

Día	Trabajo Contributorio	Trabajo No Contributorio	Trabajo Productivo
06	17 %	33 %	51 %
07	18 %	36 %	46 %
08	18 %	35 %	48 %
09	17 %	34 %	48 %
10	17 %	34 %	48 %
11	17 %	34 %	49 %

Fuente: Elaboración propia.

### b. Determinación del uso de tiempo en la actividad

Este paso requiere los datos de ocupación de tiempo por día en la partida corte de pavimento flexible e=2", que se encuentra en la tabla 19. Tomados desde el 6 al día 11, teniendo una muestra de 5 días trabajados.

- Promedio de trabajo productivo: 49%
- % Promedio de trabajo contributorio: 17%
- % Promedio de trabajo no contributorio: 34%

Por lo tanto, la manera de representar lo obtenido en la tabla 20 es:

Tabla 20. Utilización del tiempo de operario en la actividad corte de pavimento flexible.

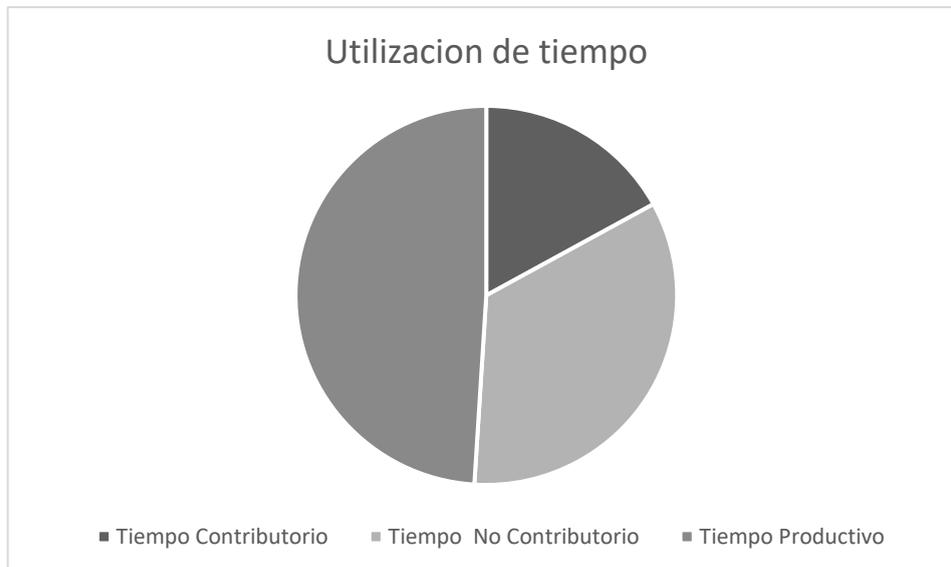
Día	Trabajo Contributorio	Trabajo No Contributorio	Trabajo Productivo
Op 1	17 %	34 %	49 %

Fuente: Elaboración propia.

Los datos obtenidos del cálculo del tiempo utilizado por el operario Op 1 se subdivide en tres categorías, que son la productiva, contributoria y no contributoria, que tiene porcentaje asignados en la ficha técnica empleada, siendo los valores los siguiente; 17% el contributorio, 34% no contributorio y 49% de productivo.

De acuerdo al grafico se muestra la ocupación del tiempo de la partida *corte de pavimento flexible e=2''* (tabla 21).

Figure 15. Utilización de tiempo por operario en corte de pavimento flexible.



Fuente: Elaboración propia.

Durante la representación gráfica de los resultados obtenidos por el cálculo del tiempo utilizado en una jornada de trabajo se determinó que el operario OP1 tuvo 49% de trabajo productivo representado en 2.94 horas, 17% de trabajo contributorio con 1.02 horas y finalmente 34% representado por 2.04 horas, infiriendo que se tiene mucho tiempo perdido.

## Proceso comparativo de las productividades después de implementar Lean

### Construction

#### a. Productividad inicial

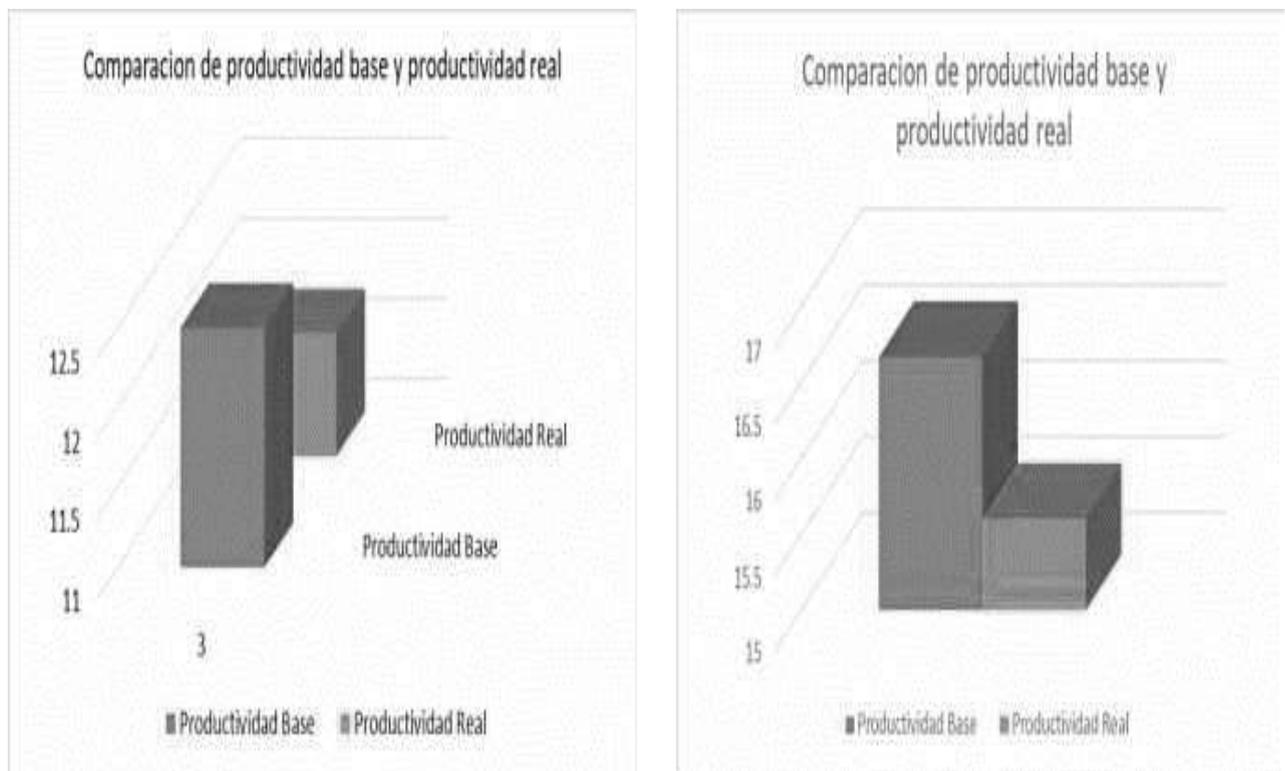


Figura 16. Comparación de productividades en corte de pavimento flexible  $e=2''$ .

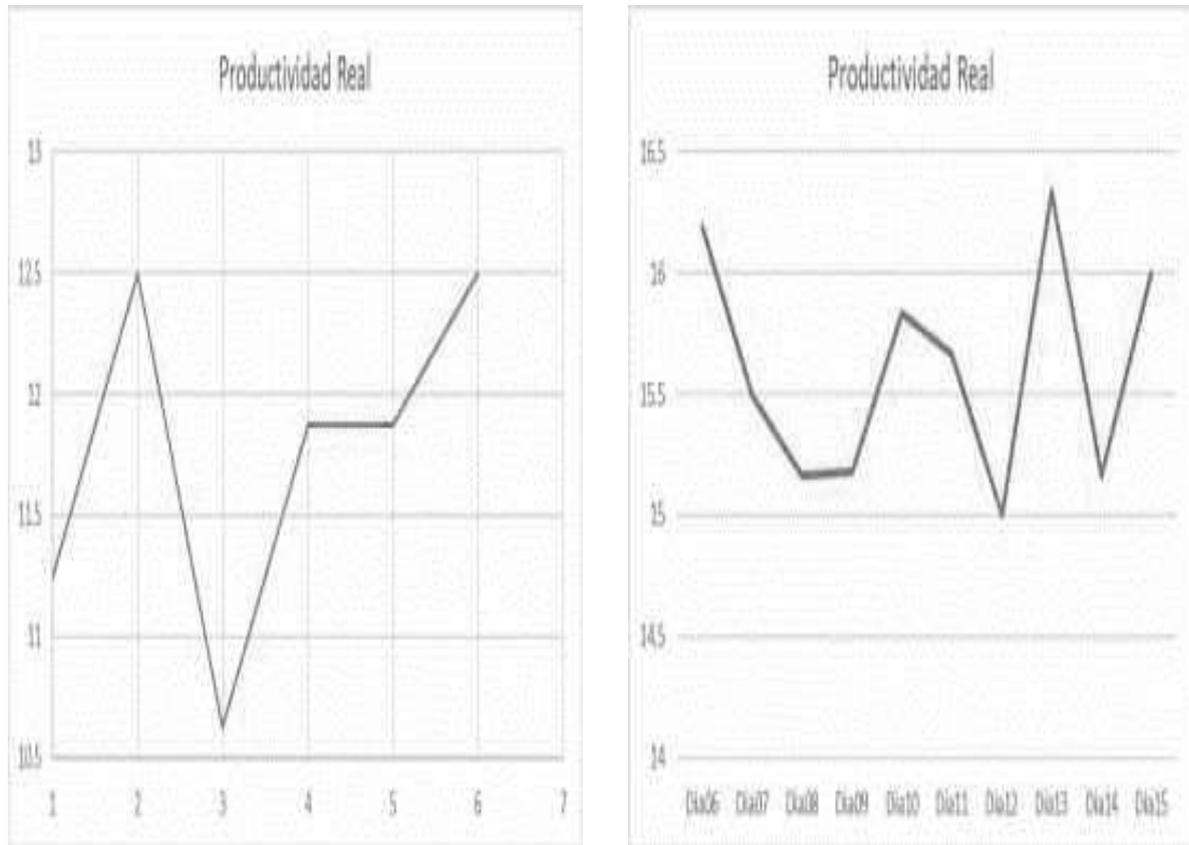
Fuente: Autoría propia.

En relación con el grafico 23, se visualiza que previo a la implementación de la Filosofía Sin Pérdidas la productividad base es 11.5 metros por hora hombre y después de la implementación de la misma, esta productividad se incrementó en 15.5 metros por hora hombre. Lo que significa que la actividad analizada tiene una cantidad de personas involucradas en un jornal laboral realizando el corte de pavimento con sus respectivos rendimientos, indicando una mejora de 4 metros por hora hombre, Por lo que deduce que se logró optimizar esta partida.

## b. Varianza de la productividad verdadera

Figura 17. Comparativa de la varianza de la productividad del corte de pavimento flexible.

Fuente: Autoría propia.



En la representación de la varianza de la figura 24, se visualiza el cambio optimizador de las productividades reales es de 0.0620732 metros por hora hombre; además de calcular un coeficiente de 6.21%, estos datos se obtuvieron antes de la implementación de la filosofía Sin Pérdidas. Posteriormente a la implementación se realizan nuevos cálculos determinando que la varianza es de 0.2609 metros por hora hombre y el coeficiente de 26.092%. Lo que se puede deducir que las personas involucradas en la actividad de corte de pavimento flexible mantienen avance constante, es por ello que la varianza es estable.

### c. Índice de la Productividad

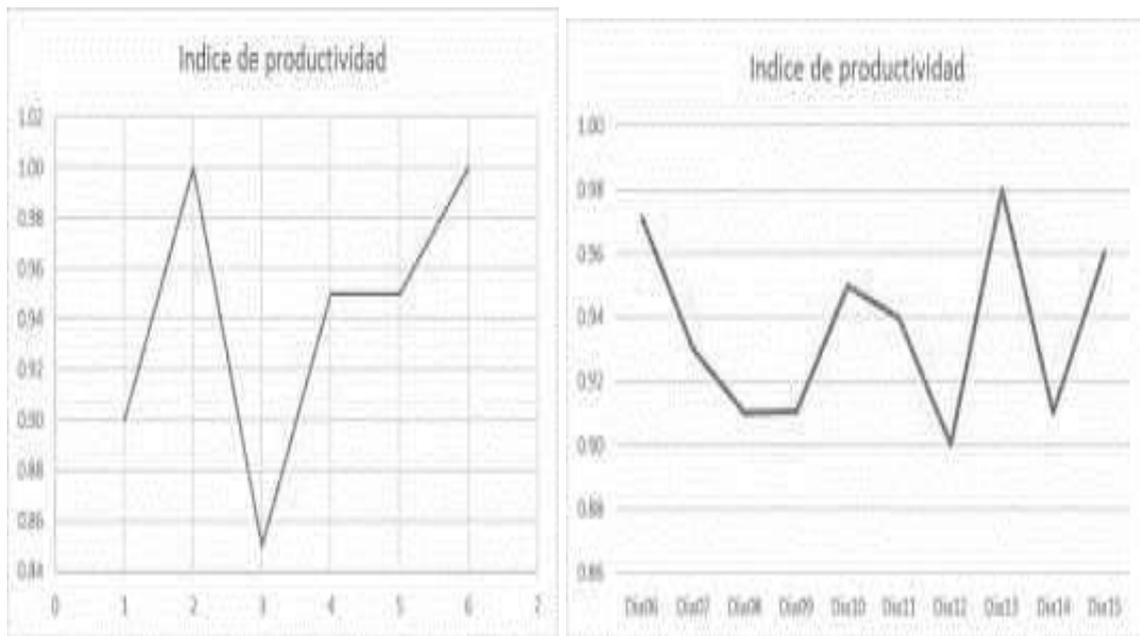


Figura 18. Representación gráfica de la comparación de los índices de la actividad.

Fuente: Autoría propia.

### Análisis de precios unitarios

#### a. Costo por unidad.

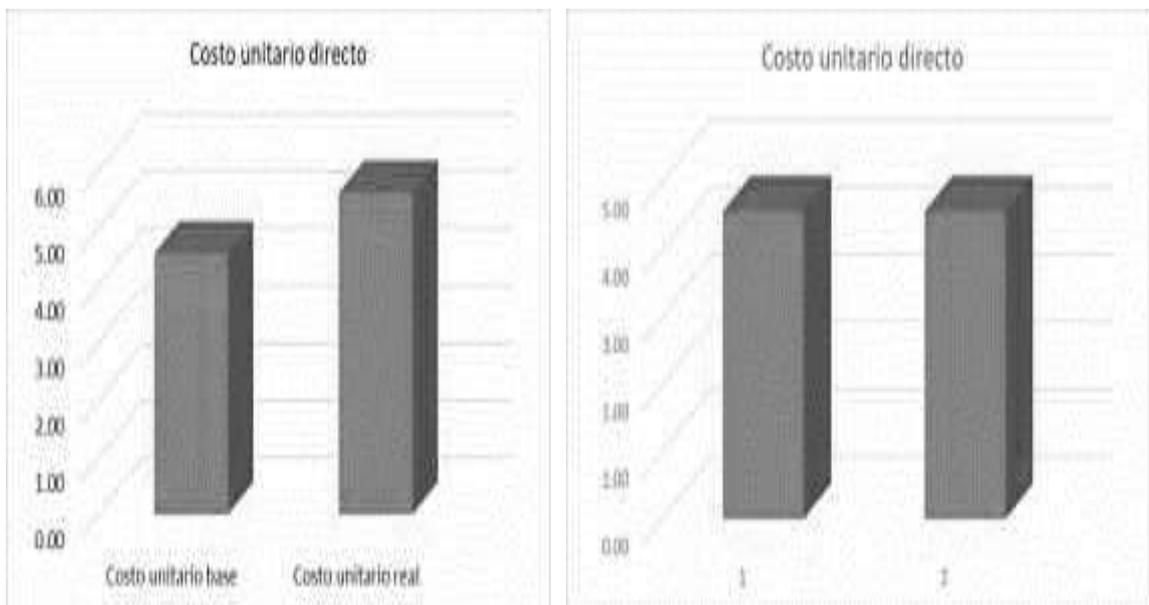


Figura 19. Representación gráfica de costo unitario antes de Lean C y después de aplicarlo.

Fuente: Elaboración propia.

Para la representación 26, es bastante claro que el costo unitario calculado para la partida antes de aplicar la Filosofía Cero Pérdidas es de 5.63 soles y posteriormente a su implementación se indica el valor de 4.57 soles. Lo que significa que en la partida *corte de pavimento flexible e=2"* realizar la tarea tuvo un costo de 5.63 soles por metro de pavimento flexible y al momento de la mejora este costo se reduce a 4.57 soles, por tanto, el costo se ha reducido en 0.06 soles por metro de pavimento flexible.

### Utilización de tiempo de actividad

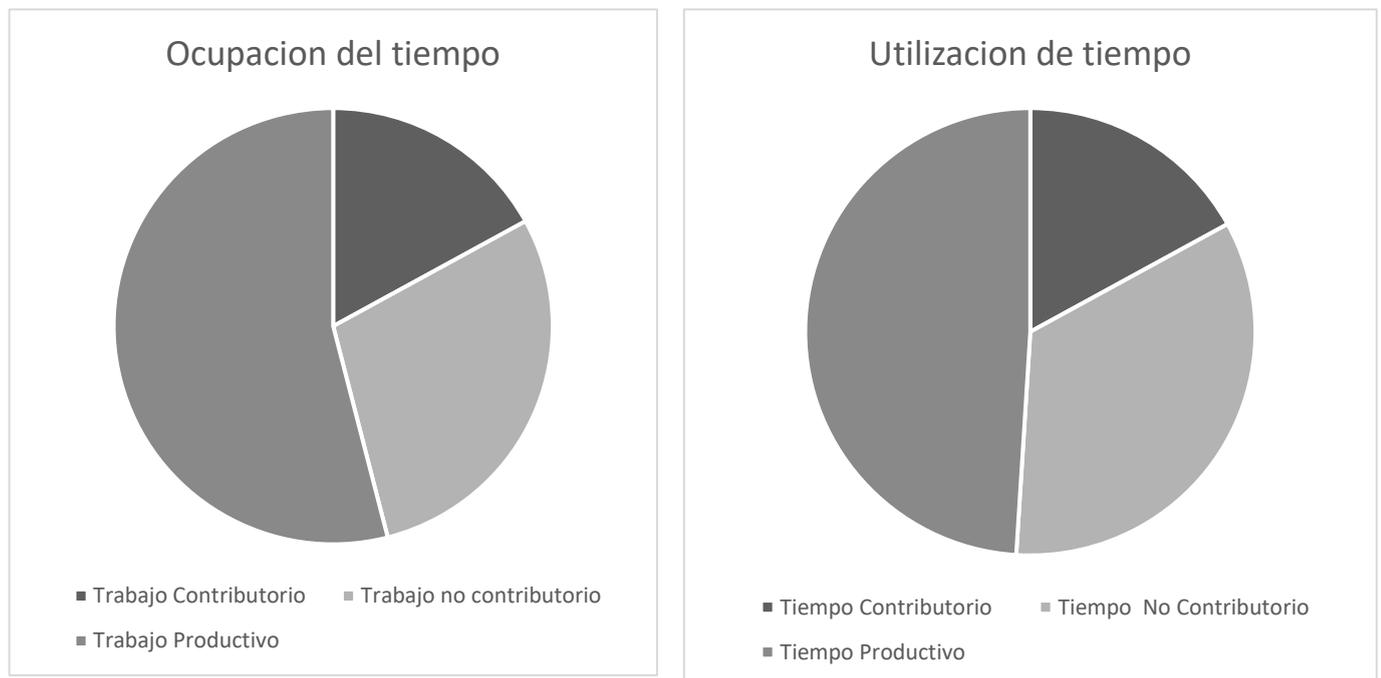


Figura 20. Representación gráfica de la utilización de tiempo para corte de pavimento flexible.

Fuente: Autoría propia.

Para la representación de la figura 27, se puede visualizar que en la actividad de corte de pavimento flexible de e=2", los tiempos son de tres tipos, productivo con 43 % , el contributorio con 38% y finalmente el no contributorio con 19% de toda la jornada laboral, estos valores fueron obtenidos antes de la implementación de la nueva metodología; luego de aplicar Lean se calculan nuevos datos, que son los siguiente; trabajo productivo con 49%, trabajo contributorio con 34% y finalmente el trabajo no contributorio con 1%.

### 5.4.1. Antes de implementar la filosofía

#### 5.4. Análisis de resultados de la partida demolición de pavimento flexible e=0.05 m

##### Productividad calculada

##### a.- Determinación de la producción inicial.

El cálculo de esta productividad inicial se da con el uso de los precios unitarios de la partida mencionada, de la cual se obtuvo los datos siguientes:

- Cantidad de avance por día: 100 metros
- Tiempo de trabajo por día: 6 horas
- Cantidad de personas en la actividad: 2 personas

Con esta información se procede a sintetizar y calcular lo necesario presentado en la tabla.

Tabla 21. Productividad inicial de demolición de pavimento flexible.

Partida	Producción (m)	Jornada (h)	Cuadrilla (hombres)	Productividad (m/hh)
Corte de pavimento flexible	100.00	8.00	1.00	12.5

Fuente: Elaboración propia.

Se indica que se trabajó con productividad de 12.5 metros por hora hombre, que de acuerdo al expediente base es óptimo el corte mínimo de 12.5 metros lineales de pavimento flexible en una hora utilizando una persona en la actividad.

##### b.- Datos en campo con simulación.

Cumpliendo con los parámetros se registró la cantidad producida por día con la ficha técnica N° 1 (anexo 5), así como también la cantidad de personas que se involucraron, desde el inicio hasta el final de la actividad, esta fue de 5 días.

Tabla 22. Días trabajados de la partida en demolición pavimento flexible.

Día	Producción (m)	Tiempo (Horas)	Cuadrilla (hombres)
01	90.00	8.00	1.00
02	100.00	8.00	1.00
03	85.00	8.00	1.00
04	95.00	8.00	1.00
05	95.00	8.00	1.00
06	100.00	8.00	1.00

Fuente: Elaboración propia.

### c.- Determinación inicial de la productividad verdadera

Este proceso se obtiene de los datos de la tabla 4 y colocando la producción, el tiempo empleado en la actividad, la cantidad de personas involucrada y finalmente se calcula lo que se produjo en metros lineales por hora.

Tabla 23. Cantidad producida en partida demolición de pavimento flexible.

Día	Producción (m)	Tiempo (Horas)	Cuadrilla (hombres)	Producción (m/hh)
01	90.00	8.00	1.00	11.25
02	100.00	8.00	1.00	12.5
03	85.00	8.00	1.00	10.63
04	95.00	8.00	1.00	11.88
05	95.00	8.00	1.00	11.88
06	100.00	8.00	1.00	12.5

Fuente: Elaboración propia.

#### d.- Determinación de la productividad para análisis

Para este proceso se obtienen datos de la cantidad producida por día en la partida demolición de pavimento flexible, para lo cual se resume los siguientes ítems:

- Productividad total: 565 metros
- Cantidad de horas trabajadas: 8 horas
- Cantidad de personas involucradas en la actividad: 6 hombres

Tabla 24. Productividad para análisis de partida demolición de pavimento flexible.

Día	Producción (m)	Tiempo (Horas)	Cuadrilla (hombres)	Productividad
01 al 06	565.00	8.00	6.00	11.77

Fuente: Elaboración propia.

El resultado indica que en los días laborados (6 días) se realizó el corte de 11.770833 metros de pavimento flexible en una hora por persona durante una jornada de trabajo de 8 horas.

#### e- Calculo de la varianza en la productividad verdadera

Este paso se determina mediante la varianza de la partida analizada, para lo cual se extrajo lo siguiente:

- Varianza estándar : 0.0620732 metros por hora hombre
- Productividad verdadera : 11.770833 metros por hora hombre

Se visualizará el coeficiente de varianza en la tabla representativa:

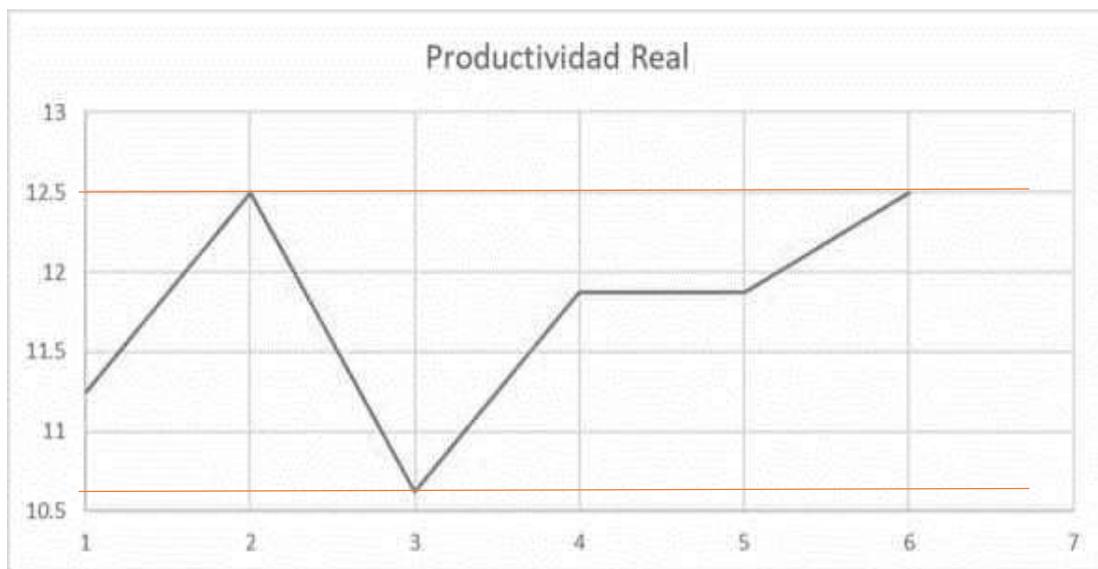
Tabla 25. Varianza en productividad de partida demolición de pavimento flexible.

Día	Desviación Estándar (m/hh)	Promedio (m/hh)	Coef. De variación (%)
01 al 06	0.06	11.77	6.2

Fuente: Autoría propia.

De acuerdo a la tabla anterior se presenta la producción verdadera y se calcula la varianza que es 0.0620732 metros por hora hombre, además se obtuvo un coeficiente final de 6.20% de la misma partida.

El gráfico indica de manera visual lo presentado en la tabla 7, relacionando en el eje vertical los rangos de la variación estándar y en el eje horizontal los valores obtenidos en cada día de análisis de la actividad corte de pavimento flexible.



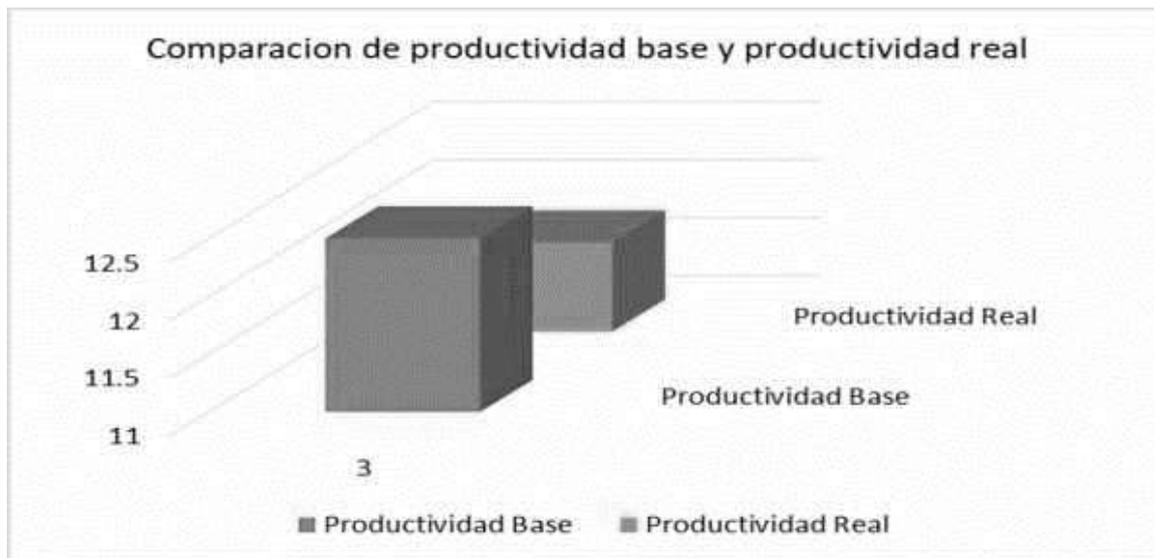
*Figura 21. Comparación de rangos de variación estándar y valor diario de varianza.*

*Fuente: Autoría propia*

En relación al gráfico 21 se visualiza que la actividad corte de pavimento flexible  $e=2''$  en el segundo día es 12.5 metros por hora hombre, el cual alcanza el tope mínimo del rango de la variación de la producción.

#### **f- Proceso comparativo de las producciones antes y después de implementar la filosofía sin pérdidas**

Se presenta la comparación de las productividades verdaderas vs productividades iniciales de la actividad corte de pavimento flexible



*Figura 22. Comparación de productividades en actividad demolición de pavimento flexible.*

*Fuente: Elaboración propia.*

De acuerdo a lo representado en el gráfico 22, se infiere que la producción base de la actividad es de 12.5 metros por hora hombre, mientras que la productividad real de la misma es de 11.7708 metros por hora hombre; esto quiere decir que lo que se esperaba realmente de acuerdo al documento contractual es de 12,5 pero en la ejecución real o en campo se obtuvo un valor de 11.7708, esto hace una diferencia de 0.28 metros menos. Lo que nos indica que en esta actividad existe productividad baja debido a diferentes motivos.

#### **g- Determinación del índice de la cantidad efectiva de producción**

En este proceso se debe calcular lo efectivo que debe ser lo producido por el personal involucrado en la partida corte de pavimento flexible, durante los días que dure la misma actividad, que en este caso son 6 días. Los datos necesarios para este cálculo son la productividad inicial y la productividad verdadera para poder compararlos por día efectivo y generar la relación entre ambas cantidades de manera que se evidencie si existen valores positivos o negativos en el análisis.

Tabla 26. Cantidad efectiva de producción de la actividad demolición de pavimento flexible.

Día	Productividad	Productividad	Índice
	real(hh/m)	base(hh/m)	
01	11.25	12.5	0.90
02	12.5	12.5	1.00
03	10.625	12.5	0.85
04	11.875	12.5	0.95
05	11.875	12.5	0.95
06	12.5	12.5	1.00

Fuente: Elaboración propia.

#### h.- Representación del índice

Se representará el índice obtenido en el paso anterior, lo cual indica de manera visual la variación de los índices de productividad e cada día desarrollados en la actividad analizada.



Figura 23. Representación de índices de días trabajados en demolición de pavimento flexible.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los lineamientos de análisis de productividades de actividades, si el índice obtenido es igual a 1, esto quiere decir que lo esperado en el avance es igual a lo producido en el campo, por lo que no hay productividad baja ni alta, es un estado normal o estable.

### **Análisis de costos unitarios**

#### **a.- Determinación de la cantidad producida por día**

Se procede a determinar lo que se produce en el día a día de la actividad, para lo cual se extrae lo siguiente

- Productividad verdadera : 11.7708 metros
- Cantidad de horas trabajadas : 8 horas
- Cantidad de personas involucradas: 1 persona

Por consiguiente, se presenta la tabla donde se indica el avance diario

*Tabla 27. Cantidad global de producción en demolición de pavimento flexible.*

<b>Día</b>	<b>Productividad real(hh/m)</b>	<b>Productividad base(hh/m)</b>	<b>IP</b>
01 al 06	11.77	8.00	94.17

*Fuente: Elaboración propia.*

#### **b.- Proceso de análisis de precio unitario verdadero**

En este caso se indica los costos de manera detallada con la mano de obra, equipos, maquinaria y herramientas en la partida demolición de pavimento flexible.

- Cantidad de producción por día : 94.16666 metros por día
- Cantidad de horas trabajadas : 8 horas
- Cantidad de personas involucradas: 1 hombre

Luego de culminar el cálculo anterior se procede a analizar los costos directos unitarios.

Tabla 28. Análisis de precios unitarios de la actividad corte de pavimento flexible.

Partida DEMOLICION DE PAVIMENTO FLEXIBLE E=2"						
Rendimiento	m/ Dia	MO. 94.166656	EQ. 94.16656	Costo unitario directo por m:		5.64
Descripción del Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>						
CAPATAZ	hh	1.000	0.0083	25.15	0.21	
OPERARIO	hh	2.000	0.08	20.96	3.35	
					0.00	
<b>Equipos</b>						
AGUA		m3	0.0012	5.68	0.01	
HERRAMIENTAS MANUALES CORTADORA DE PAVIMENTO CON DISCO	% MO		0.030	2.49	0.07	
	hm		0.08	25	2.00	

Fuente: Autoría propia.

Del análisis previo se obtiene que el precio real de la partida demolición de pavimento flexible es de 5.63 soles por metro lineal. Lo que significa que realizar el corte de pavimento en 1 metro lineal cuesta 5.63 soles, usando 1 capataz y 2 operarios, así como los porcentajes y cantidades de materiales indicados en el análisis.

### c.- Representación comparativa de precio por unidad verdadero y precio por unidad proyectado

De acuerdo al gráfico se visualiza el precio por unidad referencial (anexo 4) y el precio por unidad de la actividad *corte de pavimento flexible e=2"* (tabla 10).



Figura 24. Costo unitario de la partida corte de pavimento flexible e=2".

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a lo representado en la figura 15, se determina el costo unitario básico de la actividad en 4.57 soles y el costo real de campo es de 5.63 soles, se evidencia un mayor costo en campo de lo esperado en el expediente, por lo que hay un sobre costo de 1.06 soles por metro línea de pavimento flexible cortado.

### Utilización del tiempo

#### a.- Datos en campo (2da vez)

En este caso se procedió a determinar las actividades derivadas de la partida principal que se realizaron durante los días de ejecución, para ello se necesitó de la ficha técnica N° 2 y de validación de los expertos para tomar registro de cada 2 minutos del tiempo que emplean por cada sub actividad desencadenada por el corte de pavimento flexible. Se puede visualizar los datos representados en la tabla

Tabla 29. Utilización del tiempo por día de la actividad demolición de pavimento flexible.

<b>Día</b>	<b>Trabajo contributorio</b>	<b>Trabajo no contributorio</b>	<b>Trabajo productivo</b>
01	25 %	29 %	46 %
02	8 %	23 %	69 %
03	13 %	27 %	60 %
04	15 %	31 %	54 %
05	15 %	31 %	54 %

Fuente: Elaboración propia.

#### b. Determinación de la utilización del tiempo

Para completar el proceso se debe tomar en cuenta el tiempo de las subactividades realizadas día a día, generando un lineamiento y tomando los siguientes datos:

- Promedio del trabajo productivo : 56 %

- Promedio de trabajo contributorio: 16%
- Promedio de trabajo no contributorio: 29%

Ya calculado lo anterior se procede a presentar lo obtenido en síntesis como la tabla siguiente

Tabla 30. Promedio de utilización del tiempo de demolición de pavimento flexible.

	<b>Trabajo contributorio</b>	<b>Trabajo no contributorio</b>	<b>Trabajo productivo</b>
<b>Día</b>			
01	17 %	29 %	54 %

Fuente: Autoría propia.

En relación a la tabla, se ha obtenido un global de la utilización del tiempo de los 6 días que dura la actividad analizada, por lo que cada tipo de trabajo tiene un porcentaje calculado, por ejemplo, el trabajo productivo es de 54%, el trabajo contributorio es de 17% y el trabajo no contributorio de 29%.

Luego se procede a representar gráficamente la tabla calculada, mostrando los tiempos de la actividad., que se aprecia en la figura 16.

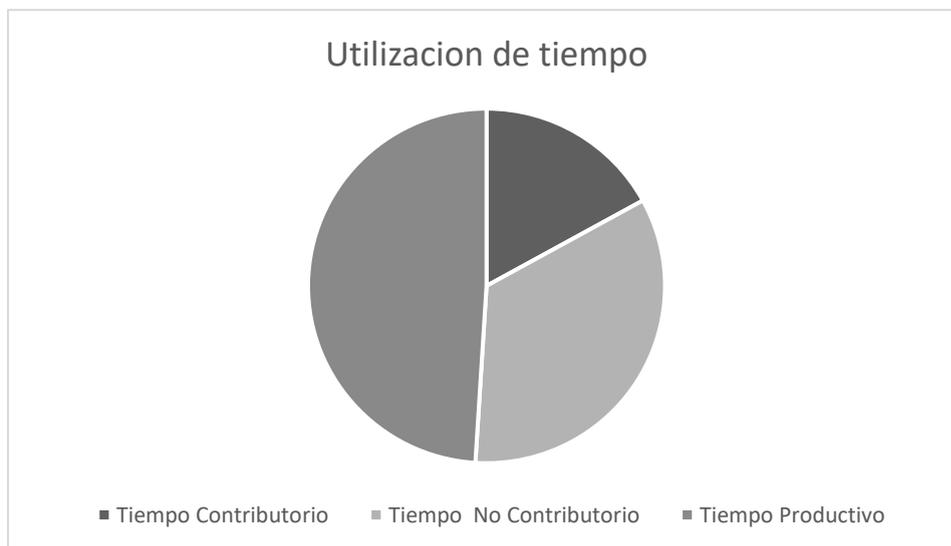


Figura 25. Promedio de utilización de tiempo de la actividad corte de pavimento flexible.

Fuente: Elaboración propia.

En concordancia con los valores obtenidos del cálculo de utilización de tiempo se visualiza un total de 8 horas trabajadas que representan el 100% del tiempo ocupado, este tiempo se subdivide en tres categorías, las cuales tienen su propio porcentaje de utilización; el caso de

trabajo productivo es de 54% representando 4.3 horas, el trabajo contributorio tiene un 17% que representa 1.3 horas y finalmente el trabajo no contributorio con 29% que representa el 2.3 horas. Evidenciándose un porcentaje alto de trabajo no contributorio que debe ser optimizado para no generar ampliación de plazo ni sobrecostos.

### **Continuidad del procedimiento constructivo**

#### **a.- Datos en campo (3ra vez)**

Es necesario utilizar la ficha técnica N° 3 para recolectar información que permita obtener una muestra de la realidad de campo por la actividad de corte de pavimento flexible, la cual registraría la operación, inspección, transporte, demoras y almacenamiento de la partida analizada. Esto serviría para la identificación de los puntos de quiebre donde no hay fluidez de trabajo o embotellamiento por las diferentes restricciones que se puedan encontrar. Para lo que se necesitaría una matriz de análisis de restricciones que permita dar solución y registro de los impedimentos de avance de la partida durante el tiempo ejecución de la tarea.

#### **5.4.2. Identificación de restricciones y mejoramiento con Lean Construction**

##### **a.-Restricción de horario laborable**

Tomando como base los datos de la simulación Villego que fueron obtenidos con la ficha técnica N° 2, se procede a mostrar los datos de la misma en una tabla, que indican la utilización del tiempo de un operario en la jornada laboral de 8 horas.

*Tabla 31. Utilización del tiempo de operario en demolición de pavimento flexible.*

	<b>Trabajo</b>	<b>Trabajo no</b>	<b>Trabajo</b>
<b>Día</b>	<b>contributorio</b>	<b>contributorio</b>	<b>productivo</b>
Op 1	17 %	29 %	54 %

*Fuente: Autoría propia.*

Lo que se muestra en la tabla 31 indica que el operario usa su tiempo en tres categorías, la productiva con 54%, la contributaria con 17% y la no contributaria con 29%, que significa

que de las ocho horas laborables del día, lo pierde en ese porcentaje no contributivo que pueden ser diferentes actividades que agreguen valor a la partida como descanso prolongado, permiso para ir al baño, demora en el traslado de material, demora en el preparado de material, demora en la instalación del puesto de trabajo, etc; lo cual afecta de manera directa a l trabajo productivo de la actividad desarrollada.

### 5.4.3. Después de la implementación de filosofía cero pérdidas

#### Productividad inicial

##### a. Datos de simulación (4ta vez)

Se refiere a la cantidad producida durante un día laboral que se registra con la ficha técnica N°1, que recopila la producción diaria, tiempo trabajado y la cantidad de personas involucradas en la actividad. Este resumen se muestra en la tabla 14

Tabla 32. Cantidad producida optimizada con Lean Construction.

Día	Producción (m)	Tiempo (Horas)	Cuadrilla (hombres)	Productividad
06	97.12	6	1	16.19
07	93.00	6	1	15.5
08	91.00	6	1	15.17
09	91.07	6	1	15.18
10	95.00	6	1	15.83
11	94.00	6	1	15.67
12	90.00	6	1	15
13	98.00	6	1	16.3
14	91.00	6	1	15.17
15	96.00	6	1	16

Fuente: Autoría propia.

### **b. Determinación de la productividad inicial en el expediente**

Para completar este proceso se debe determinar la cantidad producida por día de la actividad analizada, en este caso es la partida corte de pavimento flexible; del cual se extrajeron algunos datos como producción diaria, utilización del tiempo, cantidad de personas involucradas, mostradas en la siguiente tabla:

*Tabla 33. Cantidad producida por día de la actividad demolición de pavimento flexible.*

<b>Día</b>	<b>Producción (m)</b>	<b>Tiempo (Horas)</b>	<b>Cuadrilla (hombres)</b>	<b>Productividad</b>
06	97.12	6	1	16.19
07	93.00	6	1	15.5
08	91.00	6	1	15.17
09	91.07	6	1	15.18
10	95.00	6	1	15.83
11	94.00	6	1	15.67
12	90.00	6	1	15
13	98.00	6	1	16.3
14	91.00	6	1	15.17
15	96.00	6	1	16

*Fuente: Elaboración propia.*

### **c. Determinación inicial de la productividad verdadera (PIV)**

Es necesario calcular la producción diaria verdadera tomando como base la productividad inicial de la partida corte de pavimento flexible, para lo cual se tomarán los siguientes datos:

- Cantidad producida por día: 936.19 metros lineales

- Cantidad de horas trabajadas: 6 horas
- Cantidad de personas involucradas: 10 hombres

Se representará de manera sintetizada los cálculos obtenidos en la tabla 16.

*Tabla 34. Promedio de la productividad de la actividad demolición de pavimento flexible.*

<b>Día</b>	<b>Producción (m/hh)</b>	<b>Tiempo (horas)</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Productividad</b>
06 al 15	936.19	6	10	15.6

La sinterización presentada en la tabla 16, indica lo realizado desde el día 6 al día 25 de la partida analizada, mostrando que se realizó 936.19 metros lineales de corte con una productividad eficiente de 15.6031 metros lineales por hora en un jornal.

#### **d. Varianza de la productividad verdadera**

Para calcular la varianza de la productividad en la partida corte de pavimento flexible es necesario tomar dato de varianza estándar de los producido diariamente y compararlo con la cantidad producida en el jornal.

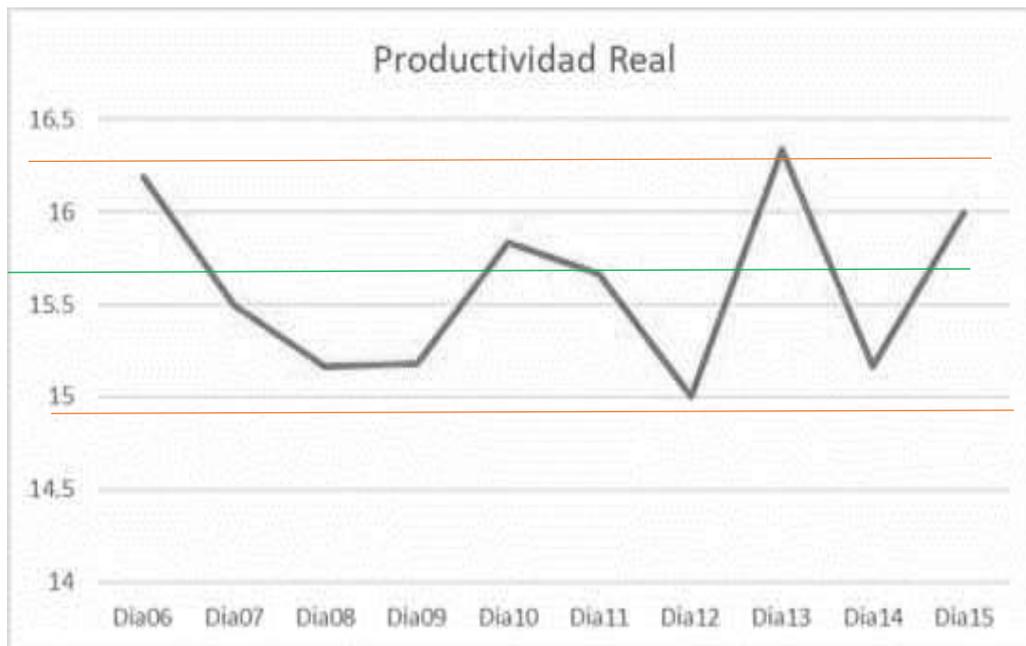
- Varianza de productividad: 0.2609 metros por hora.
- Productividad verdadera: 15.6031 metros por hora.

De acuerdo a lo calculado se representa de forma sintetizada la tabla, donde se muestra la varianza estándar de lo producido en un día laborable.

Por lo determinado en la tabla 17 se infiere que la varianza de productividad es de 1.3 metros por hora hombre y el coeficiente calculado se encuentra en 4.067%, que significa que 15 a 16.3 horas hombre varían entre los días trabajados en corte de pavimento flexible.

Luego se representa gráficamente lo obtenido en la tabla 17, que relaciona lo producido real y la varianza de lo producido durante los días de duración de la actividad analizada.

Figura 26. Representación de la varianza de demolición de pavimento flexible.



Fuente: Autoría propia.

De concordancia con el gráfico 26, se ha representado la producción referencial con relación a la varianza obtenida de la actividad, en cada día de desarrollo de la misma.

#### **e. Proceso comparativo de las productividades antes y después de implementar la filosofía sin pérdidas**

Se puede determinar el comparativo y tomar como base la producción referencial y la producción de campo de la actividad analizada, en este caso es el corte de pavimento flexible, que se representa en la figura 26.

Figura 27. Varianza de las productividades de la actividad demolición de pavimento flexible.



Fuente: Elaboración propia.

Lo representado en el gráfico anterior, presenta una productividad base de 16.666 metros lineales por hora hombre y en el caso de la productividad real el valor es de 15.6031 metros por hora hombre. Lo que significa que durante la jornada laboral se puede avanzar de manera planificada 16.666 metros en una hora, mientras que en campo o desarrollo constructivo de la partida se completan 15.6031 metros, generando un déficit de 1 metro menos por hora. Esto afectaría de manera directa al tiempo planeado para realizar la actividad y además afecta al costo global.

#### **f. Determinación del índice de productividad verdadero**

Este cálculo requiere de la productividad base, así como de la productividad diaria de la actividad de corte de pavimento flexible de  $e=2''$ , que se puede obtener datos de la tabla 5, de la cual se va a utilizar los datos como productividad inicial, productividad verdadera respectivamente. Por lo que se sintetizara lo obtenido en la tabla.

Tabla 35. Cálculo de índice diario de lo producido en demolición de pavimento flexible.

<b>Día</b>	<b>Productividad real(hh/m)</b>	<b>Productividad base(hh/m)</b>	<b>IP</b>
06	16.19	16.67	0.97
07	15.5	16.67	0.93
08	15.17	16.67	0.91
09	15.18	16.67	0.91
10	15.83	16.67	0.95
11	15.67	16.67	0.94
12	15	16.67	0.90
13	16.3	16.67	0.98
14	15.17	16.67	0.91
15	16	16.67	0.96

*Fuente: Elaboración propia.*

#### **g. Representación gráfica del índice**

La representación del índice de productividad de la actividad analizada, en este caso la partida corte de pavimento flexible e=2” que tiene datos calculados y mostrados en la tabla 17 y cumpliendo con las condiciones de la productividad en la que en el caso que índice sea igual a uno, esto quiere decir que ambas productividades son iguales.



Figure 28. Representación de índice diario de demolición pavimento flexible.

Fuente: Autoría propia.

De acuerdo a la representación gráfica, presenta la duración de la actividad analizada que fueron 9 días, tomados en cuenta desde el día 6 hasta el día 15, relacionado estos con el índice de productividad de la partida corte de pavimento flexible; además de las condiciones restrictivas que se da cuando el índice es menor a uno, quiere decir que la productividad base es mayor a la productividad real por lo que se determina que la productividad global es baja en esta partida.

### **Análisis de precios unitarios**

#### **a. Determinación de la cantidad producida por día**

Para el cálculo de la cantidad producida en un día laborable, es necesario tomar los datos de la tabla 16, de la cual se tomarán los siguientes datos:

- Productividad verdadera: 15.60 metros por hora hombre.
- Cantidad de horas trabajadas: 6 horas
- Cantidad de personas involucradas: 1 persona

Por lo que se sintetiza los cálculos realizados en la tabla 36

Tabla 36. Producción por día trabajado de demolición de pavimento flexible.

Día	Producción (m/hh)	Tiempo (horas)	Cuadrilla	Productividad
06 al 15	15.60	6	1	93.62

Fuente: Elaboración propia.

### b. Proceso de análisis de precios por unidad verdaderos

Se realizará de la actividad analizada, en este caso la partida corte de pavimento flexible e=2”

tomará los datos de la tabla 18 y determinará lo siguiente:

- Producción por día laborable: 93.619 m/hh
- Cantidad de horas trabajadas: 6 horas
- Cantidad de personas involucradas: 1 hombre

Figura 29. Determinación de precios unitarios de demolición de pavimento flexible

Partida DEMOLICION DE PAVIMENTO FLEXIBLE E=2"						
Rendimiento	m/ Dia	MO. 94.166656	EQ. 94.16656	Costo unitario directo por m: 5.64		
Descripción del Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>						
CAPATAZ	hh	1.000	0.0083	25.15	0.21	
OPERARIO	hh	2.000	0.08	20.96	3.35	
					0.00	
<b>Equipos</b>						
AGUA		m3	0.0012	5.68	0.01	
HERRAMIENTAS MANUALES	% MO		0.030	2.49	0.07	
CORTADORA DE PAVIMENTO						
CON DISCO	hm		0.08	25	2.00	

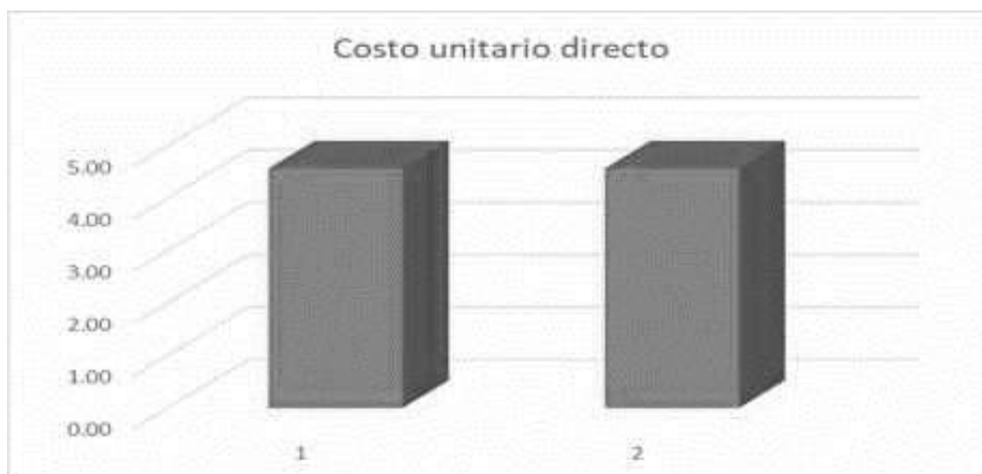
Fuente: Elaboración propia.

En la representación grafica de los precios unitarios se presenta la mano de obra a utilizar, los equipos, maquinaria y herramientas posibles a usar en la actividad por construir, indicando el costo individua y global de la partida, en este caso la partida tiene un costo de 4.57 soles por metro lineal de corte de pavimento flexible.

### c. Proceso comparativo de productividad inicial y productividad verdadera

Para la representación gráfica de la comparación de ambas productividades se debe tomar datos relevantes de la tabla 16 y tabla 17, las cuales muestran la producción referencial y la producción de campo

Figura 30. Costos unitarios real de la partida demolición de pavimento flexible e=2”.



*Fuente: Autoría propia.*

De acuerdo al gráfico, se visualiza que lo analiza en precio es de 4.57 soles y costo unitario real es 4.57 soles. Según lo indicado en el expediente de referencia se observa que 1 m de pavimento flexible debe tener un costo de 4.57 soles y en la ejecución de la partida el costo es el mismo. Entonces en ambos precios por unidad, se mantiene el costo.

### Utilización del tiempo

#### a. Datos recolectados por simulación.

Para el cumplimiento es necesario utilizar la ficha técnica N°2 que permite recolectar datos como el tipo de trabajo realidad por las personas involucradas en la actividad analizada, para luego sintetizarla en la tabla 37

Tabla 37. Utilización del tiempo para la actividad demolición de pavimento flexible.

<b>Día</b>	<b>Trabajo Contributorio</b>	<b>Trabajo No Contributorio</b>	<b>Trabajo Productivo</b>
06	17 %	33 %	51 %
07	18 %	36 %	46 %
08	18 %	35 %	48 %
09	17 %	34 %	48 %
10	17 %	34 %	48 %
11	17 %	34 %	49 %

Fuente: Elaboración propia.

#### **b. Determinación del uso de tiempo en la actividad**

Este paso requiere los datos de ocupación de tiempo por día en la partida corte de pavimento flexible e=2", que se encuentra en la tabla 19. Tomados desde el 6 al día 11, teniendo una muestra de 5 días trabajados.

- % Promedio de trabajo productivo: 49%
- % Promedio de trabajo contributorio: 17%
- % Promedio de trabajo no contributorio: 34%

Para lograr presentar los datos obtenidos se procede a resumirlo en la tabla 38..

Tabla 38. Utilización del tiempo de operario en demolición de pavimento flexible.

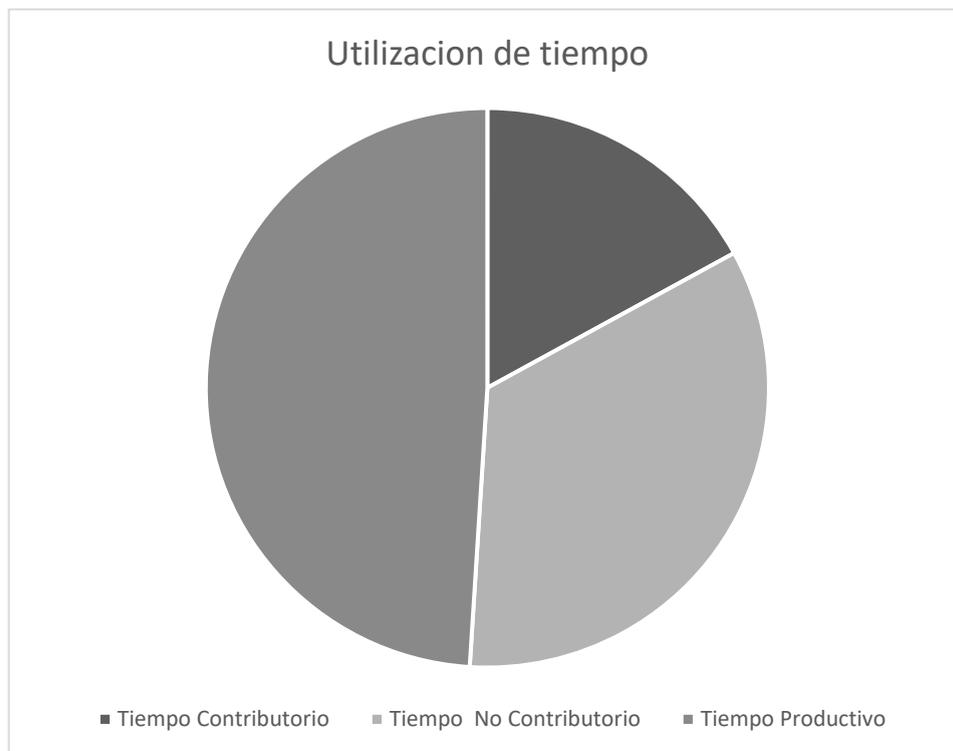
<b>Día</b>	<b>Trabajo Contributorio</b>	<b>Trabajo No Contributorio</b>	<b>Trabajo Productivo</b>
Op 1	17 %	34 %	49 %

Fuente: Elaboración propia.

Los datos obtenidos del cálculo del tiempo utilizado por el operario Op 1 se subdivide en tres categorías, que son la productiva, contributoria y no contributoria, que tiene porcentaje

asignados en la ficha técnica empleada, siendo los valores los siguiente; 17% el contributorio, 34% no contributorio y 49% de productivo.

Figure 31. Utilización de tiempo por operario en demolición de pavimento flexible.



Fuente: Elaboración propia.

Durante la representación gráfica de los resultados obtenidos por el cálculo del tiempo utilizado en una jornada de trabajo se determinó que el operario OP1 tuvo 49% de trabajo productivo representado en 2.94 horas, 17% de trabajo contributorio con 1.02 horas y finalmente 34% representado por 2.04 horas, infiriendo que se tiene mucho tiempo perdido.

## Proceso comparativo de las productividades después de implementar Lean

### Construction

#### a. Productividad inicial

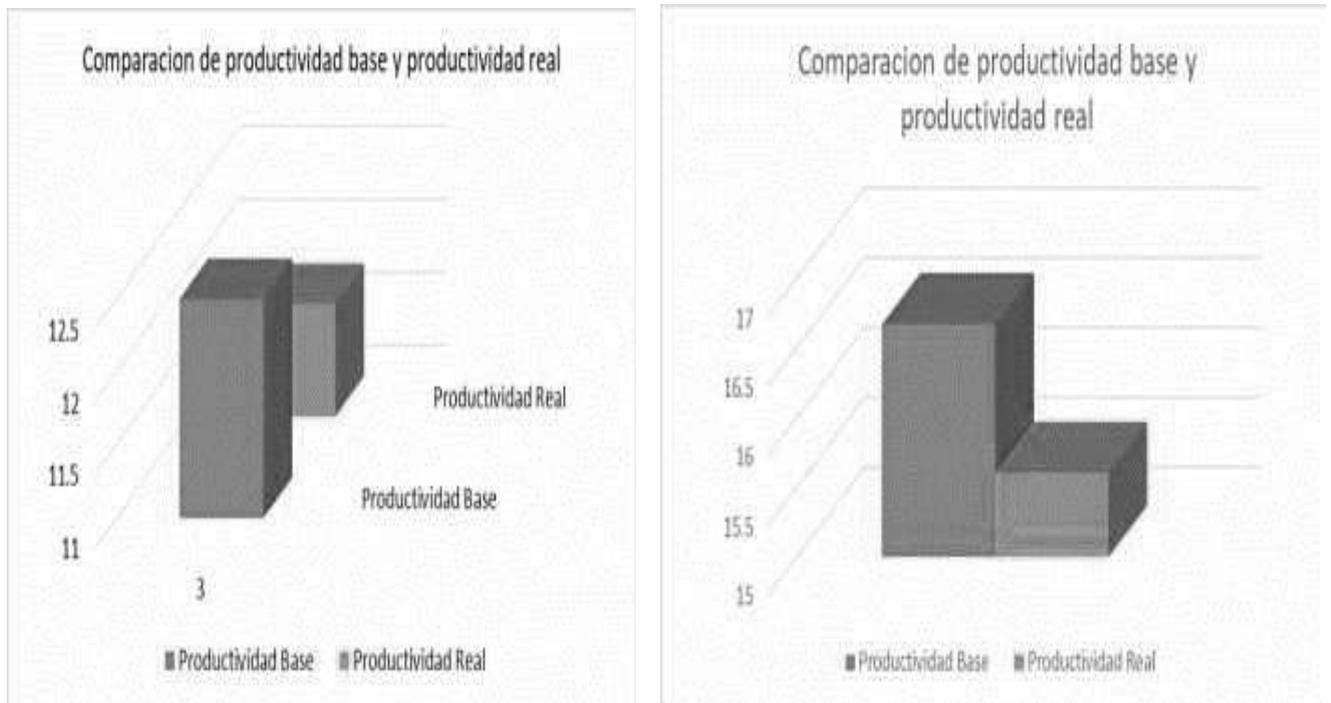


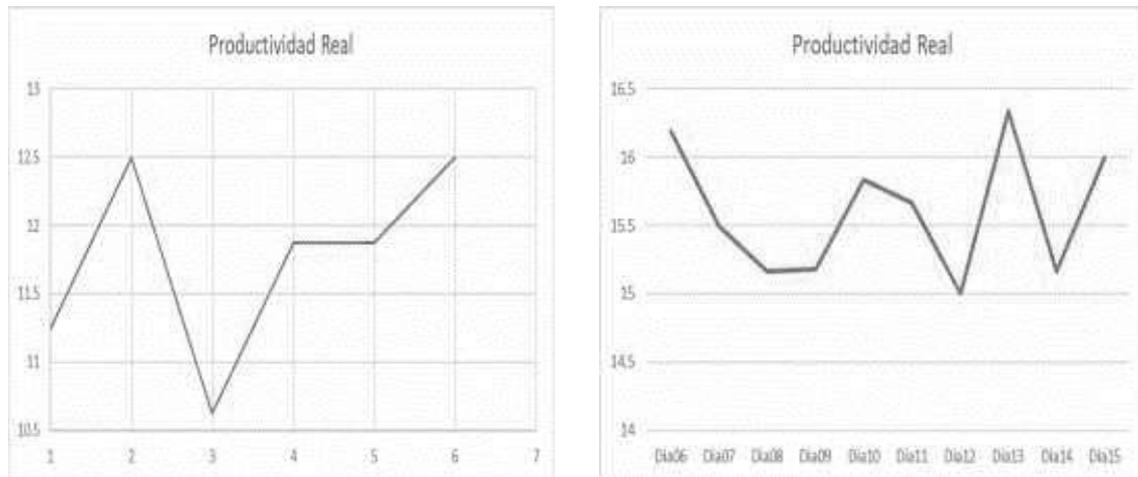
Figura 32. Comparación de productividades en demolición de pavimento flexible e=2”.

Fuente: Elaboración propia.

En relación con lo mostrado en la figura 32, se visualiza que previo a la implementación de la Filosofía Sin Pérdidas la productividad base es 11.5 metros por hora hombre y después de la implementación de la misma, esta productividad se incrementó en 15.5 metros por hora hombre. Lo que significa que la actividad analizada tiene una cantidad de personas involucradas en un jornal laboral realizando el corte de pavimento con sus respectivos rendimientos, indicando una mejora de 4 metros por hora hombre, Por lo que deduce que se logró optimizar esta partida.

## b. Varianza de la productividad verdadera

Figura 33. Comparativa de la varianza de la demolición de pavimento flexible.



Fuente: Autoría propia.

En la representación de la varianza de la figura 24, se visualiza el cambio optimizador de las productividades reales es de 0.0620732 metros por hora hombre; además de calcular un coeficiente de 6.21%, estos datos se obtuvieron antes de implementar la filosofía Sin Pérdidas. Posteriormente a la implementación se realizan nuevos cálculos determinando que la varianza es de 0.2609 metros por hora hombre y el coeficiente de 26.092%. Lo que se puede deducir que las personas involucradas en la actividad de corte de pavimento flexible mantienen avance constante, es por ello que la varianza es estable.

## c. Índice de la Productividad

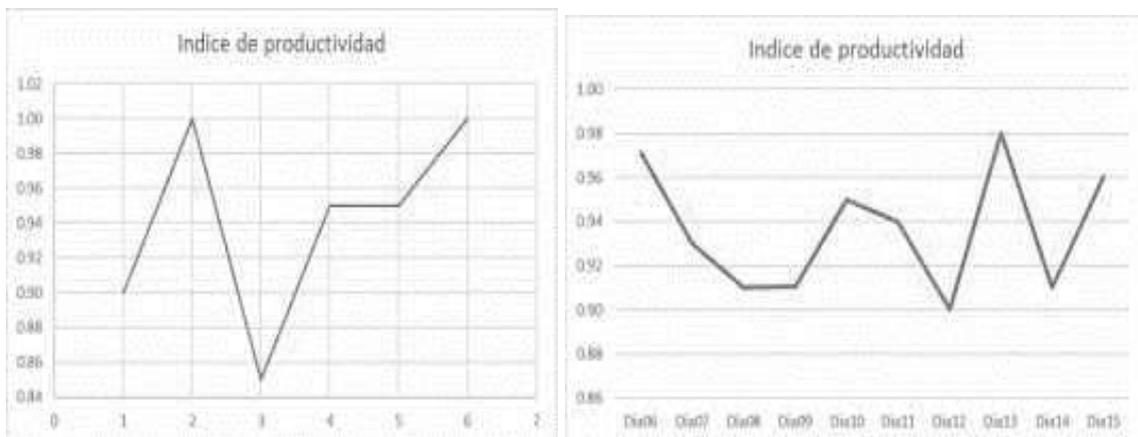


Figura 34. Representación de la comparación de los índices de corte de pavimento flexible.

Fuente: Autoría propia.

## Análisis de precios unitarios

### a. Costo unitario

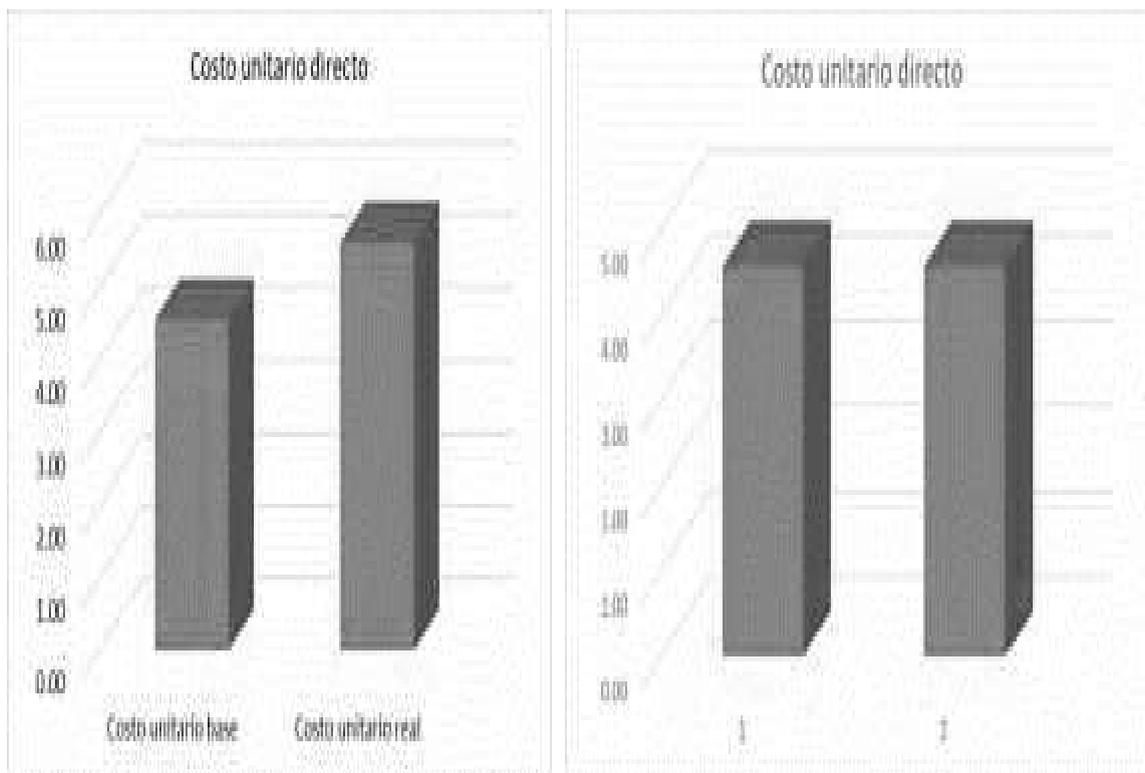


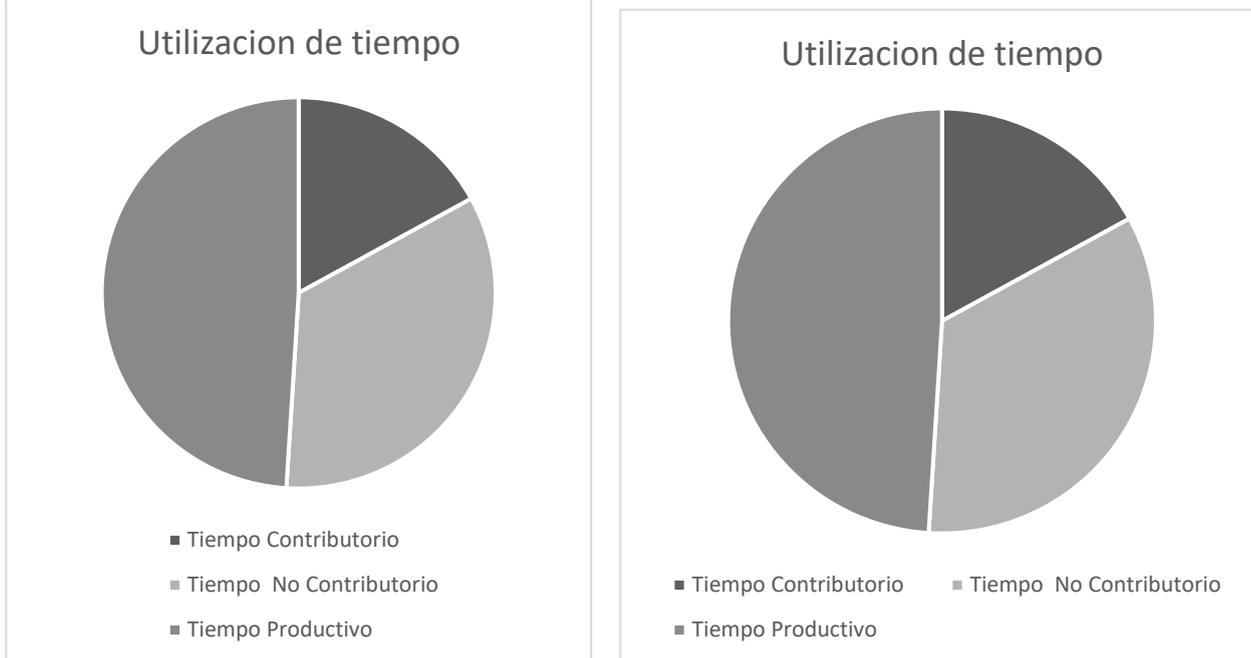
Figura 35. Representación gráfica de costo unitario antes de Lean C y después de aplicarlo.

Fuente: Elaboración propia.

Para la representación 26, es bastante claro que el costo unitario calculado para la partida antes de aplicar la Filosofía Cero Pérdidas es de 5.63 soles y posteriormente a su implementación se indica el valor de 4.57 soles. Lo que significa que en la partida *corte de pavimento flexible e=2"* realizar la tarea tuvo un costo de 5.63 soles por metro de pavimento flexible y al momento de la mejora este costo se reduce a 4.57 soles, por tanto, el costo se ha reducido en 0.06 soles por metro de pavimento flexible.

## Utilización de tiempo de actividad

Figura 36. Representación de la utilización de tiempo para demolición de pavimento flexible.



Fuente: Elaboración propia.

Para la representación de la figura 27, se puede visualizar que en la actividad de corte de pavimento flexible de  $e=2''$ , los tiempos son de tres tipos, productivo con 43 %, el contributorio con 38% y finalmente el no contributorio con 19% de toda la jornada laboral, estos valores fueron obtenidos antes de la implementación de la nueva metodología; luego de aplicar Lean se calculan nuevos datos, que son los siguiente; trabajo productivo con 49%, trabajo contributorio con 34% y finalmente el trabajo no contributorio con 1%.

### 5.5.1. Antes de implementar filosofía

#### 5.5. Análisis de resultados de la partida demolición de pavimento rígido $e=0.20$ m.

##### Productividad calculada

##### a.- Determinación de la productividad inicial.

El cálculo de esta productividad inicial se da con el uso de los precios unitarios de la partida mencionada, de la cual se obtuvo los datos siguientes:

- Cantidad de avance por día: 100 metros
- Tiempo de trabajo por día: 6 horas

- Cantidad de personas en la actividad: 2 personas

Con esta información se procede a sintetizar y calcular lo necesario presentado en la tabla.

*Tabla 39. Productividad inicial de demolición de pavimento rígido.*

<b>Partida</b>	<b>Producción</b>	<b>Jornada</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Productividad</b>
	<b>(m)</b>	<b>(horas)</b>	<b>(hombres)</b>	<b>(m/hh)</b>
<i>Corte de pavimento flexible</i>	100.00	8.00	1.00	12.5

*Fuente: Elaboración propia.*

Se indica que se trabajó con productividad de 12.5 metros por hora hombre, que de acuerdo al expediente base es óptimo el corte mínimo de 12.5 metros lineales de pavimento flexible en una hora utilizando una persona en la actividad.

**b.- Datos en campo con simulación.**

Se registró la cantidad producida por día con la ficha técnica N° 1 (anexo 5), así como también la cantidad de personas que se involucraron, desde el inicio hasta el final de la actividad, esta fue de 5 días.

*Tabla 40. Días trabajados de la partida en demolición pavimento flexible.*

<b>Día</b>	<b>Producción</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Cuadrilla</b>
	<b>(m)</b>	<b>(Horas)</b>	<b>(hombres)</b>
<i>01</i>	90.00	8.00	1.00
<i>02</i>	100.00	8.00	1.00
<i>03</i>	85.00	8.00	1.00
<i>04</i>	95.00	8.00	1.00
<i>05</i>	95.00	8.00	1.00
<i>06</i>	100.00	8.00	1.00

*Fuente: Elaboración propia.*

### c.- Determinación inicial de la productividad verdadera

Este proceso se obtiene de los datos de la tabla 4 y colocando la producción, el tiempo empleado en la actividad, la cantidad de personas involucrada y finalmente se calcula lo que se produjo en metros lineales por hora.

Tabla 41. Cantidad producida en partida demolición de pavimento rígido.

	<b>Producción</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Productividad</b>
<b>Día</b>	<b>(m)</b>	<b>(Horas)</b>	<b>(hombres)</b>	<b>(m/hh)</b>
01	90.00	8.00	1.00	11.25
02	100.00	8.00	1.00	12.5
03	85.00	8.00	1.00	10.63
04	95.00	8.00	1.00	11.88
05	95.00	8.00	1.00	11.88
06	100.00	8.00	1.00	12.5

Fuente: Elaboración propia.

### d.- Determinación de la productividad para análisis

Para este proceso se obtienen datos de la cantidad producida por día en la partida demolición de pavimento flexible, para lo cual se resume los siguientes ítems:

- Productividad total: 565 metros
- Cantidad de horas trabajadas: 8 horas
- Cantidad de personas involucradas en la actividad: 6 hombres

Tabla 42. Productividad para análisis de partida demolición de pavimento rígido.

	<b>Producción</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Productividad</b>
<b>Día</b>	<b>(m)</b>	<b>(Horas)</b>	<b>(hombres)</b>	<b>(m/hh)</b>
01 al 06	565.00	8.00	6.00	11.77

Fuente: Elaboración propia.

El resultado indica que en los días laborados (6 días) se realizó el corte de 11.770833 metros de pavimento flexible en una hora por persona durante una jornada de trabajo de 8 horas.

### e- Cálculo de la varianza en la productividad verdadera

Este paso se determina mediante la varianza de la partida analizada, para lo cual se extrajo lo siguiente:

- Varianza estándar : 0.0620732 metros por hora hombre
- Productividad verdadera : 11.770833 metros por hora hombre

Se podrá visualizar el coeficiente en la representación en tabla:

Tabla 43. Varianza en productividad de partida demolición de pavimento rígido.

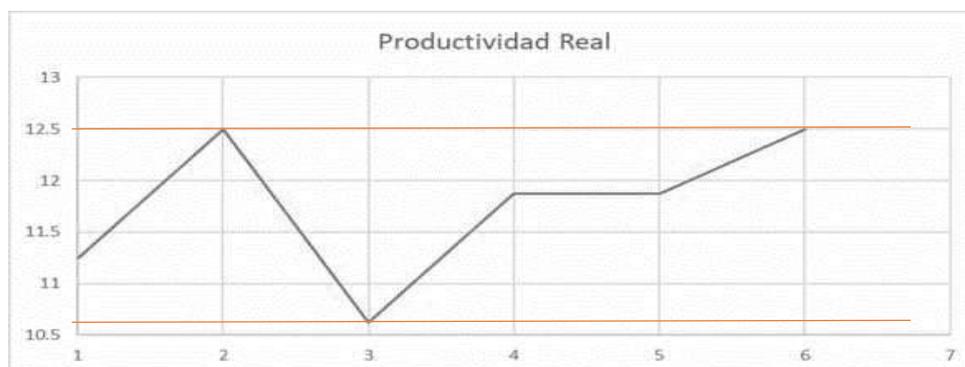
Día	Desviación		Coef. De variación (%)
	Estándar (m/hh)	Promedio (m/hh)	
01 al 06	0.06	11.77	6.2

Fuente: Autoría propia.

De acuerdo a la tabla anterior, presenta la producción verdadera y se calcula la varianza que es 0.0620732 metros por hora hombre, además se obtuvo un coeficiente final de 6.20% de la misma partida.

El gráfico indica de manera visual lo presentado en la tabla 7, relacionando en el eje vertical los rangos de la variación estándar y en el eje horizontal los valores obtenidos en cada día de análisis de la actividad corte de pavimento flexible.

Figura 37. Comparación de rangos de variación estándar y valor diario de varianza.

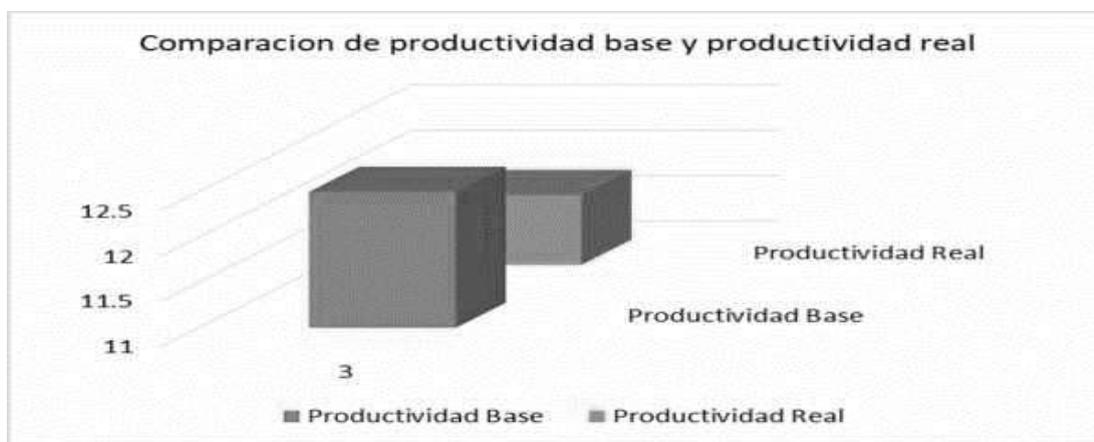


Fuente: Autoría propia..

En relación con el grafico mostrado, se visualiza que l actividad corte de pavimento rígido avanza en el segundo día 12.5 metros por hora hombre, que alcanza el tope máximo de la producción, luego el tercer día avanza 10.5 metros por hora hombre que sería el tope mínimo de producción

#### **f- Proceso comparativo de la producción antes y después de implementar la filosofía sin pérdidas.**

En el grafico se visualiza la comparativa de las productividades verdaderas vs productividades iniciales de la actividad corte de pavimento rígido.



*Figura 38. Comparación de productividades en actividad demolición de pavimento rígido.  
Fuente: Elaboración propia.*

De acuerdo a lo representado en el grafico 45, se infiere la producción referencial de la actividad es de 12.5 metros por hora hombre, mientras que la productividad real de la misma es de 11.7708 metros por hora hombre; esto quiere decir que lo que se esperaba realmente de acuerdo al documento contractual es de 12,5 pero en la ejecución real o en campo se obtuvo un valor de 11.7708, esto hace una diferencia de 0.28 metros menos. Lo que nos indica que en esta actividad existe productividad baja debido a diferentes motivos.

#### **g- Determinación del índice de la cantidad efectiva de producción**

En este proceso se debe calcular lo efectivo que debe ser lo producido por el personal involucrado en la partida corte de pavimento flexible, durante los días que dure la misma actividad, que en este caso son 6 días. Los datos necesarios para este cálculo son la

productividad inicial y la productividad verdadera para poder compararlos por día efectivo y generar la relación entre ambas cantidades de manera que se evidencie si existen valores positivos o negativos en el análisis.

Tabla 44. Cantidad efectiva de producción de la actividad demolición de pavimento rígido.

Día	Productividad	Productividad	
	real(hh/m)	base(hh/m)	
01	11.25	12.5	0.90
02	12.5	12.5	1.00
03	10.625	12.5	0.85
04	11.875	12.5	0.95
05	11.875	12.5	0.95
06	12.5	12.5	1.00

Fuente: Elaboración propia.

#### h.- Representación del índice

Se representará el índice obtenido en el paso anterior, lo cual indica de manera visual la variación de los índices de productividad e cada día desarrollados en la actividad analizada.

Figura 39. Representación de los días trabajados en demolición de pavimento rígido.



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los lineamientos de análisis de productividades de actividades, si el índice obtenido es igual a 1, esto quiere decir que lo esperado en el avance es igual a lo producido en el campo, por lo que no hay productividad baja ni alta, es un estado normal o estable.

### **Análisis de costos unitarios**

#### **a.- Determinación de la cantidad producida por día**

Se procede a determinar lo que se produce en el día a día de la actividad, para lo cual se extrae lo siguiente

- Productividad verdadera : 11.7708 metros
- Cantidad de horas trabajadas : 8 horas
- Cantidad de personas involucradas: 1 persona

Por consiguiente, se presenta la tabla donde se indica el avance diario

*Tabla 45. Cantidad global de producción en demolición de pavimento rígido.*

<b>Día</b>	<b>Productividad real(hh/m)</b>	<b>Productividad base(hh/m)</b>	<b>IP</b>	
01 al 06	11.77	8	1	94.17

*Fuente: Elaboración propia.*

#### **b.- Proceso de análisis de precio unitario verdadero**

En este caso se indica los costos de manera detallada con la mano de obra, equipos, maquinaria y herramientas en la partida demolición de pavimento rígido.

- Cantidad de producción por día : 94.16666 metros por día
- Cantidad de horas trabajadas : 8 horas
- Cantidad de personas involucradas: 1 hombre

Luego de culminar el cálculo anterior se procede a analizar los costos directos unitarios.

Tabla 46. Análisis de precios unitarios de la actividad corte de pavimento rígido.

Partida DEMOLICION DE PAVIMENTO FLEXIBLE E=2"						
Rendimiento	m/ Dia	MO. 94.166656	EQ. 94.16656	Costo unitario directo por m: 5.64		
Descripción del Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>						
CAPATAZ	hh	1.000	0.0083	25.15	0.21	
OPERARIO	hh	2.000	0.08	20.96	3.35	
					0.00	
<b>Equipos</b>						
AGUA		m3	0.0012	5.68	0.01	
HERRAMIENTAS MANUALES CORTADORA DE PAVIMENTO CON DISCO	% MO		0.030	2.49	0.07	
	hm		0.08	25	2.00	

Fuente: Autoría propia.

Del análisis previo se obtiene que el precio real de la partida demolición de pavimento flexible es de 5.63 soles por metro lineal. Se puede entender que realizar el corte de pavimento en 1 metro lineal cuesta 5.63 soles, usando 1 capataz y 2 operarios, así como los porcentajes y cantidades de materiales indicados en el análisis.

### c.- Representación comparativa de precio por unidad verdadero y precio por unidad proyectado

De acuerdo al grafico se visualiza el precio por unidad referencial (anexo 4) luego el precio por unidad verdadero de la partida *corte de pavimento rígido e=2"* (tabla 10).

Figura 40. Costo unitario de la partida corte de pavimento rígido e=2".



Fuente: Autoría propia.

De acuerdo a lo representado en la figura 15, se determina el costo unitario básico de la actividad en 4.57 soles y el costo real de campo es de 5.63 soles, se evidencia un mayor costo en campo de lo esperado en el expediente, por lo que hay un sobre costo de 1.06 soles por metro línea de pavimento flexible cortado.

### Ocupación del tiempo

#### a.- Datos en campo (2da vez)

En este caso se procedió a determinar las actividades derivadas de la partida principal que se realizaron durante los días de ejecución, para ello se necesitó de la ficha técnica N° 2 y de validación de los expertos para tomar registro de cada 2 minutos del tiempo que emplean por cada sub actividad desencadenada por el corte de pavimento flexible.

Tabla 47. Utilización del tiempo por día de la actividad demolición de pavimento rígido.

Día	Trabajo contributivo	Trabajo no contributivo	Trabajo Productivo
01	25 %	29 %	46 %
02	8 %	23 %	69 %
03	13 %	27 %	60 %
04	15 %	31 %	54 %
05	15 %	31 %	54 %

Fuente: Autoría propia.

#### b. Determinación de la utilización del tiempo

Para completar el proceso se debe tomar en cuenta el tiempo de las subactividades realizadas día a día, generando un lineamiento y tomando los siguientes datos:

- Promedio del trabajo productivo : 56 %

- Promedio de trabajo contributorio: 16%
- Promedio de trabajo no contributorio: 29%

Ya calculado lo anterior se procede a presentar lo obtenido en síntesis como la tabla siguiente

Tabla 48. Promedio de utilización del tiempo de la actividad demolición de pavimento rígido.

Día	Trabajo contributorio	Trabajo no contributorio	Trabajo Productivo
Promedio	17 %	29 %	54 %

Fuente: Autoría propia.

De acuerdo a la tabla 48, se ha obtenido un global de la utilización del tiempo de los 6 días que dura la actividad analizada, por lo que cada tipo de trabajo tiene un porcentaje calculado, por ejemplo, el trabajo productivo es de 54%, el trabajo contributorio es de 17% y el trabajo no contributorio de 29%.

Luego se procede a representar gráficamente la tabla calculada, mostrando los tiempos de la actividad., que se aprecia en la figura 41.

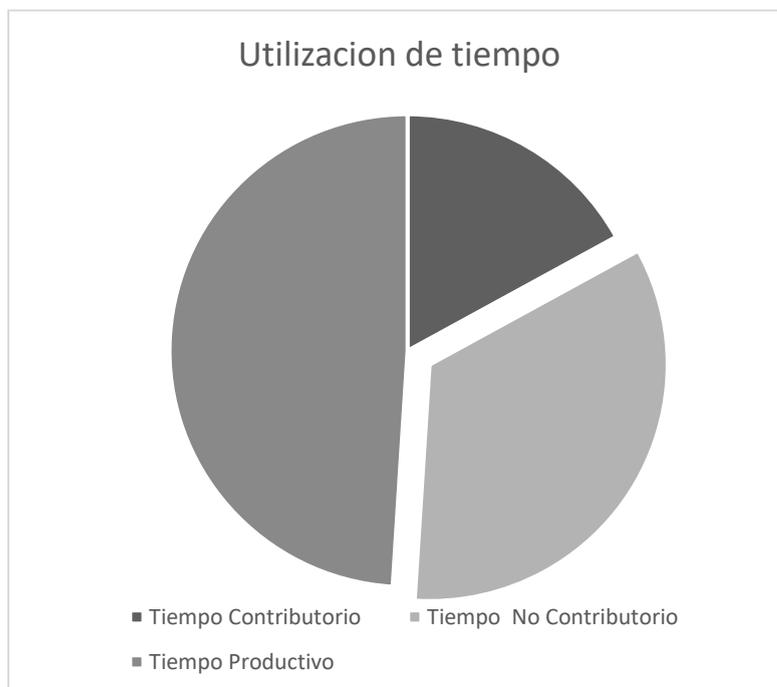


Figura 41. Promedio de utilización de tiempo de la actividad corte de pavimento rígido .

Fuente: Elaboración propia.

En concordancia con los valores obtenidos del cálculo de utilización de tiempo se visualiza un total de 8 horas trabajadas que representan el 100% del tiempo ocupado, este tiempo se subdivide en tres categorías, las cuales tienen su propio porcentaje de utilización; el caso de trabajo productivo es de 54% representando 4.3 horas, el trabajo contributorio tiene un 17% que representa 1.3 horas y finalmente el trabajo no contributorio con 29% que representa el 2.3 horas. Evidenciándose un porcentaje alto de trabajo no contributorio que debe ser optimizado para no generar ampliación de plazo ni sobrecostos.

### **Continuidad en el procedimiento constructivo**

#### **a.- Datos en campo (3ra vez)**

Es necesario utilizar la ficha técnica N° 3 para recolectar datos con que se pueda obtener una muestra de la realidad de campo por la actividad de corte de pavimento flexible, la cual registraría la operación, inspección, transporte, demoras y almacenamiento de la partida analizada. Esto serviría para la identificación de los puntos de quiebre donde no hay fluidez de trabajo o embotellamiento por las diferentes restricciones que se puedan encontrar. Para lo que se necesitaría una matriz de análisis de restricciones que permita dar solución y registro de los impedimentos de avance de la partida durante el tiempo ejecución de la tarea.

### **5.5.2. Identificación de restricciones y mejoramiento con Lean Construction**

#### **a.-Restricción de horario laborable**

Tomando como base los datos que fueron obtenidos con la ficha técnica N° 2, se procede a mostrar los datos de la misma en una tabla, que indican la utilización del tiempo de un operario en la jornada laboral de 8 horas.

Tabla 49. Utilización del tiempo de operario en demolición de pavimento rígido.

Día	Trabajo contributorio	Trabajo no contributorio	Trabajo Productivo
Op 1	17 %	29 %	54 %

*Fuente: Autoría propia.*

Lo que se muestra en la tabla 13 indica que el operario usa su tiempo en tres categorías, la productiva con 54%, la contributaria con 17% y la no contributaria con 29%, que significa que de las ocho horas laborables del día, lo pierde en ese porcentaje no contributorio que pueden ser diferentes actividades que agreguen valor a la partida como descanso prolongado, permiso para ir al baño, demora en el traslado de material, demora en el preparado de material, demora en la instalación del puesto de trabajo, lo cual afecta de manera directa a l trabajo productivo de la actividad desarrollada.

### **5.5.3. Después de la implementación de filosofía cero pérdidas**

#### **Productividad inicial**

##### **a. Datos de simulación (4ta vez)**

Se refiere a la cantidad producida durante un día laboral que se registra con la ficha técnica N°1, que recopila la producción diaria, tiempo trabajado y la cantidad de personas involucradas en la actividad. Este resumen se muestra en la tabla 50.

Tabla 50. Cantidad producida optimizada con Lean Construction.

<b>Día (m)</b>	<b>Producción</b>	<b>Tiempo (Horas)</b>	<b>Cuadrilla (hombres)</b>	<b>Productividad</b>
06	97.12	6	1	16.19
07	93.00	6	1	15.5
08	91.00	6	1	15.17
09	91.07	6	1	15.18
10	95.00	6	1	15.83
11	94.00	6	1	15.67
12	90.00	6	1	15
13	98.00	6	1	16.3
14	91.00	6	1	15.17
15	96.00	6	1	16

*Fuente: Autoría propia.*

#### **b. Determinación de la productividad inicial en el expediente**

Para completar este proceso se debe determinar la cantidad producida por día de la actividad analizada, en este caso es la partida corte de pavimento flexible; del cual se extrajeron algunos datos como producción diaria, utilización del tiempo, cantidad de personas involucradas, mostradas en la siguiente tabla:

Tabla 51. Cantidad producida por día de la actividad demolición de pavimento rígido.

<b>Día</b>	<b>Producción (m)</b>	<b>Tiempo (Horas)</b>	<b>Cuadrilla (hombres)</b>	<b>Productividad</b>
06	97.12	6	1	16.19
07	93.00	6	1	15.5
08	91.00	6	1	15.17
09	91.07	6	1	15.18
10	95.00	6	1	15.83
11	94.00	6	1	15.67
12	90.00	6	1	15
13	98.00	6	1	16.3
14	91.00	6	1	15.17
15	96.00	6	1	16

Fuente: Elaboración propia.

### c. Determinación inicial de la productividad verdadera (PIV)

Es necesario calcular la producción diaria verdadera tomando como base la productividad inicial de la partida corte de pavimento flexible, para lo cual se tomarán los siguientes datos:

- Cantidad producida por día: 936.19 metros lineales
- Cantidad de horas trabajadas: 6 horas
- Cantidad de personas involucradas: 10 hombres

Se representará de manera sintetizada los cálculos obtenidos en la tabla 52.

Tabla 52. Promedio de la productividad de la actividad demolición de pavimento rígido.

<b>Día</b>	<b>Producción (m/hh)</b>	<b>Tiempo (horas)</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Productividad</b>
06 al 15	936.19	6	10	15.60

Fuente: Elaboración propia.

La sinterización presentada en la tabla 16, indica lo realizado desde el día 6 al día 25 de la partida analizada, mostrando que se realizó 936.19 metros lineales de corte con una productividad eficiente de 15.6031 metros lineales por hora en un jornal.

#### **d. Varianza de la productividad verdadera**

Para calcular la varianza de la productividad en la partida corte de pavimento flexible es necesario tomar dato de varianza estándar de los producido diariamente y compararlo con la cantidad producida en el jornal.

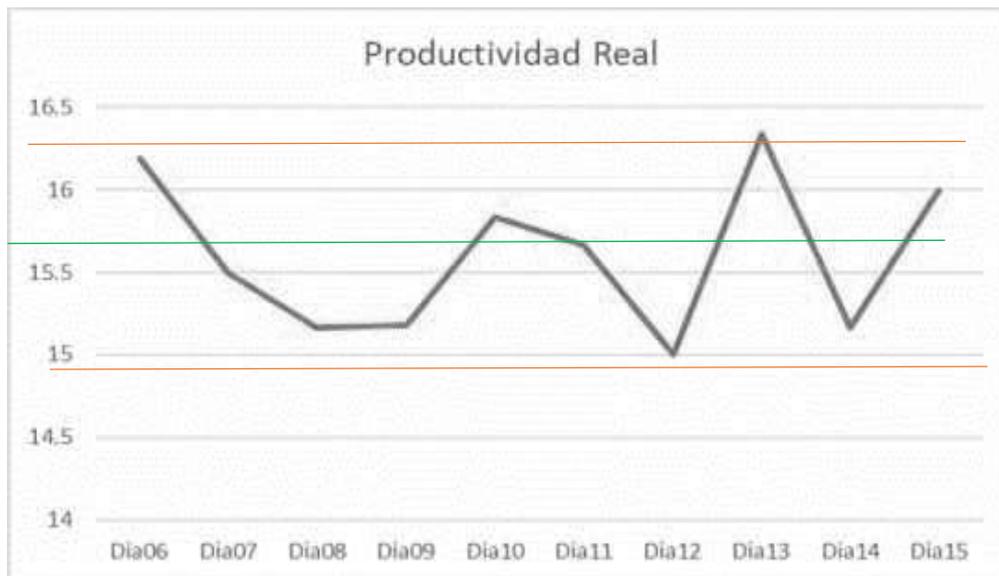
- Varianza de productividad: 0.2609 metros por hora.
- Productividad verdadera: 15.6031 metros por hora.

De acuerdo a lo calculado se representa de forma sintetizada, donde se muestra el cociente variable estándar de lo producido en un día laborable:

Por lo determinado en la tabla 17 se infiere que la varianza de productividad es de 1.3 metros por hora hombre y el coeficiente calculado se encuentra en 4.067%, que significa que 15 a 16.3 horas hombre varían entre los días trabajados en corte de pavimento flexible.

Luego se representa gráficamente lo obtenido en la tabla 17, que relaciona producción referencial y la varianza de producción los días de duración de la actividad analizada.

Figura 42. Representación de la productividad de demolición de pavimento rígido.



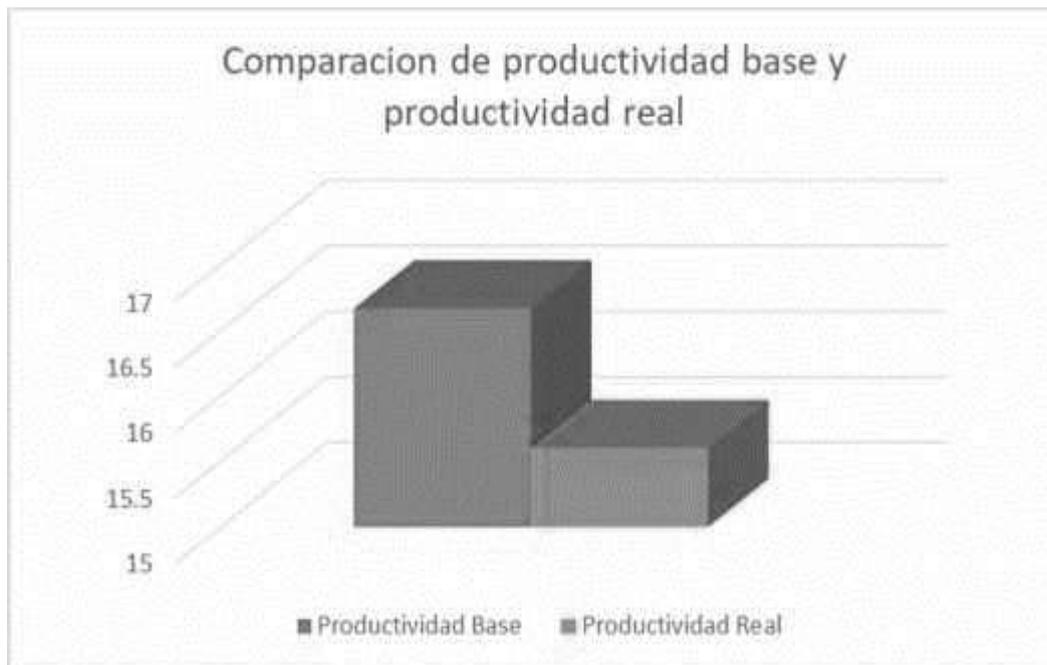
Fuente: Autoría propia.

De resultado del grafico 42, se ha representado la productividad real con relación a la varianza obtenida de la actividad, en cada día de desarrollo de la misma.

**e. Proceso comparativo de las productividades antes y después de implementar la filosofía sin pérdidas**

Se puede determinar el comparativo se toma como base la producción referencial la producción de campo de actividad analizada, en este caso es el corte de pavimento flexible, que se representa en la figura 43.

Figura 43. Varianza de las productividades de la actividad demolición de pavimento rígido.



Fuente: Elaboración propia.

Lo representado en el gráfico anterior, presenta una productividad base de 16.666 metros lineales por hora hombre y en el caso de la productividad real el valor es de 15.6031 metros por hora hombre. Lo que significa que durante la jornada laboral se puede avanzar de manera planificada 16.666 metros en una hora, mientras que en campo o desarrollo constructivo de la partida se completan 15.6031 metros, generando un déficit de 1 metro menos por hora. Esto afectaría de manera directa a la duración de ejecución de la partida y el costo final de la misma.

#### **f. Determinación del índice de productividad verdadero**

Este cálculo requiere de la productividad base, así como de la productividad diaria de la actividad de corte de pavimento flexible de  $e=2''$ , que se puede obtener datos de la tabla 5, de la cual se va a utilizar los datos como productividad inicial, productividad verdadera respectivamente.

Tabla 53. Cálculo de índice diario de lo producido en demolición de pavimento flexible.

<b>Día</b>	<b>Productividad real(hh/m)</b>	<b>Productividad base(hh/m)</b>	<b>IP</b>
06	16.19	16.67	0.97
07	15.5	16.67	0.93
08	15.17	16.67	0.91
09	15.18	16.67	0.91
10	15.83	16.67	0.95
11	15.67	16.67	0.94
12	15	16.67	0.90
13	16.33	16.67	0.98
14	15.17	16.67	0.91
15	16	16.67	0.96

*Fuente: Elaboración propia.*

#### **g. Representación gráfica del índice**

La representación del índice de productividad de la actividad analizada, en este caso la partida corte de pavimento rígido que tiene datos calculados y mostrados en la tabla 17 y cumpliendo con las condiciones de la productividad en la que en el caso que índice sea igual a uno, lo que significa que ambas productividades son iguales.

Figure 44. Representación del índice de productividad diaria de demolición pavimento rígido.



Fuente: Autoría propia.

En la representación gráfica se presenta la duración de la actividad analizada que fueron 9 días, tomados en cuenta desde el día 6 hasta el día 15, relacionado estos con el índice de productividad de la partida corte de pavimento flexible; además de las condiciones restrictivas que se da cuando el índice es menor a uno, quiere decir que la productividad base es mayor a la productividad real por lo que se determina que la productividad global es baja en esta partida.

### **Análisis de precios unitarios**

#### **a. Determinación de la cantidad producida por día**

Para el cálculo de la cantidad producida en un día laborable, es necesario tomar los datos de la tabla 16, de la cual se tomarán los siguientes datos:

- Productividad verdadera: 15.60 metros por hora hombre.
- Cantidad de horas trabajadas: 6 horas
- Cantidad de personas involucradas: 1 persona

Por lo que se sintetiza los cálculos realizados en la tabla 18

Tabla 54. Producción por día trabajado de demolición de pavimento flexible.

Día	Producción (m/hh)	Tiempo (horas)	Cuadrilla	Productividad
06 al 15	15.60	6	1	93.62

Fuente: Elaboración propia.

### b. Proceso de análisis de precios por unidad verdadero

Se realizará de la actividad analizada, en este caso la partida corte de pavimento flexible e=2” tomará los datos de la tabla 18 y determinará lo siguiente:

- Producción por día laborable: 93.62 m/hh
- Cantidad de horas trabajadas: 6 horas
- Cantidad de personas involucradas: 1 hombre

Figura 45. Determinación de precios unitarios de demolición de pavimento flexible.

Partida DEMOLICION DE PAVIMENTO FLEXIBLE E=2"						
Rendimiento	m/ Dia	MO. 94.166656	EQ. 94.16656	Costo unitario directo por m:		5.64
Descripción del Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>						
CAPATAZ	hh	1.000	0.0083	25.15	0.21	
OPERARIO	hh	2.000	0.08	20.96	3.35	
					0.00	
<b>Equipos</b>						
AGUA		m3	0.0012	5.68	0.01	
HERRAMIENTAS MANUALES CORTADORA DE PAVIMENTO CON DISCO	% MO		0.030	2.49	0.07	
	hm		0.08	25	2.00	

Fuente: Elaboración propia.

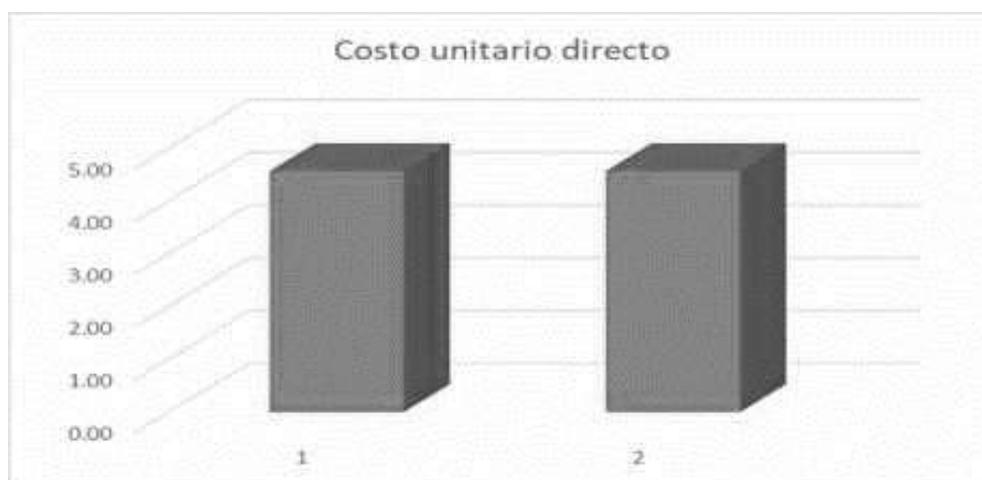
En la representación grafica de los precios unitarios se presenta la mano de obra a utilizar, los equipos, maquinaria y herramientas posibles a usar en la actividad por

construir, indicando el costo individual y global de la partida, en este caso la partida tiene un costo de 4.57 soles por metro lineal de corte de pavimento flexible.

### **c. Proceso comparativo de productividad inicial y productividad verdadera**

Para la representación gráfica de la comparación de ambas productividades se debe tomar datos relevantes de la tabla 16 y tabla 17, las cuales muestran la producción referencial y producción de campo respectivamente.

Figura 46. Costos unitarios real de la partida demolición de pavimento rígido.



*Fuente: Autoría propia.*

De concordancia con el gráfico, se visualiza el precio por unidad básico es 4.57 soles y costo unitario real es 4.57 soles. Quiere decir que el documento referencial puede cortar 1 m de pavimento flexible debe tener un costo de 4.57 soles y en la ejecución de la partida el costo es el mismo. Entonces ambos costos por unidad, se mantiene el costo.

### **Utilización del tiempo**

#### **a. Datos recolectados por simulación.**

Es necesario utilizar la ficha técnica N°2 que permite recolectar datos como el tipo de trabajo realidad por las personas involucradas en la actividad analizada, para luego sintetizarla en la tabla 19.

Tabla 55. Utilización del tiempo para la actividad demolición de pavimento rígido.

Día	Trabajo Contributorio	Trabajo No Contributorio	Trabajo Productivo
06	17 %	33 %	51 %
07	18 %	36 %	46 %
08	18 %	35 %	48 %
09	17 %	34 %	48 %
10	17 %	34 %	48 %
11	17 %	34 %	49 %

Fuente: Elaboración propia.

#### b. Determinación del uso de tiempo en la actividad

Este paso requiere los datos de ocupación de tiempo por día en la partida corte de pavimento flexible e=2", que se encuentra en la tabla 19. Tomados desde el 6 al día 11, teniendo una muestra de 5 días trabajados.

- % Promedio de trabajo productivo: 49%
- % Promedio de trabajo contributorio: 17%
- % Promedio de trabajo no contributorio: 34%

Tabla 56. Utilización del tiempo de operario en demolición de pavimento flexible.

Día	Trabajo Contributorio	Trabajo No Contributorio	Trabajo Productivo
Op 1	17 %	34 %	49 %

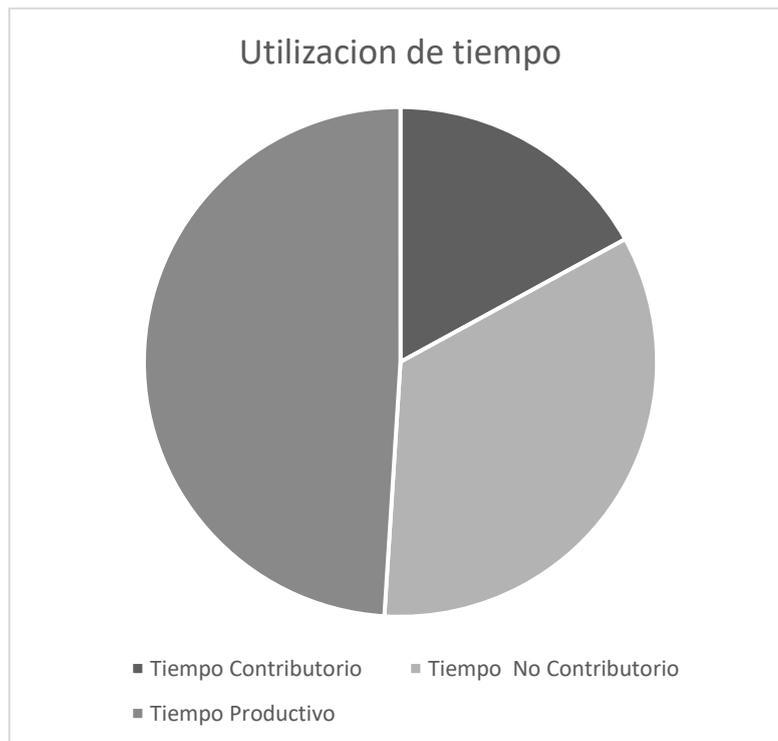
Fuente: Elaboración propia.

Los datos obtenidos del cálculo del tiempo utilizado por el operario Op 1 se subdivide en tres categorías, que son la productiva, contributoria y no contributoria, que tiene porcentaje

asignados en la ficha técnica empleada, siendo los valores los siguiente; 17% el contributorio, 34% no contributorio y 49% de productivo.

Se muestra la utilización del tiempo de *corte de pavimento flexible e=2''* (tabla 21).

Figure 47. Utilización de tiempo por operario en demolición de pavimento rígido.



Fuente: Elaboración propia.

Durante la representación gráfica de los resultados obtenidos por el cálculo del tiempo utilizado en una jornada de trabajo se determinó que el operario OP1 tuvo 49% de trabajo productivo representado en 2.94 horas, 17% de trabajo contributorio con 1.02 horas y finalmente 34% representado por 2.04 horas, infiriendo que se tiene mucho tiempo perdido.

## Proceso comparativo de las productividades después de implementar Lean

### Construction

#### a. Productividad inicial

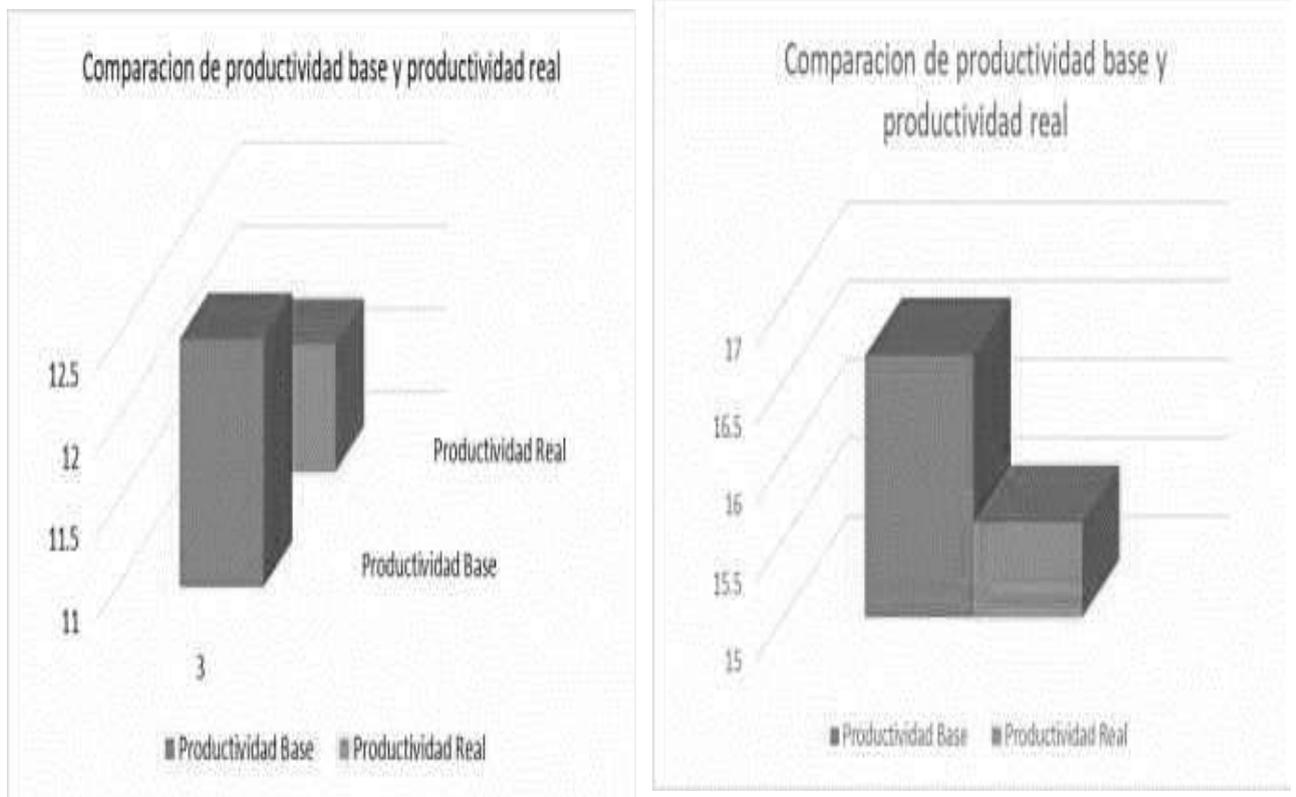


Figura 48. Comparación de productividades en demolición de pavimento flexible  $e=2''$ .

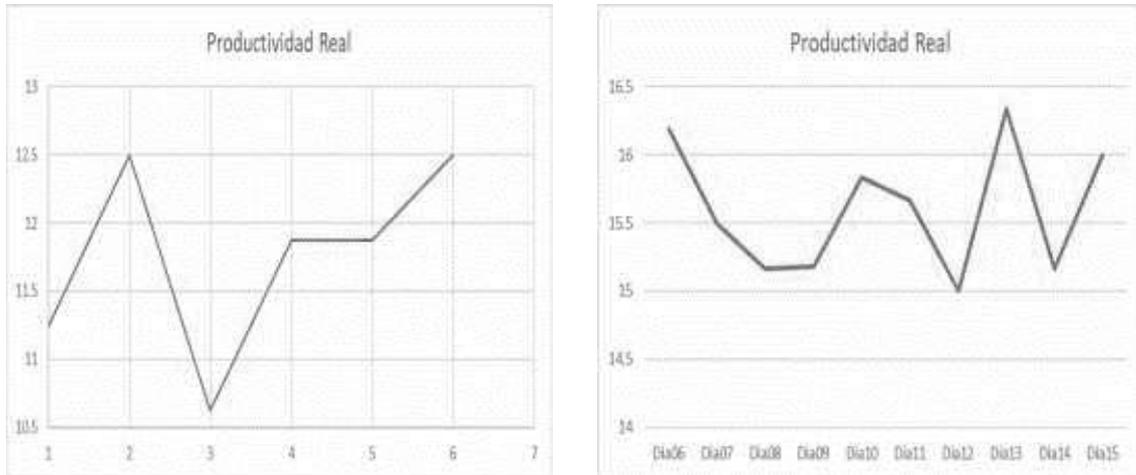
Fuente: Autoría propia.

De acuerdo a lo mostrado en la figura 48, se visualiza que previo a la implementación de la Filosofía Sin Pérdidas la productividad base es 11.5 metros por hora hombre y después de la implementación de la misma, esta productividad se incrementó en 15.5 metros por hora hombre. Lo que significa que la actividad analizada tiene una cantidad de personas involucradas en un jornal laboral realizando el corte de pavimento con sus respectivos rendimientos, indicando una mejora de 4 metros por hora hombre, Por lo que deduce que se logró optimizar esta partida.

## b. Varianza de la productividad verdadera

Figura 49. Comparativa de la varianza de la demolición de pavimento flexible.

Fuente: Autoría propia.



En la representación de la varianza de la figura 24, se visualiza el cambio optimizador de las productividades reales es de 0.0620732 metros por hora hombre; además de calcular un coeficiente de 6.21%, estos datos se obtuvieron antes de la implementación de la filosofía. Posteriormente a la implementación se realizan nuevos cálculos determinando que la varianza es de 0.2609 metros por hora hombre y el coeficiente de 26.092%. Lo que se puede deducir que las personas involucradas en la actividad de corte de pavimento flexible mantienen avance constante, es por ello que la varianza es estable.

## c. Índice de la Productividad

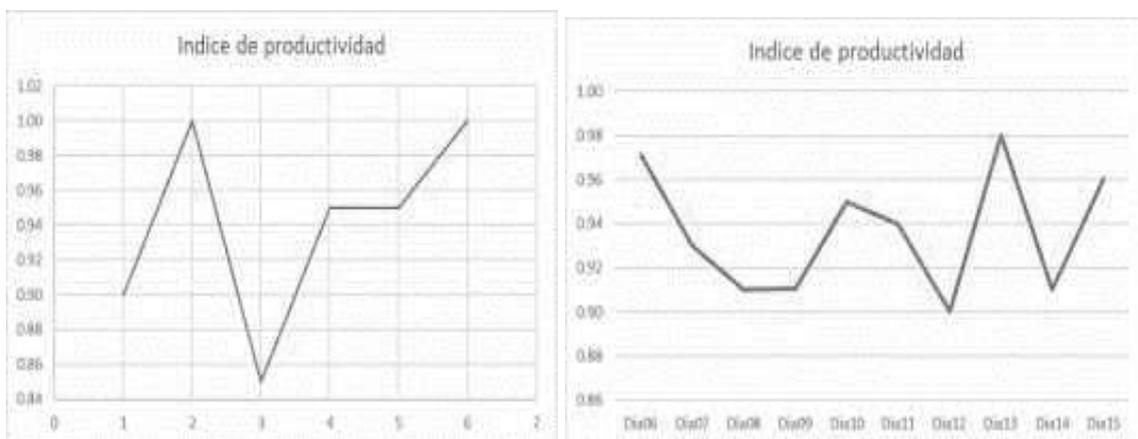


Figura 50. Representación de la comparación de los índices de corte de pavimento flexible.

Fuente: Autoría propia.

## Análisis de precios unitarios

### a. Costo unitario

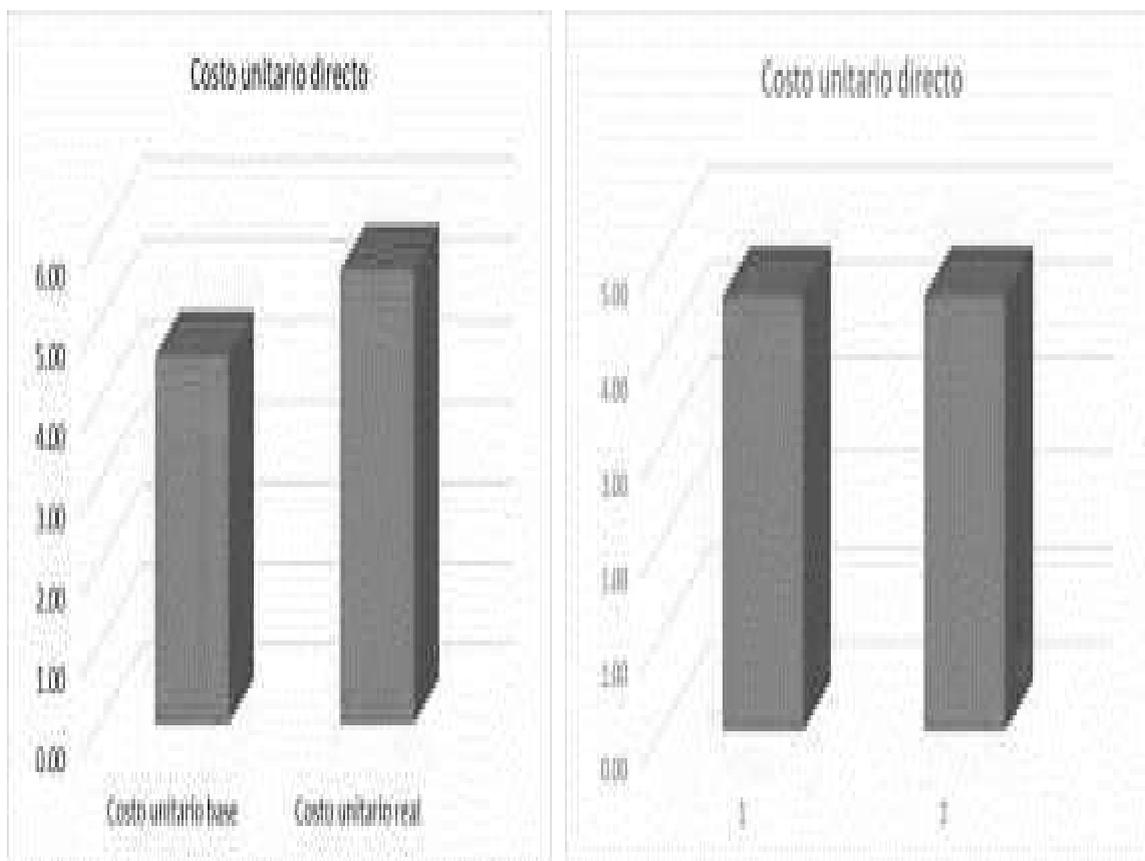


Figura 51. Representación gráfica de costo unitario antes de la teoría y después de aplicarlo.

Fuente: Elaboración propia.

Para la representación 26, es bastante claro que el costo unitario calculado para la partida antes de aplicar la Filosofía Cero Pérdidas es de 5.63 soles y posteriormente a su implementación se indica el valor de 4.57 soles. Lo que significa que en la partida *corte de pavimento flexible e=2"* realizar la tarea tuvo un costo de 5.63 soles por metro de pavimento flexible y al momento de la mejora este costo se reduce a 4.57 soles, por tanto, el costo se ha reducido en 0.06 soles por metro de pavimento flexible.

## Utilización de tiempo de actividad

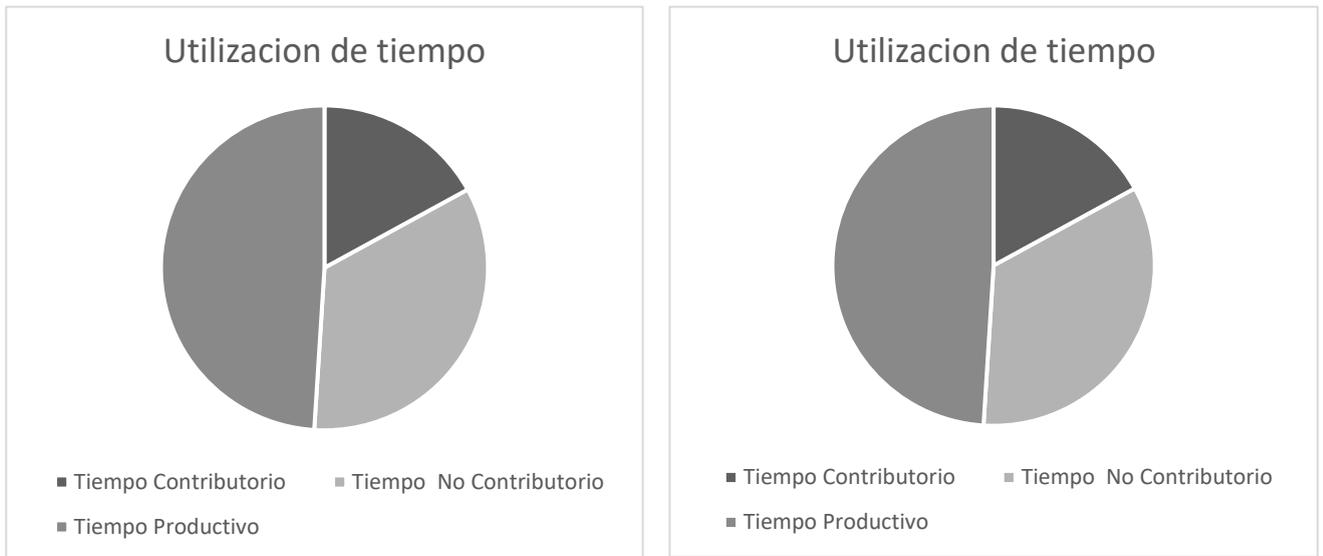


Figura 52. Representación gráfica de la utilización de tiempo para la actividad.

Fuente: Autoría propia.

Para la representación de la figura 27, se puede visualizar que en la actividad de corte de pavimento flexible de e=2", los tiempos son de tres tipos, productivo con 43 %, el contributorio con 38% y finalmente el no contributorio con 19% de toda la jornada laboral, estos valores fueron obtenidos antes de la implementación de la nueva metodología; luego de aplicar Lean se calculan nuevos datos, que son los siguiente; trabajo productivo con 49%, trabajo contributorio con 34% y finalmente el trabajo no contributorio con 1%.

### 5.6.1. Antes de implementar la filosofía

#### 5.6. Análisis de resultados de la partida eliminación de excedente c/volquete

##### Productividad calculada

##### a.- Determinación de la producción inicial.

El cálculo de esta productividad inicial se da con el uso de los precios unitarios de la partida mencionada, de la cual se obtuvo los datos siguientes:

- Cantidad de avance por día: 100 metros
- Tiempo de trabajo por día: 6 horas

- Cantidad de personas en la actividad: 2 personas

Con esta información se procede a sintetizar y calcular lo necesario presentado en la tabla.

Tabla 57. Productividad inicial de eliminación de excedente c/volquete.

<b>Partida</b>	<b>Producción (m)</b>	<b>Jornada (horas)</b>	<b>Cuadrilla (hombres)</b>	<b>Productividad (m/hh)</b>
<i>Corte de pavimento flexible</i>	100.00	8.00	1.00	12.5

*Fuente: Elaboración propia.*

Se indica que se trabajó con productividad de 12.5 metros por hora hombre, que de acuerdo al expediente base es óptimo el corte mínimo de 12.5 metros lineales de pavimento flexible en una hora utilizando una persona en la actividad.

**b.- Datos en campo.**

Se registró la cantidad producida por día con la ficha técnica N° 1 (anexo 5), así como también la cantidad de personas que se involucraron, desde el inicio hasta el final de la actividad, esta fue de 5 días.

Tabla 58. Días trabajados de la partida en eliminación de excedente c/volquete 10 m3.

<b>Día</b>	<b>Producción (m)</b>	<b>Tiempo (Horas)</b>	<b>Cuadrilla (hombres)</b>
01	90.00	8.00	1.00
02	100.00	8.00	1.00
03	85.00	8.00	1.00
04	95.00	8.00	1.00
05	95.00	8.00	1.00
06	100.00	8.00	1.00

*Fuente: Elaboración propia.*

### c.- Determinación inicial de la productividad verdadera

Este proceso se obtiene de los datos de la tabla 4 y colocando la producción, el tiempo empleado en la actividad, la cantidad de personas involucrada y finalmente se calcula lo que se produjo en metros lineales por hora.

Tabla 59. Cantidad producida en partida eliminación de excedente c/volquete.

Día	Producción (m)	Tiempo (Horas)	Cuadrilla (hombres)	Productividad (m/hh)
01	90.00	8.00	1.00	11.25
02	100.00	8.00	1.00	12.5
03	85.00	8.00	1.00	10.625
04	95.00	8.00	1.00	11.875
05	95.00	8.00	1.00	11.875
06	100.00	8.00	1.00	12.5

Fuente: Elaboración propia.

### d.- Determinación de la productividad para análisis

Para este proceso se obtienen datos de la cantidad producida por día en la partida demolición de pavimento flexible, para lo cual se resume los siguientes ítems:

- Productividad total: 565 metros
- Cantidad de horas trabajadas: 8 horas
- Cantidad de personas involucradas en la actividad: 6 hombres

Tabla 60. Productividad para análisis de partida eliminación de excedente c/volquete.

Día	Producción (m)	Tiempo (Horas)	Cuadrilla (hombres)	Productividad (m/hh)
01 al 06	565.00	8.00	6.00	11.77

Fuente: Elaboración propia.

El resultado indica que en los días laborados (6 días) se realizó el corte de 11.770833 metros de pavimento flexible en una hora por persona durante una jornada de trabajo de 8 horas.

**e- Calculo de la varianza en la productividad verdadera**

Este paso se determina mediante la varianza de la partida analizada, para lo cual se extrajo lo siguiente:

- Varianza estándar : 0.0620732 metros por hora hombre

- Productividad verdadera : 11.770833 metros por hora hombre

Se logrará visualizar el coeficiente por la tabla siguiente:

*Tabla 61. Varianza en productividad de partida eliminación de excedente c/volquete.*

	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Promedio (m/hh)</b>	<b>Coef. De variación</b>
<i>01 al 06</i>	0.062	11.77	6.21

*Fuente: Autoría propia.*

En la tabla anterior se presenta la productividad verdadera y se calcula la varianza que es 0.0620732 metros por hora hombre, además se obtuvo un coeficiente final de 6.20% de la misma partida.

El grafico indica de manera visual lo presentado en la tabla 7, relacionando en el eje vertical los rangos de la variación estándar y en el eje horizontal los valores obtenidos en cada día de análisis de la actividad corten de pavimento flexible.



*Figura 53. Comparación de rangos de variación estándar y valor diario de varianza.*

*Fuente: Elaboración propia.*

La figura se visualiza que la productividad en corte de pavimento rígido  $e=2''$  en el segundo día es 12.5 metros por hora hombre.

#### **f- Proceso comparativo de producción antes y después de implementar filosofía Lean Construction**

La comparación de las productividades verdaderas vs productividades iniciales de la actividad corte de pavimento rígido.

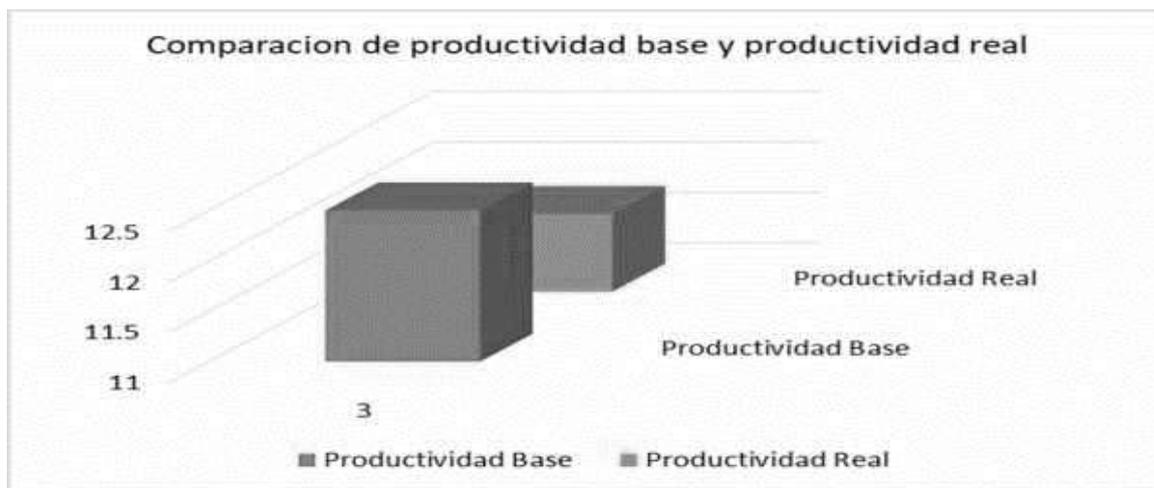


Figura 54. Comparación de productividades en actividad eliminación de excedente c/volquete.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a lo representado por el gráfico 13, se infiere que la producción referencial de la actividad es de 12.5 metros por hora hombre, mientras que la productividad real de la misma es de 11.7708 metros por hora hombre; esto quiere decir que lo que se esperaba realmente de acuerdo al documento contractual es de 12,5 pero en la ejecución real o en campo se obtuvo un valor de 11.7708, esto hace una diferencia de 0.28 metros menos. Lo que nos indica que en esta actividad existe productividad baja debido a diferentes motivos.

#### **g- Determinación del índice de la cantidad efectiva de producción**

En este proceso se debe calcular lo efectivo que debe ser lo producido por el personal involucrado en la partida corte de pavimento flexible, durante los días que dure la misma actividad, que en este caso son 6 días. Los datos necesarios para este cálculo son la productividad inicial y la productividad verdadera para poder compararlos por día efectivo y

generar la relación entre ambas cantidades de manera que se evidencie si existen valores positivos o negativos en el análisis.

Tabla 62. Cantidad efectiva de producción de eliminación de excedente c/volquete.

Día	Productividad	Productividad	
	real(hh/m)	base(hh/m)	
01	11.25	12.5	0.90
02	12.5	12.5	1.00
03	10.625	12.5	0.85
04	11.875	12.5	0.95
05	11.875	12.5	0.95
06	12.5	12.5	1.00

Fuente: Elaboración propia.

#### h.- Representación del índice

Se representará el índice obtenido en el paso anterior, lo cual indica de manera visual la variación de los índices de productividad e cada día desarrollados en la actividad analizada.



Figura 55. Representación de los días trabajados en demolición de pavimento rígido.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los lineamientos de análisis de productividades de actividades, si el índice obtenido es igual a 1, esto quiere decir que lo esperado en el avance es igual a lo producido en el campo, por lo que no hay productividad baja ni alta, es un estado normal o estable.

### **Análisis de costos unitarios**

#### **a.- Determinación de la cantidad producida por día**

Se procede a determinar lo que se produce en el día a día de la actividad, para lo cual se extrae lo siguiente

- Productividad verdadera : 11.7708 metros
- Cantidad de horas trabajadas : 8 horas
- Cantidad de personas involucradas: 1 persona

Por consiguiente, se presenta la tabla donde se indica el avance diario

*Tabla 63. Cantidad global de producción en eliminación de excedente c/volquete.*

<b>Día</b>	<b>Productividad real(hh/m)</b>	<b>Productividad base(hh/m)</b>	<b>IP</b>
<i>Día01 al 06</i>	11.77	8	1 94.17

*Fuente: Elaboración propia.*

#### **b.- Proceso de análisis de precio unitario verdadero**

En este caso se indica los costos de manera detallada con la mano de obra, equipos, maquinaria y herramientas en la partida demolición de pavimento rígido.

- Cantidad de producción por día : 94.16666 metros por día
- Cantidad de horas trabajadas : 8 horas
- Cantidad de personas involucradas: 1 hombre

Luego de culminar el cálculo anterior se procede a analizar los costos directos unitarios.

Tabla 64. Análisis de precios unitarios de la actividad eliminación de excedente c/volquete.

Partida ELIMINACION DE EXCEDENTE C/EQUIPO						
Rendimiento	m/ Dia	MO. 94.166656	EQ. 94.16656	Costo por unidad por m: 5.64		
Descripción del Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>						
CAPATAZ	hh	1.000	0.0083	25.15	0.21	
OPERARIO	hh	2.000	0.08	20.96	3.35	
					0.00	
<b>Equipos</b>						
AGUA		m3	0.0012	5.68	0.01	
HERRAMIENTAS MANUALES CORTADORA DE PAVIMENTO CON DISCO	% MO		0.030	2.49	0.07	
	hm		0.08	25	2.00	

Fuente: Autoría propia.

Del análisis previo se obtiene que el precio real de la partida demolición de pavimento flexible es de 5.63 soles por metro lineal. Lo que significa que realizar el corte de pavimento en 1 metro lineal cuesta 5.63 soles, usando 1 capataz y 2 operarios, así como los porcentajes y cantidades de materiales indicados en el análisis.

### c.- Representación comparativa de precio por unidad verdadero y precio por unidad proyectado

De acuerdo a lo representado gráficamente el precio unitario de referencia (anexo 4) y el precio por unidad de *corte de pavimento rígido e=2"* (tabla 10).



Figura 56. Precio por unidad de eliminación de excedente c/equipo

Fuente: Autoría propia.

Se determina el costo unitario referencial de la actividad en 4.57 soles y el costo real de campo es de 5.63 soles, se evidencia un mayor costo en campo de lo esperado en el expediente, por lo que hay un sobre costo de 1.06 soles por metro línea de pavimento flexible cortado.

### Ocupación del tiempo

#### a.- Datos en campo (2da vez)

En este caso se procedió a determinar las actividades derivadas de la partida principal que se realizaron durante los días de ejecución, para ello se necesitó de la ficha técnica N° 2 y de validación de los expertos para tomar registro de cada 2 minutos del tiempo que emplean por cada sub actividad desencadenada por el corte de pavimento flexible. Se muestran los datos:

*Tabla 65. Utilización del tiempo por día de la actividad eliminación de excedente c/equipo.*

Día	Trabajo Contributorio	Trabajo No Contributorio	Trabajo productivo
01	25 %	29 %	46 %
02	8 %	23 %	69 %
03	13 %	27 %	60 %
04	15 %	31 %	54 %
05	15 %	31 %	54 %

*Fuente: Elaboración propia.*

#### b. Determinación de la utilización del tiempo

Para completar el proceso se debe tomar en cuenta el tiempo de las subactividades realizadas día a día, generando un lineamiento y tomando los siguientes datos:

- Promedio del trabajo productivo : 56 %
- Promedio de trabajo contributorio: 16%

- Promedio de trabajo no contributorio: 29%

Ya calculado lo anterior se procede a presentar lo obtenido en síntesis como la tabla siguiente

Tabla 66. Promedio de utilización del tiempo de eliminación de excedente c/equipo.

Día	Trabajo Contributorio	Trabajo No Contributorio	Trabajo productivo
Promedio	17 %	29 %	54 %

Fuente: Autoría propia.

En referencia a la tabla 12, se ha obtenido un global de la utilización del tiempo de los 6 días que dura la actividad analizada, por lo que cada tipo de trabajo tiene un porcentaje calculado, por ejemplo, el trabajo productivo es de 54%, el trabajo contributorio es de 17% y el trabajo no contributorio de 29%.

Luego se procede a representar gráficamente la tabla calculada, mostrando los tiempos de la actividad., que se aprecia en la figura 57.

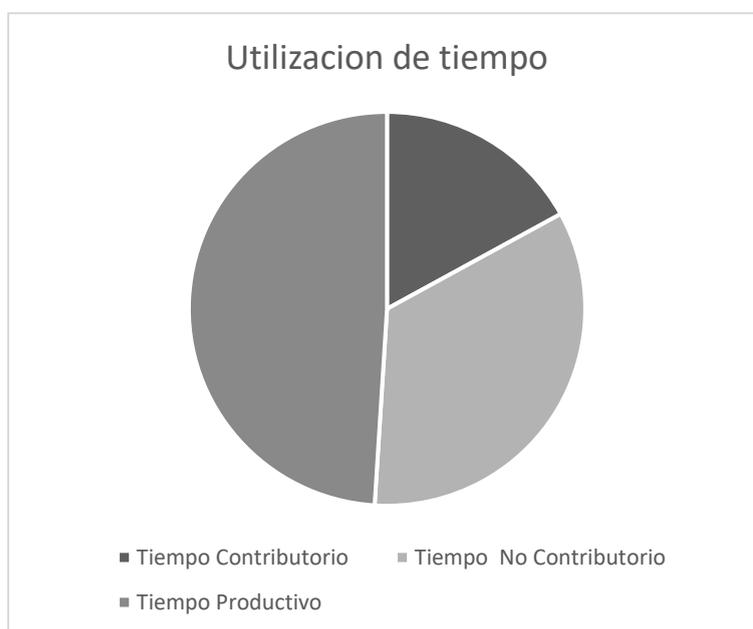


Figura 57. Promedio de utilización de tiempo de eliminación de excedente c/equipo.

Fuente: Elaboración propia.

En concordancia con los valores obtenidos del cálculo de utilización de tiempo se visualiza un total de 8 horas trabajadas que representan el 100% del tiempo ocupado, este tiempo se subdivide en tres categorías, las cuales tienen su propio porcentaje de utilización; el caso de

trabajo productivo es de 54% representando 4.3 horas, el trabajo contributorio tiene un 17% que representa 1.3 horas y finalmente el trabajo no contributorio con 29% que representa el 2.3 horas. Evidenciándose un porcentaje alto de trabajo no contributorio que debe ser optimizado para no generar ampliación de plazo ni sobrecostos.

### **Continuidad en el procedimiento constructivo**

#### **a.- Datos en campo (3ra vez)**

Es necesario utilizar la ficha técnica N° 3 para recolectar información que permita obtener una muestra de la realidad de campo por la actividad de corte de pavimento flexible, la cual registraría la operación, inspección, transporte, demoras y almacenamiento de la partida analizada. Esto serviría para la identificación de los puntos de quiebre donde no hay fluidez de trabajo o embotellamiento por las diferentes restricciones que se puedan encontrar. Para lo que se necesitaría una matriz de análisis de restricciones que permita dar solución y registro de los impedimentos de avance de la partida durante el tiempo ejecución de la tarea.

### **5.6.2. Identificación de restricciones y mejoramiento con Lean Construction**

#### **a.-Restricción de horario laborable**

Tomando como base los datos de la simulación Villego que fueron obtenidos con la ficha técnica N° 2, se procede a mostrar los datos de la misma en una tabla, que indican la utilización del tiempo de un operario en la jornada laboral de 8 horas.

*Tabla 67. Utilización del tiempo de operario en eliminación de excedente c/equipo.*

<b>Día</b>	<b>Trabajo Contributorio</b>	<b>Trabajo No Contributorio</b>	<b>Trabajo productivo</b>
<i>Op 1</i>	17 %	29 %	54 %

*Fuente: Autoría propia.*

Lo que se muestra en la tabla 13 indica que el operario usa su tiempo en tres categorías, la productiva con 54%, la contributaria con 17% y la no contributaria con 29%, que significa que de las ocho horas laborables del día, lo pierde en ese porcentaje no contributorio que

pueden ser diferentes actividades que agreguen valor a la partida como descanso prolongado, permiso para ir al baño, demora en el traslado de material, demora en el preparado de material, demora en la instalación del puesto de trabajo; lo cual afecta de manera directa a l trabajo productivo de la actividad desarrollada.

### 5.6.3. Después de la implementación de filosofía cero pérdidas

#### Productividad inicial

##### a. Datos de simulación (4ta vez)

Se refiere a la cantidad producida durante un día laboral que se registra con la ficha técnica N°1, que recopila la producción diaria, tiempo trabajado y la cantidad de personas involucradas en la actividad. Este resumen se muestra en la tabla 68.

Tabla 68. Cantidad producida optimizada con Lean Construction.

<b>Día</b>	<b>Producción (m)</b>	<b>Tiempo (Horas)</b>	<b>Cuadrilla (hombres)</b>	<b>Productividad</b>
06	97.12	6	1	16.19
07	93.00	6	1	15.5
08	91.00	6	1	15.17
09	91.07	6	1	15.18
10	95.00	6	1	15.83
11	94.00	6	1	15.67
12	90.00	6	1	15
13	98.00	6	1	16.33
14	91.00	6	1	15.17
15	96.00	6	1	16

Fuente: Elaboración propia.

## b. Determinación de la productividad inicial en el expediente

Para completar este proceso se debe determinar la cantidad producida por día de la actividad analizada, en este caso es la partida corte de pavimento flexible; del cual se extrajeron algunos datos como producción diaria, utilización del tiempo, cantidad de personas involucradas, mostradas en la siguiente tabla:

Tabla 69. Cantidad producida por día de la actividad eliminación de excedente c/equipo.

Día	Producción (m)	Tiempo	Cuadrilla	Productividad
		(Horas)	(hombres)	
06	97.12	6	1	16.19
07	93.00	6	1	15.5
08	91.00	6	1	15.17
09	91.07	6	1	15.18
10	95.00	6	1	15.83
11	94.00	6	1	15.67
12	90.00	6	1	15
13	98.00	6	1	16.33
14	91.00	6	1	15.17
15	96.00	6	1	16

Fuente: Elaboración propia.

## c. Determinación inicial de la productividad verdadera (PIV)

Es necesario calcular la producción diaria verdadera tomando como base la productividad inicial de la partida corte de pavimento flexible, para lo cual se tomarán los siguientes datos:

- Cantidad producida por día: 936.19 metros lineales

- Cantidad de horas trabajadas: 6 horas

- Cantidad de personas involucradas: 10 hombres

Se representará de manera sintetizada los cálculos obtenidos en la tabla 16.

Tabla 70. Promedio de la productividad de la actividad eliminación de excedente c/equipo.

Día	Producción (m)	Tiempo (horas)	Cuadrilla (hombres)	Productividad (m/hh)
06 al 15	936.19	6	10	15.60

Fuente: Elaboración propia.

La sinterización presentada en la tabla 16, indica lo realizado desde el día 6 al día 25 de la partida analizada, mostrando que se realizó 936.19 metros lineales de corte con una productividad eficiente de 15.6031 metros lineales por hora en un jornal.

#### **d. Varianza de la productividad verdadera**

Para calcular la varianza de la productividad en la partida corte de pavimento flexible es necesario tomar dato de varianza estándar de los producido diariamente y compararlo con la cantidad producida en el jornal.

- Varianza de productividad: 0.26 metros por hora.

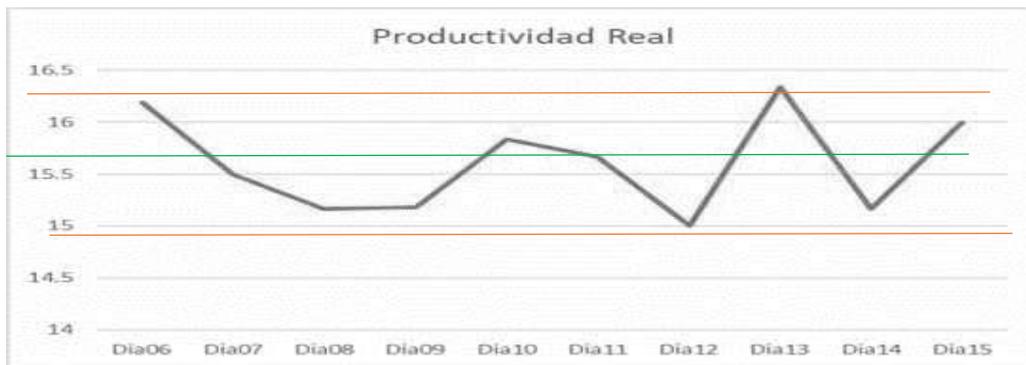
- Productividad verdadera: 15.60 metros por hora.

De acuerdo a lo calculado se representa de forma sintetizada en la representación por tabla, donde se muestra el cociente variable estándar de lo producido en un día laborable:

Por lo determinado en la tabla 17 se infiere que la varianza de productividad es de 1.3 metros por hora hombre y el coeficiente calculado se encuentra en 4.067%, que significa que 15 a 16.3 horas hombre varían entre los días trabajados en corte de pavimento flexible.

Luego se representa gráficamente lo obtenido en la tabla 17, que relaciona la producción referencial y la variabilidad básica de producción durante los días de duración de la actividad analizada.

Figura 58. Representación de la productividad de eliminación de excedente c/equipo.



Fuente: Autoría propia.

En concordancia con la figura 58, se ha representado la productividad real con relación a la varianza obtenida de la actividad, en cada día de desarrollo de la misma.

#### e. Proceso comparativo de las productividades antes y después de implementar la filosofía sin pérdidas.

Para determinar el comparativo, tomar como base la producción referencial y productividad de campo de la actividad analizada que en este caso es el corte de pavimento flexible, que se representa en la figura 18.

Figura 59. Varianza de las productividades de eliminación de excedente c/equipo.



Fuente: Elaboración propia.

Lo representado en el gráfico anterior, presenta una productividad base de 16.666 metros lineales por hora hombre y en el caso de la productividad real el valor es de 15.6031 metros por hora hombre. Lo que significa que durante la jornada laboral se puede avanzar de manera planificada 16.666 metros en una hora, mientras que en campo o desarrollo constructivo de la

partida se completan 15.6031 metros, generando un déficit de 1 metro menos por hora. Esto afectaría de manera directa a la duración de ejecución de la partida y el costo final de la misma.

#### **f. Determinación del índice de productividad verdadero**

Este cálculo requiere de la productividad base, así como de la productividad diaria de la actividad de corte de pavimento flexible de e=2", que se puede obtener datos de la tabla 5, de la cual se va a utilizar los datos como productividad inicial, productividad verdadera respectivamente. Por lo que se sintetizara lo obtenido en la tabla 71.

*Tabla 71. Cálculo de índice diario de lo producido en eliminación de excedente c/equipo.*

<b>Día</b>	<b>Productividad real(hh/m)</b>	<b>Productividad base(hh/m)</b>	<b>IP</b>
06	16.19	16.67	0.97
07	15.5	16.67	0.93
08	15.17	16.67	0.91
09	15.18	16.67	0.91
10	15.83	16.67	0.95
11	15.67	16.67	0.94
12	15	16.67	0.90
13	16.33	16.67	0.98
14	15.17	16.67	0.91
15	16	16.67	0.96

*Fuente: Elaboración propia.*

#### **g. Representación gráfica del índice**

La representación del índice de productividad de la actividad analizada, en este caso la partida corte de pavimento rígido que tiene datos calculados y mostrados en la tabla 17 y cumpliendo con las condiciones de la productividad en la que en el caso que índice sea igual a uno.

Figure 60. Representación del índice de productividad de eliminación de excedente c/equipo.



Fuente: Autoría propia.

En la representación gráfica se presenta la duración de la actividad analizada que fueron 9 días, tomados en cuenta desde el día 6 hasta el día 15, relacionado estos con el índice de productividad de la partida corte e pavimento flexible; además de las condiciones restrictivas que se da cuando el índice es menor a uno, quiere decir que la productividad base es mayor a la productividad real por lo que se determina que la productividad global es baja en esta partida.

### **Análisis de precios unitarios**

#### **a. Determinación de la cantidad producida por día**

Para el cálculo de la cantidad producida en un día laborable, es necesario tomar los datos de la tabla 16, de la cual se tomarán los siguientes datos:

- Productividad verdadera: 15.60 metros por hora hombre.
- Cantidad de horas trabajadas: 6 horas
- Cantidad de personas involucradas: 1 persona

Por lo que se sintetiza los cálculos realizados en la tabla 72.

Tabla 72. Producción por día trabajado de demolición de pavimento flexible.

Día	Producción (m)	Tiempo (horas)	Cuadrilla (hombres)	Avance diario (m/hh)
06 al 15	15.60	6	10	93.619

Fuente: Elaboración propia.

### b. Proceso de análisis de precios por unidad verdadero.

Se realizará de la actividad analizada, en este caso la partida corte de pavimento flexible e=2” tomará los datos de la tabla 18 y determinará lo siguiente:

- Producción por día laborable: 93.619 m/hh
- Cantidad de horas trabajadas: 6 horas
- Cantidad de personas involucradas: 1 hombre

Figura 61. Determinación de precios unitarios de eliminación de excedente c/equipo.

Partida ELIMINACION DE EXCEDENTE C/EQUIPO						
Rendimiento	m/ Dia	MO. 94.166656	EQ. 94.16656	Costo por unidad por m:		5.64
Descripción del Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>						
CAPATAZ	hh	1.000	0.0083	25.15	0.21	
OPERARIO	hh	2.000	0.08	20.96	3.35	
					0.00	
<b>Equipos</b>						
AGUA		m3	0.0012	5.68	0.01	
HERRAMIENTAS MANUALES	% MO		0.030	2.49	0.07	
CORTADORA DE PAVIMENTO						
CON DISCO	hm		0.08	25	2.00	

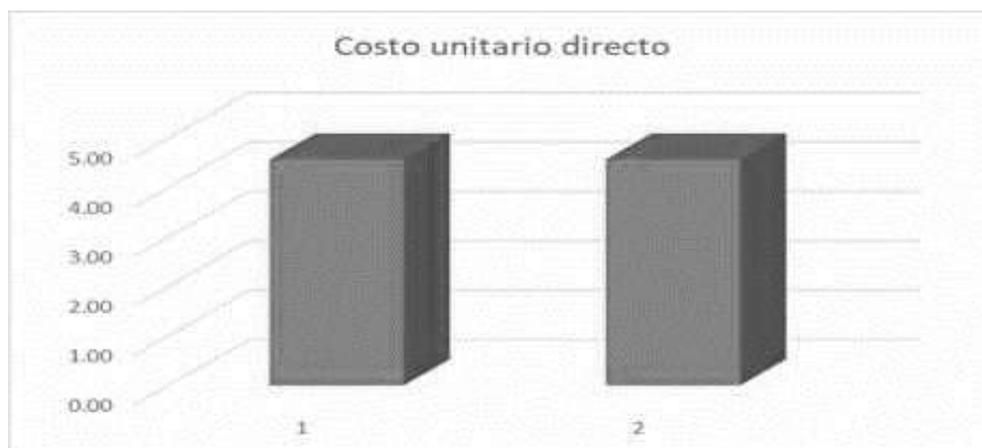
Fuente: Elaboración propia.

En la representación gráfica de los precios unitarios se presenta la mano de obra a utilizar, los equipos, maquinaria y herramientas posibles a usar en la actividad por construir, indicando el costo individual y global de la partida, en este caso la partida tiene un costo de 4.57 soles por metro lineal de corte de pavimento flexible.

### c. Proceso comparativo de productividad inicial y productividad verdadera

Para la representación gráfica de la comparación de ambas productividades se debe tomar datos relevantes de la tabla 16 y tabla 17, las cuales muestran la productividad base y la productividad real respectivamente.

Figura 62. Costos por unidad de a actividad eliminación de excedente c/equipo.



*Fuente: Autoría propia.*

En relación con el gráfico, se visualiza el precio referencial es 4.57 soles y precio real es 4.57 soles. Quiere decir que el expediente de referencia al cortar 1 m de pavimento flexible debe tener un costo de 4.57 soles y en la ejecución de la partida el costo es el mismo. Entonces el precio por unidad real es igual que el precio por unitario de campo, se mantiene el costo.

### Utilización del tiempo

#### a. Datos recolectados por simulación.

Es necesario utilizar la ficha técnica N°2 que permite recolectar datos como el tipo de trabajo realidad por las personas involucradas en la actividad analizada, para luego sintetizarla en la tabla 73.

Tabla 73. Utilización del tiempo para la actividad eliminación de excedente c/equipo.

<b>Día</b>	<b>Trabajo Contributorio</b>	<b>Trabajo No Contributorio</b>	<b>Trabajo Productivo</b>
06	17 %	33 %	51 %
07	18 %	36 %	46 %
08	18 %	35 %	48 %
09	17 %	34 %	48 %
10	17 %	34 %	49 %
11	17 %	34 %	49 %

Fuente: Elaboración propia.

#### **b. Determinación del uso de tiempo en la actividad**

Este paso requiere los datos de ocupación de tiempo por día en la partida corte de pavimento flexible e=2", que se encuentra en la tabla 19. Tomados desde el 6 al día 11, teniendo una muestra de 5 días trabajados.

- % Promedio de trabajo productivo: 49%
- % Promedio de trabajo contributorio: 17%
- % Promedio de trabajo no contributorio: 34%

Para lograr presentar los datos obtenidos se procede a resumirlo en la tabla 74.

Tabla 74. Utilización del tiempo de operario en demolición de pavimento flexible.

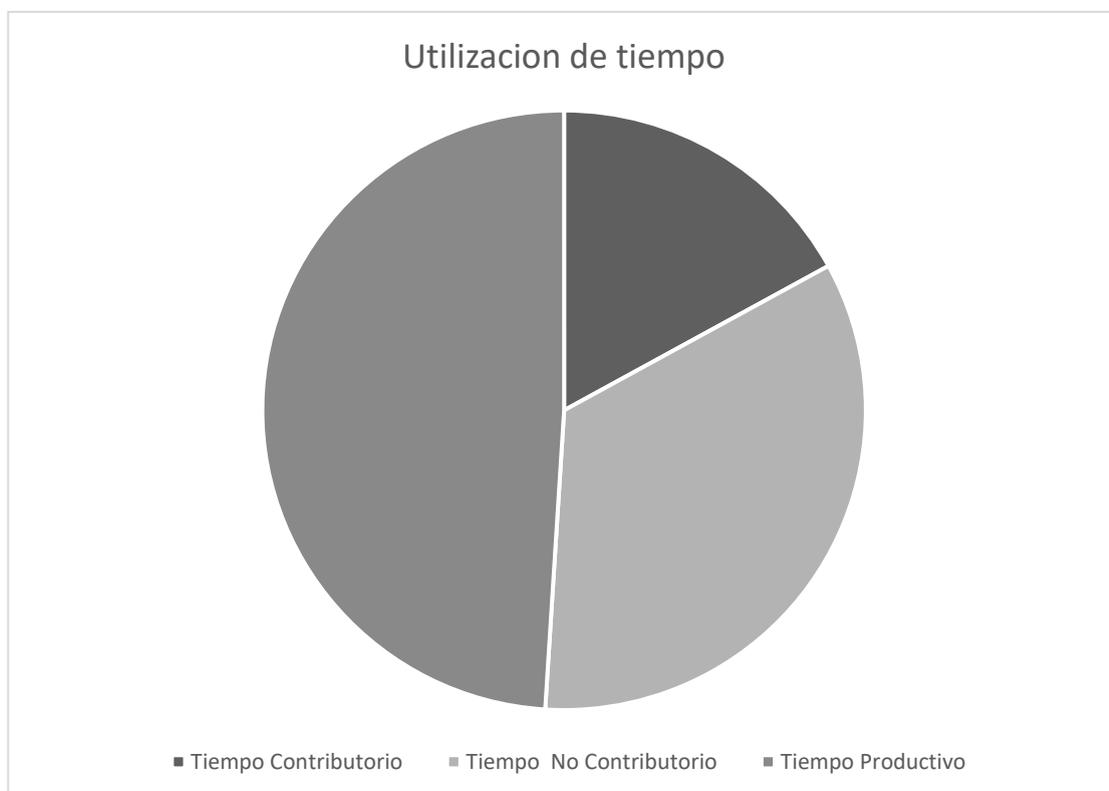
<b>Día</b>	<b>Trabajo Contributorio</b>	<b>Trabajo No Contributorio</b>	<b>Trabajo Productivo</b>
Op 1	17 %	34 %	49 %

Fuente: Elaboración propia.

Los datos obtenidos del cálculo del tiempo utilizado por el operario Op 1 se subdivide en tres categorías, que son la productiva, contributoria y no contributoria, que tiene porcentaje asignados en la ficha técnica empleada, siendo los valores los siguiente; 17% el contributorio, 34% no contributorio y 49% de productivo.

Se representa gráficamente la utilización del tiempo de *corte de pavimento flexible e=2''* (tabla 21).

*Figure 63. Utilización de tiempo por operario en eliminación de excedente c/equipo.*



*Fuente: Elaboración propia.*

Durante la representación gráfica de los resultados obtenidos por el cálculo del tiempo utilizado en una jornada de trabajo se determinó que el operario OP1 tuvo 49% de trabajo productivo representado en 2.94 horas, 17% de trabajo contributorio con 1.02 horas y finalmente 34% representado por 2.04 horas, infiriendo que se tiene mucho tiempo perdido.

## Proceso comparativo de las productividades después de implementar Lean

### Construction

#### a. Productividad inicial

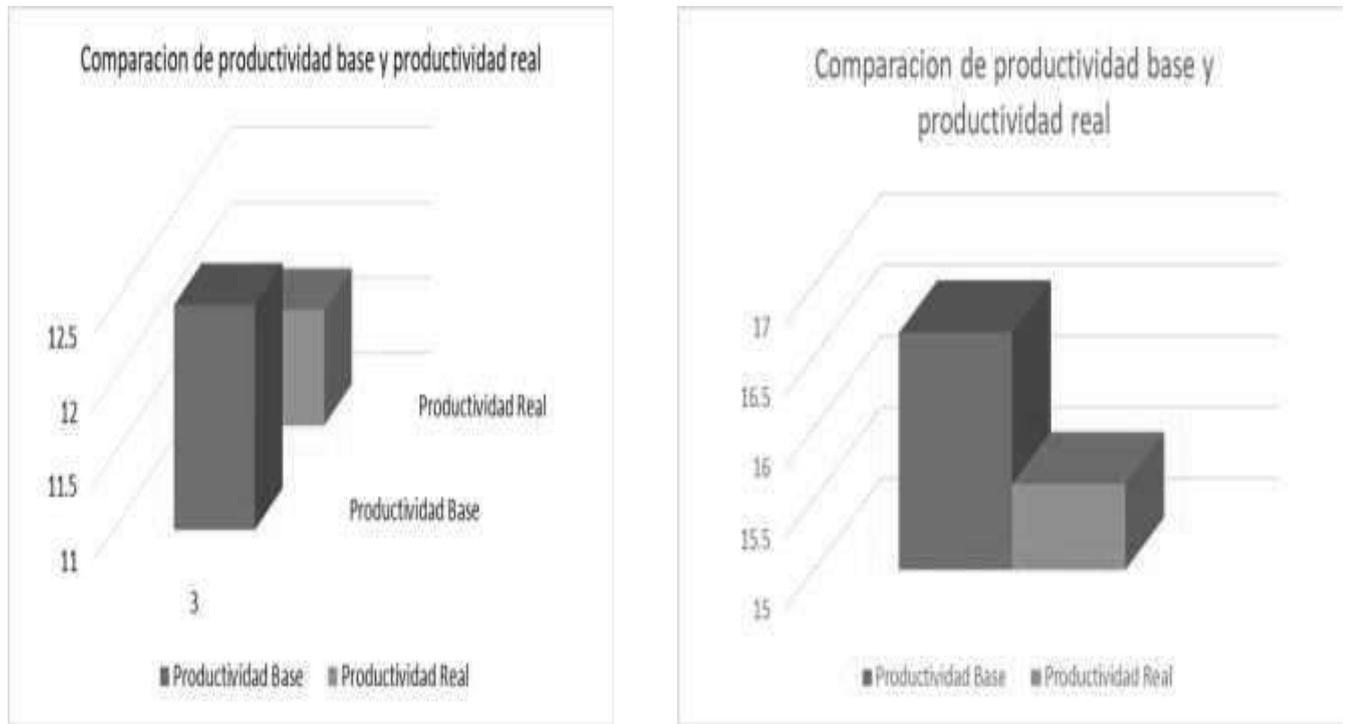


Figura 64. Comparativa de productividades en eliminación de excedente c/equipo.

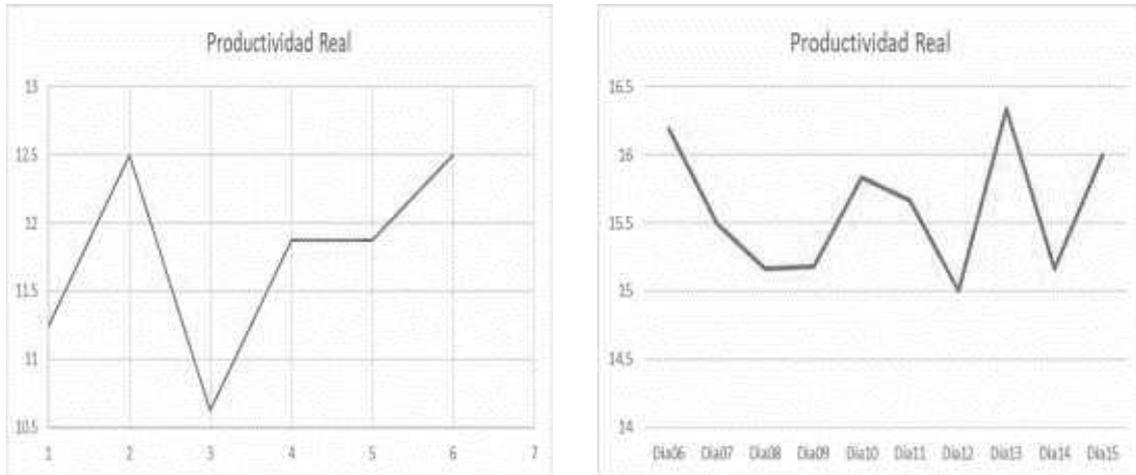
Fuente: Autoría propia.

De acuerdo a lo mostrado en la figura 23, se visualiza que previo a la implementación de la Filosofía Sin Pérdidas la productividad base es 11.5 metros por hora hombre y después de la implementación de la misma, esta productividad se incrementó en 15.5 metros por hora hombre. Lo que significa que la actividad analizada tiene una cantidad de personas involucradas en un jornal laboral realizando el corte de pavimento con sus respectivos rendimientos, indicando una mejora de 4 metros por hora hombre, Por lo que deduce que se logró optimizar esta partida.

## b. Varianza de la productividad verdadera

Figura 65. Comparativa de la productividad verdadera de la eliminación de excedente.

Fuente: Autoría propia.



En la representación de la varianza de la figura 65, se visualiza el cambio optimizador de las productividades reales es de 0.0620732 metros por hora hombre; además de calcular un coeficiente de 6.21%, estos datos se obtuvieron antes de la implementación de la filosofía Posteriormente a la implementación se realizan nuevos cálculos determinando que la varianza es de 0.2609 metros por hora hombre y el coeficiente de 26.092%. Lo que se puede deducir que las personas involucradas en la actividad de corte de pavimento flexible mantienen avance constante, es por ello que la varianza es estable.

## c. Índice de la Productividad

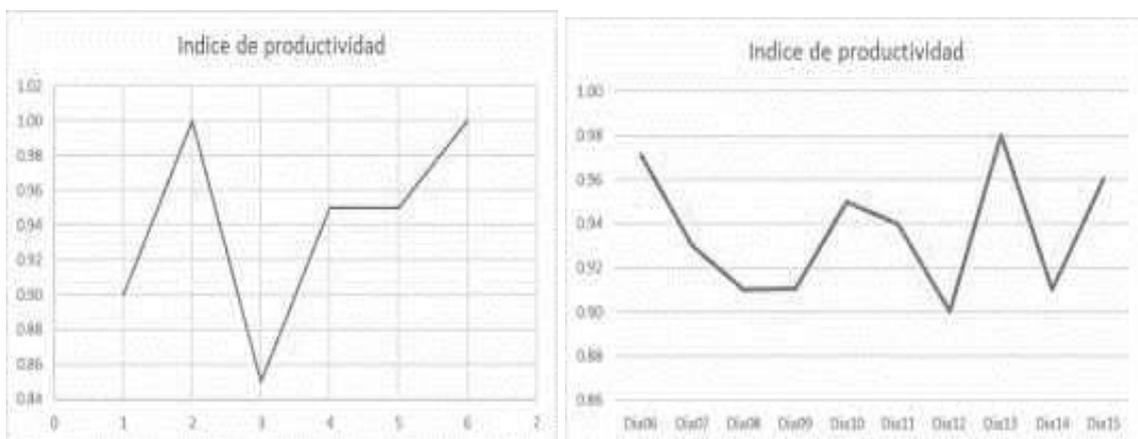


Figura 66. Representación de la comparación de los índices de eliminación de excedente.

Fuente: Autoría propia.

## Análisis de precios unitarios

### a. Costo por unidad.

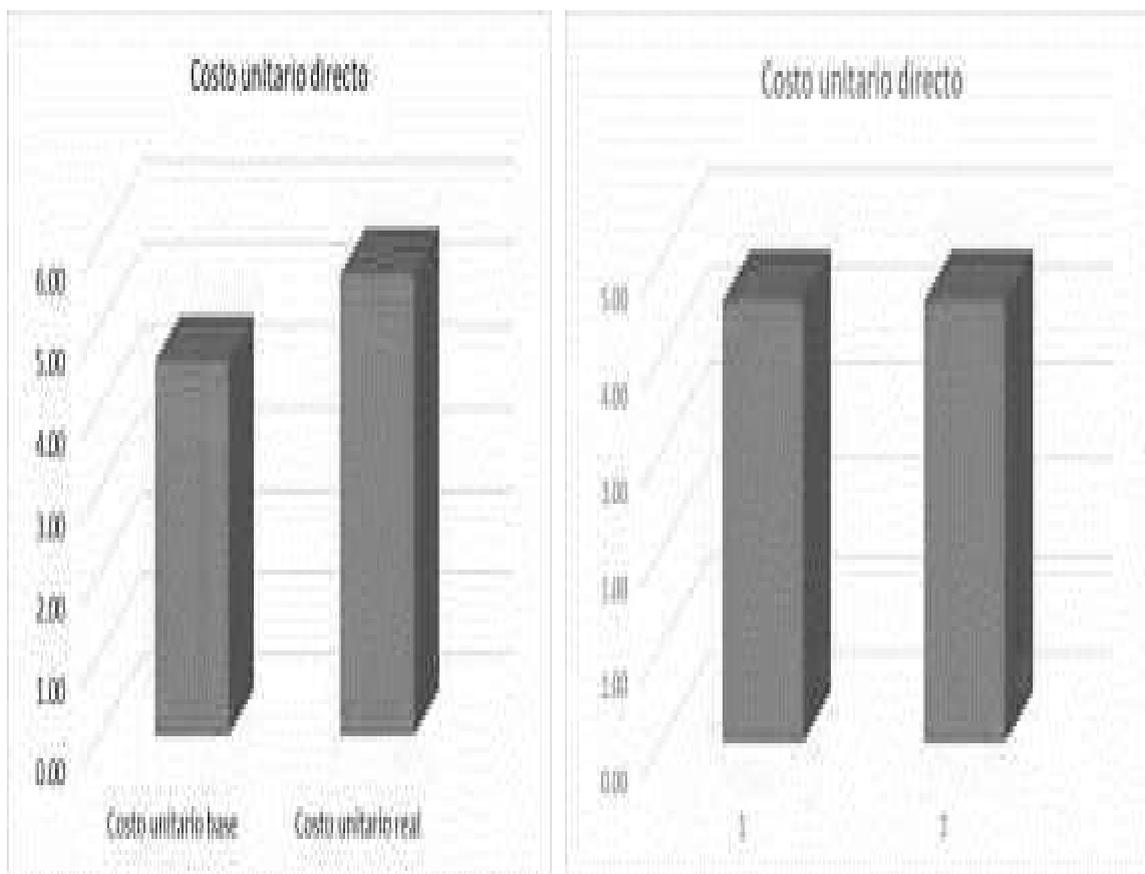


Figura 67. Representación gráfica de costo por unidad antes de Lean C y después de aplicarlo.

Fuente: Elaboración propia.

Para la representación 26, es bastante claro que el costo unitario calculado para la partida antes de aplicar la Filosofía Cero Pérdidas es de 5.63 soles y posteriormente a su implementación se indica el valor de 4.57 soles. Lo que significa que en la partida *corte de pavimento flexible e=2"* realizar la tarea tuvo un costo de 5.63 soles por metro de pavimento flexible y al momento de la mejora este costo se reduce a 4.57 soles, por tanto, el costo se ha reducido en 0.06 soles por metro de pavimento flexible.

## Utilización de tiempo de actividad

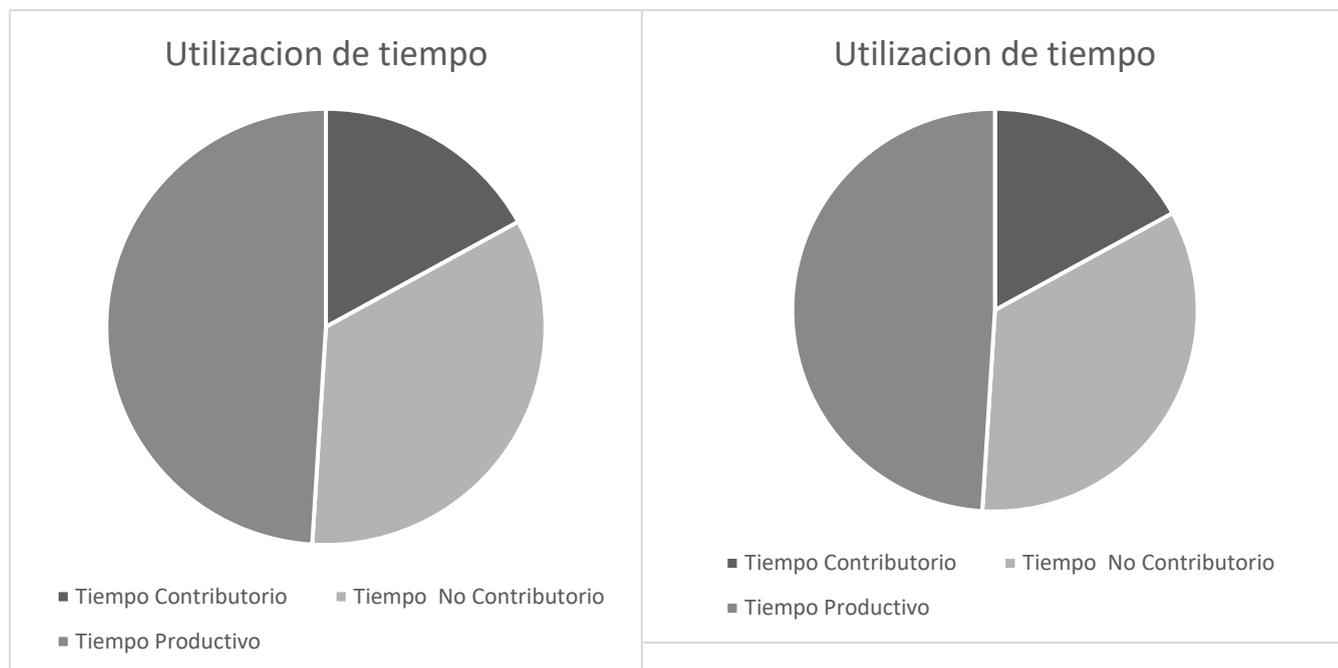


Figura 68. Representación gráfica de la utilización de tiempo para la actividad.

Fuente: Elaboración propia.

Para la representación de la figura 27, se puede visualizar que en la actividad de corte de pavimento flexible de e=2", los tiempos son de tres tipos, productivo con 43 %, el contributorio con 38% y finalmente el no contributorio con 19% de toda la jornada laboral, estos valores fueron obtenidos antes de la implementación de la nueva metodología; luego de aplicar Lean se calculan nuevos datos, que son los siguiente; trabajo productivo con 49%, trabajo contributorio con 34% y finalmente el trabajo no contributorio con 1%.

### 5.7. Análisis de resultados de la partida excavación a nivel de subrasante.

#### 5.7.1. Antes de implementar la filosofía

##### Productividad calculada

##### a.- Determinación de la productividad inicial.

El cálculo de esta productividad inicial se da con el uso de los precios unitarios de la partida mencionada, de la cual se obtuvo los datos siguientes:

- Cantidad de avance por día: 100 metros

- Tiempo de trabajo por día: 6 horas
- Cantidad de personas en la actividad: 2 personas

Con esta información se procede a sintetizar y calcular lo necesario presentado en la tabla.

*Tabla 75. Productividad inicial de excavación a nivel de subrasante.*

<b>Partida</b>	<b>Producción (m)</b>	<b>Jornada (horas)</b>	<b>Cuadrilla (hombres)</b>	<b>Productividad (m/hh)</b>
<i>Corte de pavimento flexible</i>	100.00	8.00	1.00	12.5

*Fuente: Elaboración propia.*

Se indica que se trabajó con productividad de 12.5 metros por hora hombre, que de acuerdo al expediente base es óptimo el corte mínimo de 12.5 metros lineales de pavimento flexible en una hora utilizando una persona en la actividad.

#### **b.- Datos en campo.**

Se registró la cantidad producida por día con la ficha técnica N° 1 (anexo 5), así como también la cantidad de personas que se involucraron, desde el inicio hasta el final de la actividad, esta fue de 5 días.

*Tabla 76. Días trabajados de la partida en excavación a nivel de subrasante.*

<b>Día</b>	<b>Producción (m)</b>	<b>Tiempo (Horas)</b>	<b>Cuadrilla (hombres)</b>
01	90.00	8.00	1.00
02	100.00	8.00	1.00
03	85.00	8.00	1.00
04	95.00	8.00	1.00
05	95.00	8.00	1.00
06	100.00	8.00	1.00

*Fuente: Elaboración propia.*

### c.- Determinación inicial de la productividad verdadera

Este proceso se obtiene de los datos de la tabla 4 y colocando la producción, el tiempo empleado en la actividad, la cantidad de personas involucrada y finalmente se calcula lo que se produjo en metros lineales por hora.

Tabla 77. Cantidad producida en partida excavación a nivel de subrasante.

Día	Producción (m)	Tiempo (Horas)	Cuadrilla (hombres)	Productividad (m/hh)
01	90.00	8.00	1.00	11.25
02	100.00	8.00	1.00	12.5
03	85.00	8.00	1.00	10.63
04	95.00	8.00	1.00	11.88
05	95.00	8.00	1.00	11.88
06	100.00	8.00	1.00	12.5

Fuente: Elaboración propia.

### d.- Determinación de la productividad para análisis

Para este proceso se obtienen datos de la cantidad producida por día en la partida demolición de pavimento flexible, para lo cual se resume los siguientes ítems:

- Productividad total: 565 metros
- Cantidad de horas trabajadas: 8 horas
- Cantidad de personas involucradas en la actividad: 6 hombres

Tabla 78. Productividad para análisis de partida excavación a nivel de subrasante.

Día	Producción (m)	Tiempo (Horas)	Cuadrilla (hombres)	Productividad (m/hh)
01 al 06	565.00	8.00	6.00	11.77

Fuente: Elaboración propia.

El resultado indica que en los días laborados (6 días) se realizó el corte de 11.770833 metros de pavimento flexible en una hora por persona durante una jornada de trabajo de 8 horas.

### e- Calculo de la varianza en la productividad verdadera

Este paso se determina mediante la varianza de la partida analizada, para lo cual se extrajo lo siguiente:

- Varianza estándar : 0.0620732 metros por hora hombre
- Productividad verdadera : 11.770833 metros por hora hombre

En lo representado por la tabla se indica el cociente variable de productividad.

Tabla 79. Varianza en productividad de partida excavación a nivel de subrasante.

Día	Desviación Estándar (m/hh)	Promedio (m/hh)	Coef. De variación (%)
01 al 06	0.06	11.77	6.21

Fuente: Autoría propia.

De acuerdo a lo representado por la producción verdadera y se calcula la varianza que es 0.0620732 metros por hora hombre, además se obtuvo un coeficiente final de 6.20% de la misma partida. El gráfico indica de manera visual lo presentado en la tabla 7, relacionando en el eje vertical los rangos de la variación estándar y en el eje horizontal los valores obtenidos en cada día de análisis de la actividad corte de pavimento flexible.

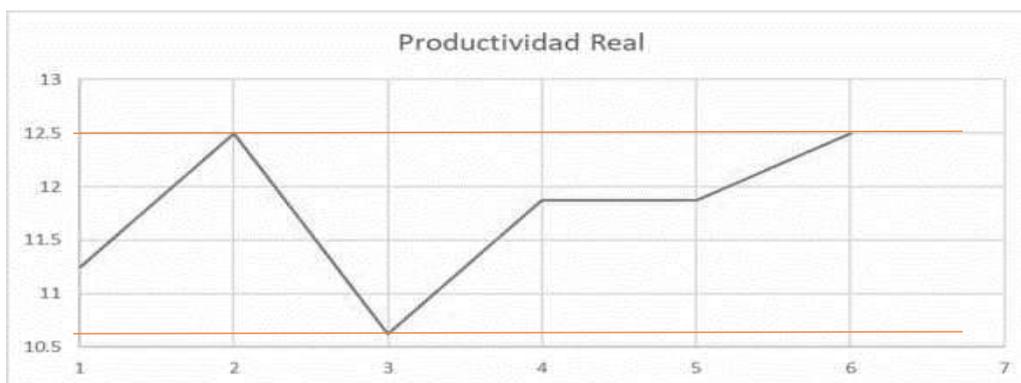


Figura 69. Comparación de rangos de variación estándar y valor diario de varianza.

Fuente: Autoría propia.

Con referencia al gráfico 12, se indica que la producción referencial de la actividad real de la partida corte de pavimento rígido e=2” en el segundo día es 12.5 metros por hora hombre, que alcanza el tope el cual alcanza el tope mínimo del rango de la variabilidad productiva.

**f- Proceso comparativo de productividades antes y después de implementar la filosofía sin pérdidas.**

Se presenta la comparación de las productividades verdaderas vs productividades iniciales de la actividad corte de pavimento rígido.



*Figura 70. Comparación de productividades en actividad.*

*Fuente: Autoría propia.*

De acuerdo a lo representado en el gráfico 13, inferimos que la producción referencial de la actividad es de 12.5 metros por hora hombre, mientras que la productividad real de la misma es de 11.7708 metros por hora hombre; esto quiere decir que lo que se esperaba realmente de acuerdo al documento contractual es de 12,5 pero en la ejecución real o en campo se obtuvo un valor de 11.7708, esto hace una diferencia de 0.28 metros menos. Lo que nos indica que en esta actividad existe productividad baja debido a diferentes motivos.

**g- Determinación del índice de la cantidad efectiva de producción**

En este proceso se debe calcular lo efectivo que debe ser lo producido por el personal involucrado en la partida corte de pavimento flexible, durante los días que dure la misma actividad, que en este caso son 6 días. Los datos necesarios para este cálculo son la productividad inicial y la productividad verdadera para poder compararlos por día efectivo y

generar la relación entre ambas cantidades de manera que se evidencie si existen valores positivos o negativos en el análisis.

Tabla 80. Cantidad efectiva de producción de la actividad a nivel de subrasante.

Día	Productividad	Productividad	
	real(hh/m)	base(hh/m)	
01	11.25	12.5	0.90
02	12.5	12.5	1.00
03	10.625	12.5	0.85
04	11.875	12.5	0.95
05	11.875	12.5	0.95
06	12.5	12.5	1.00

Fuente: Elaboración propia.

### h.- Representación del índice

Se representará el índice obtenido en el paso anterior, lo cual indica de manera visual la variación de los índices de productividad e cada día desarrollados en la actividad analizada.



Figura 71. Representación de los índices de los días trabajados en la actividad.

Fuente: Autoría propia.

De acuerdo al análisis de productividades de actividades, si el índice obtenido es igual a 1, esto quiere decir que lo esperado en el avance es igual a lo producido en el campo, por lo que no hay productividad baja ni alta, es un estado normal o estable.

### **Análisis de costos unitarios**

#### **a.- Determinación de la cantidad producida por día**

Se procede a determinar lo que se produce en el día a día de la actividad, para lo cual se extrae lo siguiente

- Productividad verdadera : 11.7708 metros
- Cantidad de horas trabajadas : 8 horas
- Cantidad de personas involucradas: 1 persona

Por consiguiente, se presenta la tabla donde se indica el avance diario

*Tabla 81. Cantidad global de producción en excavación a nivel de subrasante.*

<b>Día</b>	<b>Productividad real(hh/m)</b>	<b>Productividad base(hh/m)</b>	<b>IP</b>	
01 al 06	11.771	8	1	94.17

*Fuente: Elaboración propia.*

#### **b.- Proceso de análisis de precio unitario verdadero**

En este caso se indica los costos de manera detallada con la mano de obra, equipos, maquinaria y herramientas en la partida demolición de pavimento rígido.

- Cantidad de producción por día : 94.16666 metros por día
- Cantidad de horas trabajadas : 8 horas
- Cantidad de personas involucradas: 1 hombre

Luego de culminar el cálculo anterior se procede a analizar los costos directos unitarios.

Tabla 82. Análisis de precios unitarios de la actividad excavación.

EXCAVACION A NIVEL DE SUBRASANTE						
Partida					Costo unitario	
Rendimiento	m/ Dia	MO. 94.166656	EQ. 94.16656	directo por m:		5.64
Descripción del Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>						
CAPATAZ	hh	1.000	0.0083	25.15	0.21	
OPERARIO	hh	2.000	0.08	20.96	3.35	
					0.00	
<b>Equipos</b>						
AGUA		m3	0.0012	5.68	0.01	
HERRAMIENTAS MANUALES	% MO		0.030	2.49	0.07	
CORTADORA DE PAVIMENTO						
CON DISCO	hm		0.08	25	2.00	

Fuente: Autoría propia.

Del análisis previo se obtiene que el precio real de la partida demolición de pavimento flexible es de 5.63 soles por metro lineal. Lo que significa que realizar el corte de pavimento en 1 metro lineal cuesta 5.63 soles, usando 1 capataz y 2 operarios, así como los porcentajes y cantidades de materiales indicados en el análisis.

### c.- Representación comparativa de costo por unidad verdadero y costo unitario proyectado

En el grafico siguiente se observa que el precio de referencia (anexo 4) y el costo unitario real de excavación a nivel de subrasante (tabla 10).



Figura 72. Precio por unidad de la partida excavación a nivel de subrasante.

Fuente: Autoría propia.

De acuerdo a lo representado en la figura 15, se determina el costo unitario básico de la actividad en 4.57 soles y el costo real de campo es de 5.63 soles, se evidencia un mayor

costo en campo de lo esperado en el expediente, por lo que hay un sobre costo de 1.06 soles por metro línea de pavimento flexible cortado.

### Ocupación del tiempo

#### a.- Datos en campo (2da vez)

En este caso se procedió a determinar las actividades derivadas de la partida principal que se realizaron durante los días de ejecución, para ello se necesitó de la ficha técnica N° 2 y de validación de los expertos para tomar registro de cada 2 minutos del tiempo que emplean por cada sub actividad desencadenada por el corte de pavimento flexible. En la tabla 11 se muestran los datos obtenidos:

Tabla 83. Utilización del tiempo por día de la actividad excavación a nivel de subrasante.

Día	Trabajo Contributorio	Trabajo No Contributorio	Trabajo productivo
01	25 %	29 %	46 %
02	8 %	23 %	69 %
03	13 %	27 %	60 %
04	15 %	31 %	54 %
05	15 %	31 %	54 %

Fuente: Elaboración propia

#### b. Determinación de la utilización del tiempo

Para completar el proceso se debe tomar en cuenta el tiempo de las subactividades realizadas día a día, generando un lineamiento y tomando los siguientes datos:

- Promedio del trabajo productivo : 56 %
- Promedio de trabajo contributorio: 16%
- Promedio de trabajo no contributorio: 29%

Ya calculado lo anterior se procede a presentar lo obtenido en síntesis como la tabla siguiente

Tabla 84. Promedio de utilización del tiempo de excavación a nivel de subrasante.

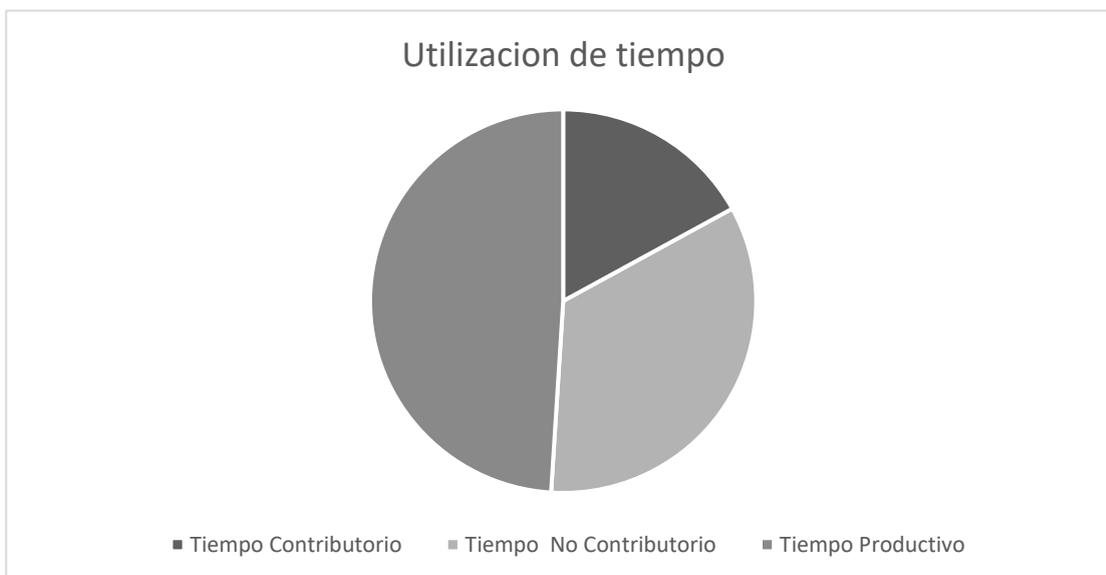
Día	Trabajo Contributorio	Trabajo No Contributorio	Trabajo productivo
Promedio	17 %	29 %	54 %

Fuente: Autoría propia.

En relación al grafico 84, se ha obtenido un global de la utilización del tiempo de los 6 días que dura la actividad analizada, por lo que cada tipo de trabajo tiene un porcentaje calculado, por ejemplo, el trabajo productivo es de 54%, el trabajo contributorio es de 17% y el trabajo no contributorio de 29%.

Luego se procede a representar gráficamente la tabla calculada, mostrando los tiempos de la actividad., que se aprecia en la figura 73.

Figura 73. Promedio de utilización de tiempo de la actividad.



Fuente: Autoría propia.

En concordancia con los valores obtenidos del cálculo de utilización de tiempo se visualiza un total de 8 horas trabajadas que representan el 100% del tiempo ocupado, este tiempo se subdivide en tres categorías, las cuales tienen su propio porcentaje de utilización; el caso de trabajo productivo es de 54% representando 4.3 horas, el trabajo contributorio tiene un 17% que representa 1.3 horas y finalmente el trabajo no contributorio con 29% que representa el

2.3 horas. Evidenciándose un porcentaje alto de trabajo no contributorio que debe ser optimizado para no generar ampliación de plazo ni sobrecostos.

### **Continuidad en el procedimiento constructivo**

#### **a.- Datos en campo (3ra vez)**

Es necesario utilizar la ficha técnica N° 3 para recolectar información que permita obtener una muestra de la realidad de campo por la actividad de corte de pavimento flexible, la cual registraría la operación, inspección, transporte, demoras y almacenamiento de la partida analizada. Esto serviría para la identificación de los puntos de quiebre donde no hay fluidez de trabajo o embotellamiento por las diferentes restricciones que se puedan encontrar. Para lo que se necesitaría una matriz de análisis de restricciones que permita dar solución y registro de los impedimentos de avance de la partida durante el tiempo ejecución de la tarea.

### **5.7.2. Identificación de restricciones y mejoramiento con Lean Construction**

#### **a.-Restricción de horario laborable**

Tomando como base los datos que fueron obtenidos con la ficha técnica N° 2, se procede a mostrar los datos de la misma en una tabla, que indican la utilización del tiempo de un operario en la jornada laboral de 8 horas.

*Tabla 85. Utilización del tiempo de operario en excavación a nivel de subrasante.*

<b>Día</b>	<b>Trabajo Contributorio</b>	<b>Trabajo No Contributorio</b>	<b>Trabajo productivo</b>
<i>Op 1</i>	17 %	29 %	54 %

*Fuente: Elaboración propia.*

Lo que se muestra en la tabla 13 indica que el operario usa su tiempo en tres categorías, la productiva con 54%, la contributaria con 17% y la no contributaria con 29%, que significa que de las ocho horas laborables del día, lo pierde en ese porcentaje no contributorio que pueden ser diferentes actividades que agreguen valor a la partida como descanso prolongado, permiso para ir al baño, demora en el traslado de material, demora en el preparado de material,

demora en la instalación del puesto de trabajo, etc; lo cual afecta de manera directa a l trabajo productivo de la actividad desarrollada.

### 5.7.3. Después de la implementación de filosofía cero pérdidas

#### Productividad inicial

##### a. Datos de simulación (4ta vez)

Se refiere a la cantidad producida durante un día laboral que se registra con la ficha técnica N°1, que recopila la producción diaria, tiempo trabajado y la cantidad de personas involucradas en la actividad. Este resumen se muestra en la tabla 14.

Tabla 86. Cantidad producida optimizada con Lean Construction.

Día	Producción (m)	Tiempo (Horas)	Cuadrilla (hombres)	Productividad
06	97.12	6	1	16.19
07	93.00	6	1	15.5
08	91.00	6	1	15.17
09	91.07	6	1	15.18
10	95.00	6	1	15.83
11	94.00	6	1	15.67
12	90.00	6	1	15
13	98.00	6	1	16.33
14	91.00	6	1	15.17
15	96.00	6	1	16

Fuente: Elaboración propia.

## **b. Determinación de la productividad inicial en el expediente**

Para completar este proceso se debe determinar la cantidad producida por día de la actividad analizada, en este caso es la partida corte de pavimento flexible; del cual se extrajeron algunos datos como producción diaria, utilización del tiempo, cantidad de personas involucradas, mostradas en la siguiente tabla:

*Tabla 87. Cantidad producida por día de la actividad excavación a nivel de subrasante.*

<b>Día</b>	<b>Producción (m)</b>	<b>Tiempo (Horas)</b>	<b>Cuadrilla (hombres)</b>	<b>Productividad</b>
06	97.12	6	1	16.19
07	93.00	6	1	15.5
08	91.00	6	1	15.17
09	91.07	6	1	15.18
10	95.00	6	1	15.83
11	94.00	6	1	15.67
12	90.00	6	1	15
13	98.00	6	1	16.33
14	91.00	6	1	15.17
15	96.00	6	1	16

*Fuente: Elaboración propia.*

## **c. Determinación inicial de la productividad verdadera (PIV)**

Es necesario calcular la producción diaria verdadera tomando como base la productividad inicial de la partida corte de pavimento flexible, para lo cual se tomarán los siguientes datos:

- Cantidad producida por día: 936.19 metros lineales

- Cantidad de horas trabajadas: 6 horas
- Cantidad de personas involucradas: 10 hombres

Se representará de manera sintetizada los cálculos obtenidos en la tabla 88.

*Tabla 88. Promedio de la productividad de la actividad excavación a nivel de subrasante.*

Día	Promedio (m)	Tiempo (horas)	Cuadrilla (H)	Productividad
06 al 15	936.19	6	10	15.60

*Fuente: Elaboración propia.*

La sinterización presentada en la tabla 16, indica lo realizado desde el día 6 al día 25 de la partida analizada, mostrando que se realizó 936.19 metros lineales de corte con una productividad eficiente de 15.6031 metros lineales por hora en un jornal.

#### **d. Varianza de la productividad verdadera**

Para calcular la varianza de la productividad en la partida corte de pavimento flexible es necesario tomar dato de varianza estándar de los producido diariamente y compararlo con la cantidad producida en el jornal.

- Varianza de productividad: 0.2609 metros por hora.
- Productividad verdadera: 15.6031 metros por hora.

De acuerdo a lo calculado se representa de forma sintetizada en una tabla, donde se muestra el cociente variable estándar de lo producido en un día laborable:

Por lo determinado en la tabla 17 se infiere que la varianza de productividad es de 1.3 metros por hora hombre y el coeficiente calculado se encuentra en 4.067%, que significa que 15 a 16.3 horas hombre varían entre los días trabajados en corte de pavimento flexible.

Luego se representa gráficamente lo obtenido en la tabla 17, que relaciona la producción referencial y la variabilidad de la producción durante los días de duración de la actividad analizada.

Figura 74. Representación de la productividad de excavación a nivel de subrasante.



Fuente: Autoría propia.

En concordancia con el gráfico mostrado, se ha representado la producción referencial con relación a la varianza obtenida de la actividad, en cada día de desarrollo de la misma.

**e. Proceso comparativo de las productividades antes y después de implementar la filosofía sin pérdida.**

Determinar el comparativo se toma como base la producción referencial y producción de campo actividad analizada que en este caso es el corte de pavimento flexible, que se representa en la figura 75.

Figura 75. Varianza de las productividades de la actividad excavación a nivel de subrasante.



Fuente: Elaboración propia.

Lo representado en el grafico anterior, presenta una productividad base de 16.666 metros lineales por hora hombre y en el caso de la productividad real el valor es de 15.6031 metros por hora hombre. Lo que significa que durante la jornada laboral se puede avanzar de manera planificada 16.666 metros en una hora, mientras que en campo o desarrollo constructivo de la partida se completan 15.6031 metros, generando un déficit de 1 metro menos por hora. Esto afectaría de manera directa a la duración de la actividad analizada.

#### **f. Determinación del índice de productividad verdadero**

Este cálculo requiere de la productividad base, así como de la productividad diaria de la actividad de corte de pavimento flexible de e=2", que se puede obtener datos de la tabla 5, de la cual se va a utilizar los datos como productividad inicial, productividad verdadera respectivamente. Por lo que se sintetizara lo obtenido en la tabla.

*Tabla 89. Determinación de índice diario en eliminación de excedente c/equipo.*

<b>Día</b>	<b>Productividad real(hh/m)</b>	<b>Productivida d</b>	<b>IP</b>
06	16.19	16.67	0.97
07	15.5	16.67	0.93
08	15.17	16.67	0.91
09	15.18	16.67	0.91
10	15.83	16.67	0.95
11	15.67	16.67	0.94
12	15	16.67	0.90
13	16.33	16.67	0.98
14	15.17	16.67	0.91
15	16	16.67	0.96

*Fuente: Elaboración propia.*

### g. Representación gráfica del índice

La representación del índice de productividad de la actividad analizada, en este caso la partida corte de pavimento rígido que tiene datos calculados y mostrados en la tabla 17 y cumpliendo con las condiciones de la productividad en la que en el caso que índice sea igual a uno, lo que quiere decir que ambas productividades son iguales.

Figure 76. Representación de productividad diaria de eliminación de excedente c/equipo.



Fuente: Autoría propia.

En la representación gráfica se presenta la duración de la actividad analizada que fueron 9 días, tomados en cuenta desde el día 6 hasta el día 15, relacionado estos con el índice de productividad de la partida corte de pavimento flexible; además de las condiciones restrictivas que se da cuando el índice es menor a uno, quiere decir que la productividad base es mayor a la productividad real por lo que se determina que la productividad global es baja en esta partida.

## **Análisis de precios unitarios**

### **a. Determinación de la cantidad producida por día**

Para el cálculo de la cantidad producida en un día laborable, es necesario tomar los datos de la tabla 16, de la cual se tomarán los siguientes datos:

- Productividad verdadera: 15.60 metros por hora hombre.
- Cantidad de horas trabajadas: 6 horas
- Cantidad de personas involucradas: 1 persona

Por lo que se sintetiza los cálculos realizados en la tabla 90

*Tabla 90. Producción por día trabajado de demolición de pavimento flexible.*

<b>Día</b>	<b>Promedio (m)</b>	<b>Tiempo (horas)</b>	<b>Cuadrilla (H)</b>	<b>Avance Diario</b>
<i>06 al 15</i>	15.60	6	1	93.62

*Fuente: Elaboración propia.*

### **b. Proceso de análisis de precio por unidad verdadero.**

Se realizará de la actividad analizada, en este caso la partida corte de pavimento flexible e=2” tomará los datos de la tabla 18 y determinará lo siguiente:

- Producción por día laborable: 93.62 m/hh
- Cantidad de horas trabajadas: 6 horas
- Cantidad de personas involucradas: 1 hombre

Figura 77. Determinación de precios unitarios de eliminación de excedente c/equipo.

Partida						
EXCAVACION A NIVEL DE SUBRASANTE						
Rendimiento	m/ Dia	MO. 94.166656	EQ. 94.16656	Costo unitario directo por m:		5.64
Descripción del Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>						
CAPATAZ	hh	1.000	0.0083	25.15	0.21	
OPERARIO	hh	2.000	0.08	20.96	3.35	
					0.00	
<b>Equipos</b>						
AGUA		m3	0.0012	5.68	0.01	
HERRAMIENTAS MANUALES CORTADORA DE PAVIMENTO CON DISCO	% MO		0.030	2.49	0.07	
	hm		0.08	25	2.00	

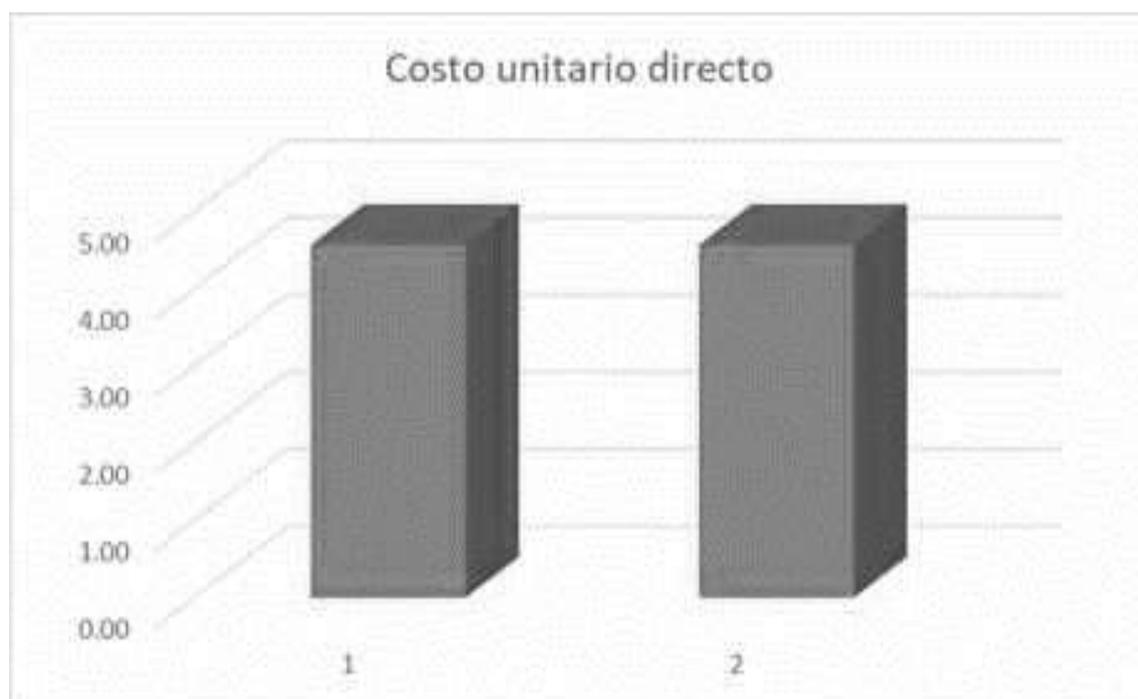
Fuente: Elaboración propia.

En la representación grafica de los precios unitarios se presenta la mano de obra a utilizar, los equipos, maquinaria y herramientas posibles a usar en la actividad por construir, indicando el costo individua y global de la partida, en este caso la partida tiene un costo de 4.57 soles por metro lineal de corte de pavimento flexible.

### c. Proceso comparativo de productividad inicial y productividad verdadera

Para la representación gráfica de la comparación de ambas productividades se debe tomar datos relevantes de la tabla 16 y tabla 17, las cuales muestran la productividad base y la productividad real respectivamente.

Figura 78. Precio por unidad de la partida eliminación de excedente c/equipo.



*Fuente: Autoría propia.*

En el gráfico mostrado, se visualiza que el precio por unidad es 4.57 soles y que el precio por unitario de campo es de 4.57 soles. Lo que se infiere que el documento de referencia es 1 m de pavimento flexible debe costar 4.57 soles y en la ejecución de la partida el costo es el mismo. Entonces ambos precios unitarios mantienen el costo.

### **Utilización del tiempo**

#### **a. Datos recolectados de campo**

Es necesario utilizar la ficha técnica N°2 que permite recolectar datos como el tipo de trabajo realidad por las personas involucradas en la actividad analizada, para luego sintetizarla en la tabla 91.

Tabla 91. Utilización del tiempo para la actividad eliminación de excedente c/equipo.

<b>Día</b>	<b>Trabajo Contributorio</b>	<b>Trabajo No Contributorio</b>	<b>Trabajo Productivo</b>
06	17 %	33 %	51 %
07	18 %	36 %	46 %
08	18 %	35 %	48 %
09	17 %	34 %	48 %
10	17 %	34 %	48 %
11	17 %	34 %	49 %

Fuente: Elaboración propia.

#### **b. Determinación del uso de tiempo en la actividad**

Este paso requiere los datos de ocupación de tiempo por día en la partida corte de pavimento flexible e=2", que se encuentra en la tabla 19. Tomados desde el 6 al día 11, teniendo una muestra de 5 días trabajados.

- % Promedio de trabajo productivo: 49%
- % Promedio de trabajo contributorio: 17%
- % Promedio de trabajo no contributorio: 34%

Para lograr presentar los datos obtenidos se procede a resumirlo en la tabla 20.

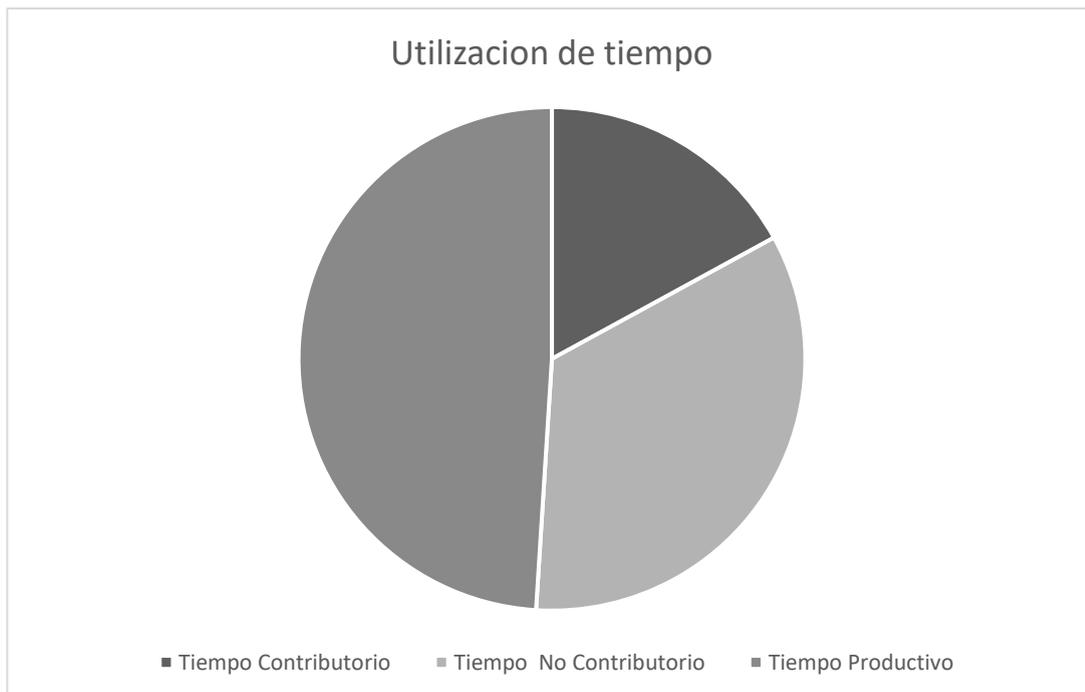
Tabla 92. Utilización del tiempo de operario en la actividad.

<b>Día</b>	<b>Trabajo Contributorio</b>	<b>Trabajo No Contributorio</b>	<b>Trabajo Productivo</b>
Op 1	17 %	34 %	49 %

Fuente: Autoría propia.

Los datos obtenidos del cálculo del tiempo utilizado por el operario Op 1 se subdivide en tres categorías, que son la productiva, contributoria y no contributoria, que tiene porcentaje asignados en la ficha técnica empleada, siendo los valores los siguiente; 17% el contributorio, 34% no contributorio y 49% de productivo.

*Figure79. Utilización de tiempo en la actividad excavación a nivel de subrasante.*



*Fuente: Elaboración propia.*

Durante la representación gráfica de los resultados obtenidos por el cálculo del tiempo utilizado en una jornada de trabajo se determinó que el operario OP1 tuvo 49% de trabajo productivo representado en 2.94 horas, 17% de trabajo contributorio con 1.02 horas y finalmente 34% representado por 2.04 horas, infiriendo que se tiene mucho tiempo perdido.

## Proceso comparativo de las productividades después de implementar Lean

### Construction

#### a. Productividad inicial

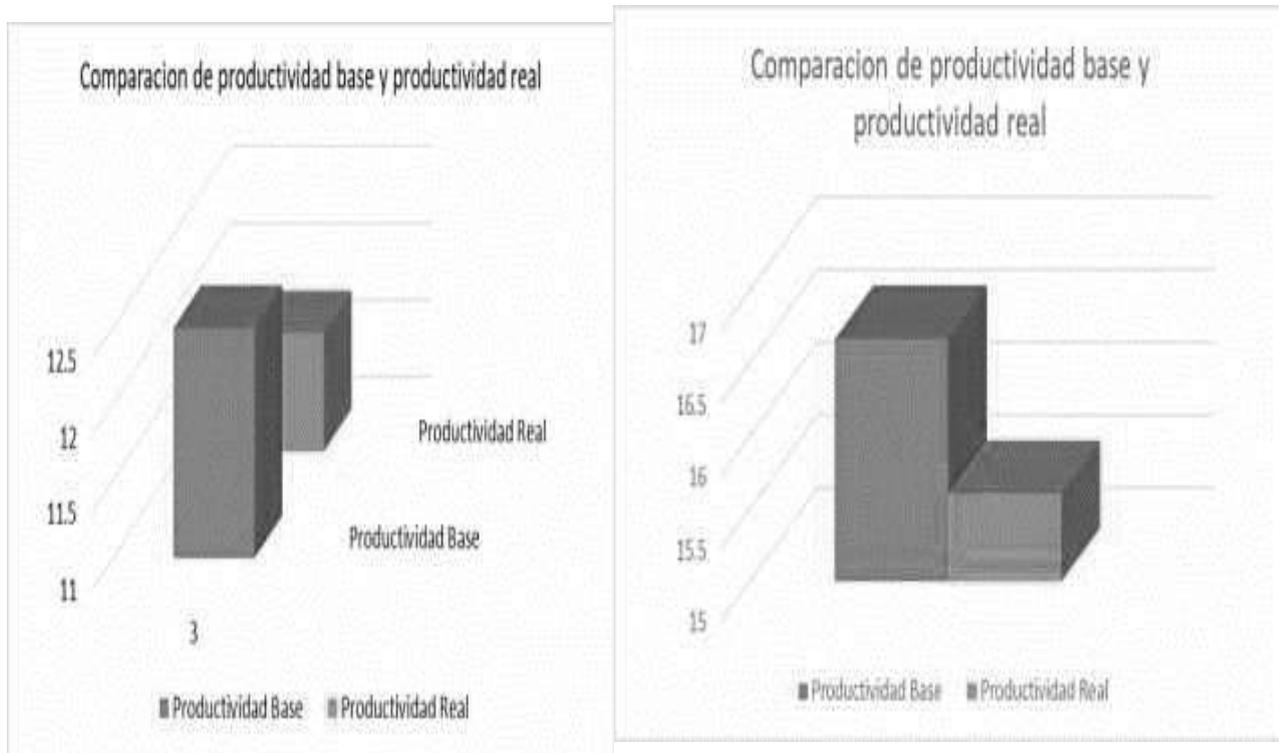


Figura 80. Comparación de productividades en eliminación de excedente c/equipo.

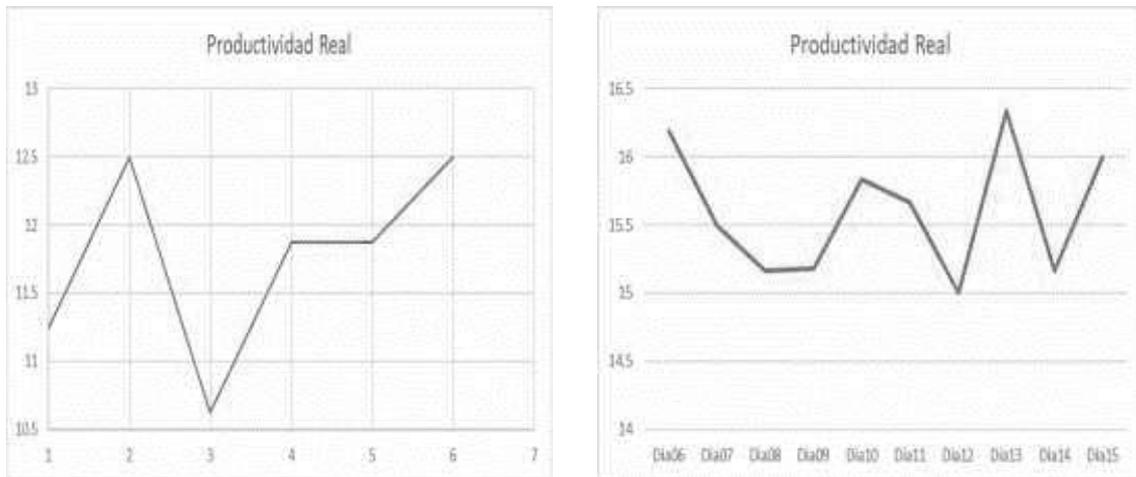
Fuente: Autoría propia.

De acuerdo a lo mostrado en la figura 23, se visualiza que previo a la implementación de la Filosofía Sin Pérdidas la productividad base es 11.5 metros por hora hombre y después de la implementación de la misma, esta productividad se incrementó en 15.5 metros por hora hombre. Lo que significa que la actividad analizada tiene una cantidad de personas involucradas en un jornal laboral realizando el corte de pavimento con sus respectivos rendimientos, indicando una mejora de 4 metros por hora hombre, Por lo que deduce que se logró optimizar esta partida.

## b. Varianza de la productividad verdadera

Figura 81. Comparativa de la varianza de la excavación a nivel de subrasante.

Fuente: Autoría propio.



En la representación de la varianza de la figura 24, se visualiza el cambio optimizador de las productividades reales es de 0.0620732 metros por hora hombre; además de calcular un coeficiente de 6.21%, estos datos se obtuvieron antes de la implementación de la filosofía. Posteriormente a la implementación se realizan nuevos cálculos determinando que la varianza es de 0.2609 metros por hora hombre y el coeficiente de 26.092%. Lo que se puede deducir que las personas involucradas en la actividad de corte de pavimento flexible mantienen avance constante, es por ello que la varianza es estable.

## c. Índice de la Productividad

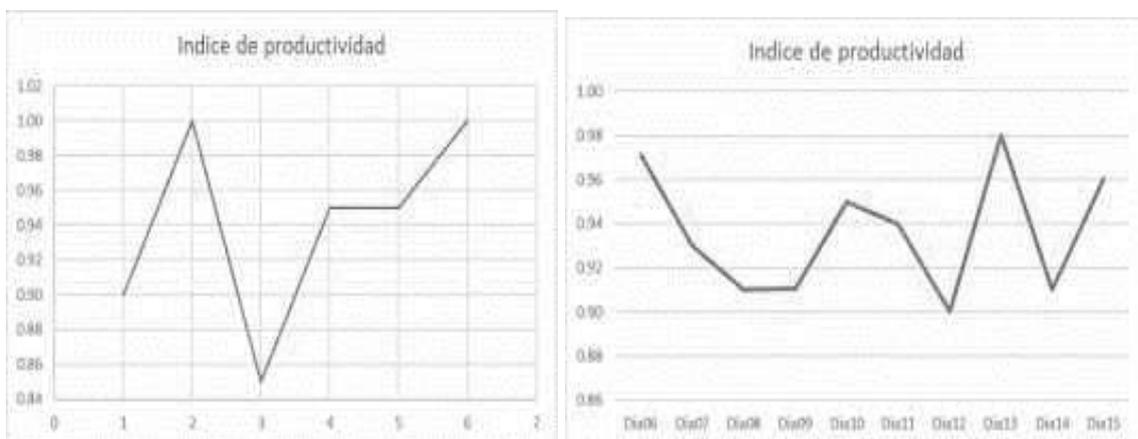


Figura 82. Representación de los índices de excavación a nivel de subrasante.

Fuente: Autoría propia.

De acuerdo a la gráfica, se visualiza el índice antes de aplicar la filosofía es menor que uno ( $IP < 1$ ) y después de aplicarla es igual menor que uno ( $IP < 1$ ). Esto quiere decir que en la partida no hubo incremento en la productividad. Se mantuvo el mismo nivel durante el proceso.

### Análisis de precios unitarios

#### a. Costo por unidad.

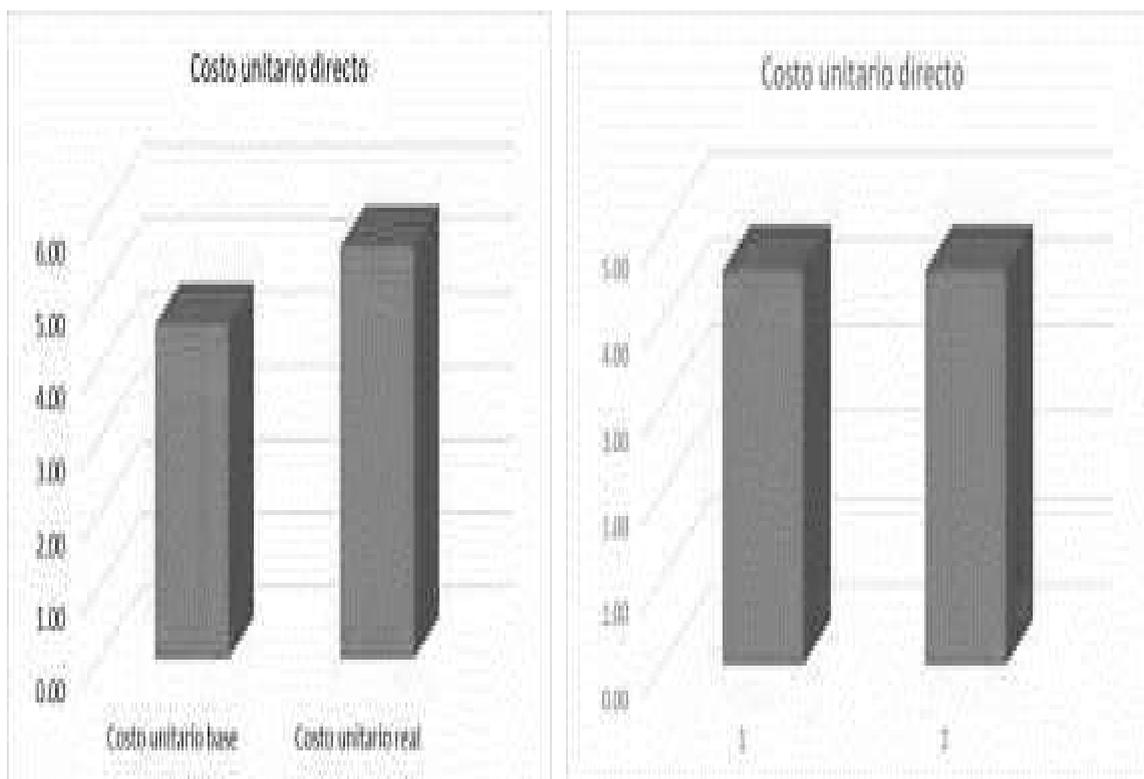
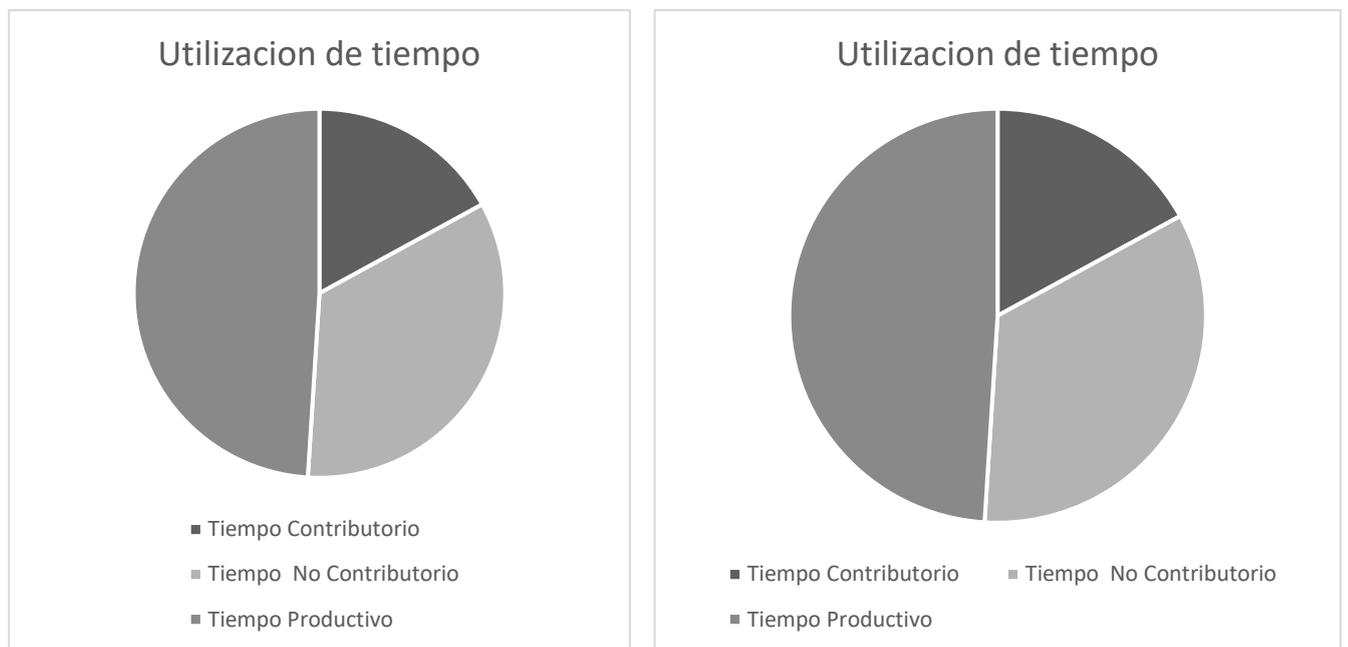


Figura 83. Representación gráfica de costo por unidad antes de Lean C y después de aplicarlo.

Fuente: Elaboración propia.

Para la representación 26, es bastante claro que el costo unitario calculado para la partida antes de aplicar la Filosofía Cero Pérdidas es de 5.63 soles y posteriormente a su implementación se indica el valor de 4.57 soles. Lo que significa que en la partida *corte de pavimento flexible e=2"* realizar la tarea tuvo un costo de 5.63 soles por metro de pavimento flexible y al momento de la mejora este costo se reduce a 4.57 soles, por tanto, el costo se ha reducido en 0.06 soles por metro de pavimento flexible.

## Utilización de tiempo de actividad



*Figura 84. Representación gráfica de la utilización de tiempo para la actividad.*

*Fuente: Elaboración propia.*

Para la representación de la figura 27, se puede visualizar que en la actividad de corte de pavimento flexible de e=2", los tiempos son de tres tipos, productivo con 43 % , el contributorio con 38% y finalmente el no contributorio con 19% de toda la jornada laboral, estos valores fueron obtenidos antes de la implementación de la nueva metodología; luego de aplicar Lean se calculan nuevos datos, que son los siguiente; trabajo productivo con 49%, trabajo contributorio con 34% y finalmente el trabajo no contributorio con 1%.

### 5.8.1. Antes de implementar la filosofía

#### 5.8. Análisis de resultados de la partida fresado de carpeta asfáltica e=5.00 cm.

##### Productividad calculada

##### a.- Determinación de la producción inicial.

El cálculo de esta productividad inicial se da con el uso de los precios unitarios de la partida mencionada, de la cual se obtuvo los datos siguientes:

- Cantidad de avance por día: 100 metros
- Tiempo de trabajo por día: 6 horas
- Cantidad de personas en la actividad: 2 personas

Con esta información se procede a sintetizar y calcular lo necesario presentado en la tabla.

Tabla 93. Productividad inicial de actividad analizada.

Partida	Producción (m)	Jornada (horas)	Cuadrilla (hombres)	Productividad (m/hh)
Corte de pavimento flexible	100.00	8.00	1.00	12.5

Fuente: Autoría propia.

Se indica que se trabajó con productividad de 12.5 metros por hora hombre, que de acuerdo al expediente base es óptimo el corte mínimo de 12.5 metros lineales de pavimento flexible en una hora utilizando una persona en la actividad.

##### b.- Datos en campo con simulación.

Cumpliendo con los parámetros se registró la cantidad producida por día con la ficha técnica N° 1 (anexo 5), así como también la cantidad de personas que se involucraron, desde el inicio hasta el final de la actividad, esta fue de 5 días

Tabla 94. Días trabajados de la actividad.

Día	Producción (m)	Tiempo (Horas)	Cuadrilla (hombres)
01	90.00	8.00	1.00
02	100.00	8.00	1.00
03	85.00	8.00	1.00
04	95.00	8.00	1.00
05	95.00	8.00	1.00
06	100.00	8.00	1.00

Fuente: Elaboración propia.

### c.- Determinación inicial de la productividad verdadera

Este proceso se obtiene de los datos de la tabla 4 y colocando la producción, el tiempo empleado en la actividad, la cantidad de personas involucrada y finalmente se calcula lo que se produjo en metros lineales por hora.

Tabla 95. Cantidad producida en actividad analizada.

Día	Producción (m)	Tiempo (Horas)	Cuadrilla (hombres)	Productividad (m/hh)
01	90.00	8.00	1.00	11.25
02	100.00	8.00	1.00	12.5
03	85.00	8.00	1.00	10.63
04	95.00	8.00	1.00	11.88
05	95.00	8.00	1.00	11.88
06	100.00	8.00	1.00	12.5

Fuente: Elaboración propia.

#### d.- Determinación de la productividad para análisis

Para este proceso se obtienen datos de la cantidad producida por día en la partida demolición de pavimento flexible, para lo cual se resume los siguientes ítems:

- Productividad total: 565 metros
- Cantidad de horas trabajadas: 8 horas
- Cantidad de personas involucradas en la actividad: 6 hombres

Tabla 96. Productividad para análisis de actividad analizada.

Día	Producción (m)	Tiempo (Horas)	Cuadrilla (hombres)	Productividad (m/hh)
01 al 06	565.00	8.00	6.00	11.770833

Fuente: Elaboración propia.

El resultado indica que en los días laborados (6 días) se realizó el corte de 11.770833 metros de pavimento flexible en una hora por persona durante una jornada de trabajo de 8 horas.

#### e- Calculo de la varianza en la productividad verdadera

Este paso se determina mediante la varianza de la partida analizada, para lo cual se extrajo lo siguiente:

- Varianza estándar : 0.0620732 metros por hora hombre
- Productividad verdadera : 11.770833 metros por hora hombre

Se visualiza la representación de la tabla en la que se realizará la determinación del cociente de producción.

Tabla 97. Varianza en productividad de actividad analizada.

Día	Desviación Estándar (m/hh)	Promedio (m/hh)	Coef. De variación (%)
01 al 06	0.062	11.77	6.21

Fuente: Autoría propia.

De acuerdo a la representación lo anterior se presenta la producción verdadera y se calcula la varianza que es 0.0620732 metros por hora hombre, además se obtuvo un coeficiente final de 6.20% de la misma partida.

El grafico indica de manera visual lo presentado en la tabla 7, relacionando en el eje vertical los rangos de la variación estándar y en el eje horizontal los valores obtenidos en cada día de análisis de la actividad corte de pavimento flexible.

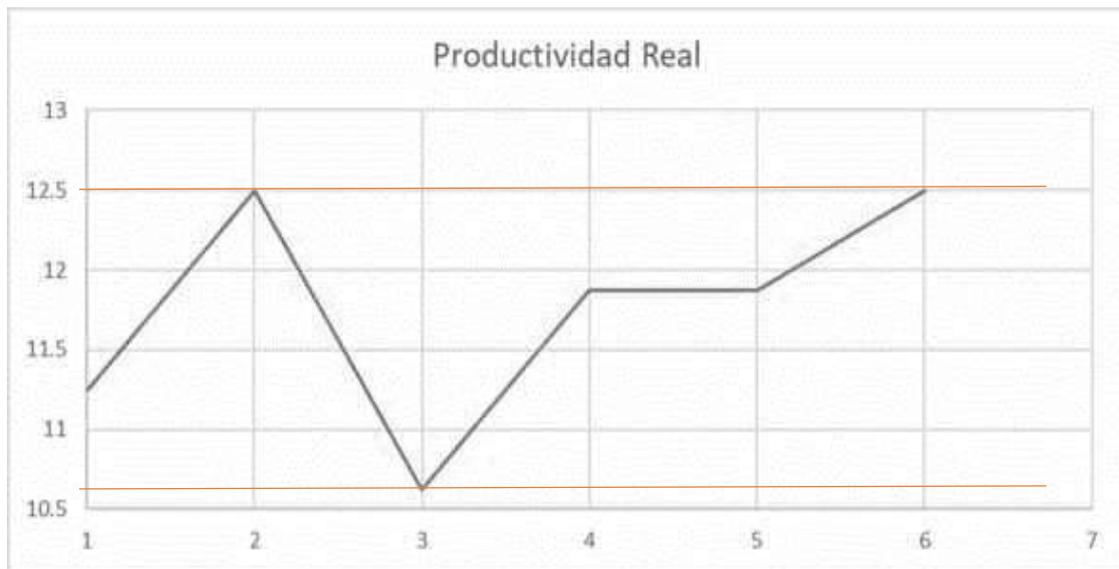


Figura 85. Comparación de rangos de variación estándar y valor diario de varianza.

Fuente: Elaboración propia.

En relación a la gráfica, la producción dispone la actividad corte de pavimento rígido que en el segundo día es 12.5 metros por hora hombre, que llega al tope máximo del rango variable productible y al tercer día es 10.,5 metros por hora hombre, lo que alcanza al tope mínimo de rango variable en productividad.

#### **f- Proceso comparativo de las producciones antes y después de implementar la filosofía sin pérdidas.**

Presenta la comparativa de las productividades verdaderas vs productividades iniciales de la actividad corte de pavimento rígido.



Figura 86. Comparación de productividades en actividad analizada.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a lo representado en el gráfico 93, se infiere que la producción referencial de la actividad es de 12.5 metros por hora hombre, mientras que la productividad real de la misma es de 11.7708 metros por hora hombre; esto quiere decir que lo que se esperaba realmente de acuerdo al documento contractual es de 12,5 pero en la ejecución real o en campo se obtuvo un valor de 11.7708, esto hace una diferencia de 0.28 metros menos. Lo que nos indica que en esta actividad existe productividad baja debido a diferentes motivos.

#### **g- Determinación del índice de la cantidad efectiva de producción**

En este proceso se debe calcular lo efectivo que debe ser lo producido por el personal involucrado en la partida corte de pavimento flexible, durante los días que dure la misma actividad, que en este caso son 6 días. Los datos necesarios para este cálculo son la productividad inicial y la productividad verdadera para poder compararlos por día efectivo y generar la relación entre ambas cantidades de manera que se evidencie si existen valores positivos o negativos en el análisis.

Tabla 98. Cantidad efectiva de producción de la actividad analizada.

<b>Día</b>	<b>Productividad</b>	<b>Productividad</b>	<b>Índice</b>
01	11.25	12.5	0.90
02	12.5	12.5	1.00
03	10.63	12.5	0.85
04	11.88	12.5	0.95
05	11.88	12.5	0.95
06	12.5	12.5	1.00

Fuente: Elaboración propia.

#### **h.- Representación del índice**

Se representará el índice obtenido en el paso anterior, lo cual indica de manera visual la variación de los índices de productividad e cada día desarrollados en la actividad analizada.



Figura 87. Representación de los índices de los días trabajados en la actividad analizada.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los lineamientos de análisis de productividades de actividades, si el índice obtenido es igual a 1, esto quiere decir que lo esperado en el avance es igual a lo producido en el campo, por lo que no hay productividad baja ni alta, es un estado normal o estable.

#### **Análisis de costos unitarios**

##### **a.- Determinación de la cantidad producida por día**

Se procede a determinar lo que se produce en el día a día de la actividad, para lo cual se extrae lo siguiente:

- Productividad verdadera : 11.7708 metros
- Cantidad de horas trabajadas : 8 horas
- Cantidad de personas involucradas: 1 persona

Por consiguiente, se presenta la tabla donde se indica el avance diario

Tabla 99. Cantidad global de producción en actividad analizada.

Día	Productividad real(hh/m)	Productividad base(hh/m)	IP	
Dia01 al 06	11.77	8	1	94.17

Fuente: Autoría propia.

#### b.- Proceso de análisis de precio unitario verdadero

En este caso se indica los costos de manera detallada con la mano de obra, equipos, maquinaria y herramientas en la partida demolición de pavimento rígido.

- Cantidad de producción por día : 94.16666 metros por dia
- Cantidad de horas trabajadas : 8 horas
- Cantidad de personas involucradas: 1 hombre

Luego de culminar el cálculo anterior se procede a analizar los costos directos unitarios.

Tabla 100. Análisis de precios unitarios de la actividad analizada.

Partida FRESADO DE CARPETA ASFALTICA E=5.00 CM						
Rendimiento	m/ Dia	MO. 94.166656	EQ. 94.16656	Costo unitario directo por m:		5.64
Descripción del Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>						<b>3.56</b>
CAPATAZ	hh	1.000	0.0083	25.15	0.21	
OPERARIO	hh	2.000	0.08	20.96	3.35	
						0.00
<b>Equipos</b>						<b>3.56</b>
AGUA		m3	0.0012	5.68	0.01	
HERRAMIENTAS MANUALES CORTADORA DE PAVIMENTO CON DISCO	% MO		0.030	2.49	0.07	
	hm		0.08	25	2.00	

Fuente: Autoría propia.

Lo que significa que realizar el corte de pavimento en 1 metro lineal cuesta 5.63 soles, usando 1 capataz y 2 operarios, así como los porcentajes y cantidades de materiales indicados en el análisis.

### **c.- Representación comparativa de precio por unidad verdadero y precio por unidad proyectado**

En relación con el grafico se visualiza el precio por unidad referencial y el precio por unidad de la actividad excavación *a nivel de subrasante* (tabla 10).



Figura 88. Precio por unidad de la partida excavación a nivel de subrasante.

Fuente: Autoría propia.

### **Ocupación del tiempo**

#### **a.- Datos en campo (2da vez)**

En este caso se procedió a determinar las actividades derivadas de la partida principal que se realizaron durante los días de ejecución, para ello se necesitó de la ficha técnica N° 2 y de validación de los expertos para tomar registro de cada 2 minutos del tiempo que emplean por cada sub actividad desencadenada por el corte de pavimento flexible. En la tabla 11 se muestran los datos obtenidos:

Tabla 101. Utilización del tiempo por día de la actividad analizada.

Día	Trabajo Contributorio	Trabajo No Contributorio	Trabajo productivo
01	25 %	29 %	46 %
02	8 %	23 %	69 %
03	13 %	27 %	60 %
04	15 %	31 %	54 %
05	15 %	31 %	54 %

*Fuente: Elaboración propia.*

#### **b. Determinación de la utilización del tiempo**

Para completar el proceso se debe tomar en cuenta el tiempo de las subactividades realizadas día a día, generando un lineamiento y tomando los siguientes datos:

- Promedio del trabajo productivo : 56 %
- Promedio de trabajo contributorio: 16%
- Promedio de trabajo no contributorio: 29%

Ya calculado lo anterior se procede a presentar lo obtenido en síntesis como la tabla siguiente.

Tabla 102. Promedio de utilización del tiempo de la actividad analizada.

Día	Trabajo Contributorio	Trabajo No Contributorio	Trabajo productivo
<i>Promedio</i>	17 %	29 %	54 %

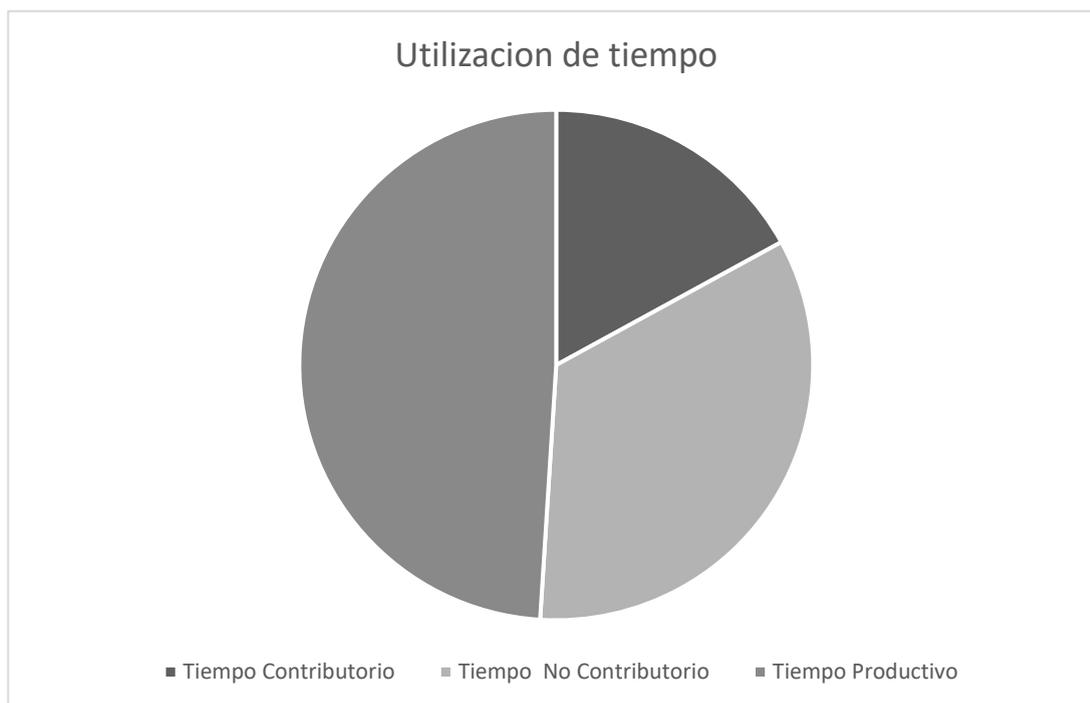
*Fuente: Autoría propia.*

De acuerdo a la tabla 102, se ha obtenido un global de la utilización del tiempo de los 6 días que dura la actividad analizada, por lo que cada tipo de trabajo tiene un porcentaje calculado,

por ejemplo, el trabajo productivo es de 54%, el trabajo contributorio es de 17% y el trabajo no contributorio de 29%.

Luego se procede a representar gráficamente la tabla calculada, mostrando los tiempos de la actividad., que se aprecia en la figura 89.

*Figura 89. Promedio de utilización de tiempo de la actividad analizada.*



*Fuente: Autoría propia.*

En concordancia con los valores obtenidos del cálculo de utilización de tiempo se visualiza un total de 8 horas trabajadas que representan el 100% del tiempo ocupado, este tiempo se subdivide en tres categorías, las cuales tienen su propio porcentaje de utilización; el caso de trabajo productivo es de 54% representando 4.3 horas, el trabajo contributorio tiene un 17% que representa 1.3 horas y finalmente el trabajo no contributorio con 29% que representa el 2.3 horas. Evidenciándose un porcentaje alto de trabajo no contributorio que debe ser optimizado para no generar ampliación de plazo ni sobrecostos.

## **Continuidad en el procedimiento constructivo**

### **a.- Datos en campo (3ra vez)**

Es necesario utilizar la ficha técnica N° 3 para recolectar información que permita obtener una muestra de la realidad de campo por la actividad de corte de pavimento flexible, la cual registraría la operación, inspección, transporte, demoras y almacenamiento de la partida analizada. Esto serviría para la identificación de los puntos de quiebre donde no hay fluidez de trabajo o embotellamiento por las diferentes restricciones que se puedan encontrar. Para lo que se necesitaría una matriz de análisis de restricciones que permita dar solución y registro de los impedimentos de avance de la partida durante el tiempo ejecución de la tarea.

## **5.8.2. Identificación de restricciones y mejoramiento con Lean Construction**

### **a.-Restricción de horario laborable**

Tomando como base los datos que fueron obtenidos con la ficha técnica N° 2, se procede a mostrar los datos de la misma en una tabla, que indican la utilización del tiempo de un operario en la jornada laboral de 8 horas.

*Tabla 103. Utilización del tiempo de operario de actividad analizada.*

<b>Día</b>	<b>Trabajo Contributorio</b>	<b>Trabajo Contributorio</b>	<b>No Trabajo productivo</b>
<i>Op 1</i>	17 %	29 %	54 %

*Fuente: Autoría propia.*

Lo que se muestra en la tabla 13 indica que el operario usa su tiempo en tres categorías, la productiva con 54%, la contributaria con 17% y la no contributaria con 29%, que significa que de las ocho horas laborables del día, lo pierde en ese porcentaje no contributorio que pueden ser diferentes actividades que agreguen valor a la partida como descanso prolongado, permiso para ir al baño, demora en el traslado de material, demora en el preparado de material, demora en la instalación del puesto de trabajo, lo cual afecta de manera directa a l trabajo productivo de la actividad desarrollada.

### 5.8.3. Después de la implementación de filosofía cero pérdidas

#### Productividad inicial

##### a. Datos de campo (4ta vez)

Se refiere a la cantidad producida durante un día laboral que se registra con la ficha técnica N°1, que recopila la producción diaria, tiempo trabajado y la cantidad de personas involucradas en la actividad. Este resumen se muestra en la tabla 104

Tabla 104. Cantidad producida optimizada con Lean Construction.

Día	Producción (m)	Tiempo (Horas)	Cuadrilla (hombres)	Productividad
06	97.12	6	1	16.19
07	93.00	6	1	15.5
08	91.00	6	1	15.17
09	91.07	6	1	15.18
10	95.00	6	1	15.83
11	94.00	6	1	15.67
12	90.00	6	1	15
13	98.00	6	1	16.33
14	91.00	6	1	15.17
15	96.00	6	1	16

Fuente: Autoría propia.

##### b. Determinación de la productividad inicial en el expediente

Para completar este proceso se debe determinar la cantidad producida por día de la actividad analizada, en este caso es la partida corte de pavimento flexible; del cual se extrajeron

algunos datos como producción diaria, utilización del tiempo, cantidad de personas involucradas, mostradas en la siguiente tabla:

*Tabla 105. Cantidad producida por día de la actividad analizada.*

<b>Día</b>	<b>Producción (m)</b>	<b>Tiempo (Horas)</b>	<b>Cuadrilla (hombres)</b>	<b>Productividad</b>
06	97.12	6	1	16.19
07	93.00	6	1	15.5
08	91.00	6	1	15.17
09	91.07	6	1	15.18
10	95.00	6	1	15.83
11	94.00	6	1	15.67
12	90.00	6	1	15
13	98.00	6	1	16.33
14	91.00	6	1	15.17
15	96.00	6	1	16

*Fuente: Elaboración propia.*

### **c. Determinación inicial de la productividad verdadera (PIV)**

Es necesario calcular la producción diaria verdadera tomando como base la productividad inicial de la partida corte de pavimento flexible, para lo cual se tomarán los siguientes datos:

- Cantidad producida por día: 936.19 metros lineales
- Cantidad de horas trabajadas: 6 horas
- Cantidad de personas involucradas: 10 hombres

Se representará de manera sintetizada los cálculos obtenidos en la tabla 106.

Tabla 106. Promedio de la productividad de la actividad analizada.

<b>Día</b>	<b>Producción (m)</b>	<b>Tiempo (Horas)</b>	<b>Cuadrilla (hombres)</b>	<b>Productividad</b>
06 al 15	936.19	6	10	15.60

*Fuente: Elaboración propia.*

La sinterización presentada en la tabla 16, indica lo realizado desde el día 6 al día 25 de la partida analizada, mostrando que se realizó 936.19 metros lineales de corte con una productividad eficiente de 15.6031 metros lineales por hora en un jornal.

#### **d. Varianza de la productividad verdadera**

Para calcular la varianza de la productividad en la partida corte de pavimento flexible es necesario tomar dato de varianza estándar de los producido diariamente y compararlo con la cantidad producida en el jornal.

- Varianza de productividad: 0.2609 metros por hora.
- Productividad verdadera: 15.6031 metros por hora.

De acuerdo a lo calculado se representa de forma sintetizada por la tabla, donde se muestra el cociente variable de lo producido en un día laborable:

Por lo determinado en la tabla 17 se infiere que la varianza de productividad es de 1.3 metros por hora hombre y el coeficiente calculado se encuentra en 4.067%, que significa que 15 a 16.3 horas hombre varían entre los días trabajados en corte de pavimento flexible.

Luego se representa gráficamente lo obtenido en la tabla 17, que relaciona la producción referencial y la variabilidad base de la producción de los días de duración de la actividad analizada.

Figura 90. Representación de la varianza de la productividad de fresado de carpeta asfáltica.



Fuente: Autoría propia.

En concordancia con la figura 17, se ha representado la productividad real con relación a la varianza obtenida de la actividad, en cada día de desarrollo de la misma.

### e. Proceso comparativo de las productividades antes y después de implementar la filosofía sin pérdida

Se necesita para determinar el comparativo se toma como base la producción referencial y producción de campo analizada que en este caso es el corte de pavimento flexible, que se representa en la figura 91.

Figura 91. Varianza de las productividades de la actividad analizada.



Fuente: Elaboración propia.

Lo representado en el grafico anterior, presenta una productividad base de 16.666 metros lineales por hora hombre y en el caso de la productividad real el valor es de 15.6031 metros por hora hombre. Lo que significa que durante la jornada laboral se puede avanzar de manera

planificada 16.666 metros en una hora, mientras que en campo o desarrollo constructivo de la partida se completan 15.6031 metros, generando un déficit de 1 metro menos por hora. Esto afectaría de manera directa a la duración de ejecución de la partida y el costo final de la misma.

#### **f. Determinación del índice de productividad verdadero**

Este cálculo requiere de la productividad base, así como de la productividad diaria de la actividad de corte de pavimento flexible de e=2”, que se puede obtener datos de la tabla 5, de la cual se va a utilizar los datos como productividad inicial, productividad verdadera respectivamente.

*Tabla 107. Determinación de índice diario de lo producido en actividad analizada.*

<b>Día</b>	<b>Productividad real(hh/m)</b>	<b>Productividad base(hh/m)</b>	<b>IP</b>
06	16.19	16.67	0.97
07	15.5	16.67	0.93
08	15.17	16.67	0.91
09	15.18	16.67	0.91
10	15.83	16.67	0.95
11	15.67	16.67	0.94
12	15	16.67	0.90
13	16.33	16.67	0.98
14	15.17	16.67	0.91
15	16	16.67	0.96

*Fuente: Elaboración propia.*

### g. Representación gráfica del índice

La representación del índice de productividad de la actividad analizada, en este caso la partida corte de pavimento rígido que tiene datos calculados y mostrados en la tabla 92 y cumpliendo con las condiciones de la productividad en la que en el caso que índice sea igual a uno, lo que significa que ambas productividades son iguales.

Figure 92. Representación del índice de productividad diaria de actividad analizada.



Fuente: Autoría propia.

En la representación gráfica se presenta la duración de la actividad analizada que fueron 9 días, tomados en cuenta desde el día 6 hasta el día 15, relacionado estos con el índice de productividad de la partida corte e pavimento flexible; además de las condiciones restrictivas que se da cuando el índice es menor a uno, quiere decir que la productividad base es mayor a la productividad real por lo que se determina que la productividad global es baja en esta partida.

### Análisis de precios unitarios

#### a. Determinación de la cantidad producida por día

Para el cálculo de la cantidad producida en un día laborable, es necesario tomar los datos de la tabla 16, de la cual se tomarán los siguientes datos:

- Productividad verdadera: 15.60 metros por hora hombre.
- Cantidad de horas trabajadas: 6 horas
- Cantidad de personas involucradas: 1 persona

Por lo que se sintetiza los cálculos realizados en la tabla 108

Tabla 108. Producción por día trabajado de actividad analizada.

Día	Producción (m)	Tiempo (Horas)	Cuadrilla (hombres)	Avance diario
06 al 15	15.60	6	1	93.62

Fuente: Elaboración propia.

#### b. Proceso de análisis de precio por unidad verdadero.

Se realizará de la actividad analizada, en este caso la partida corte de pavimento flexible e=2” tomará los datos de la tabla 18 y determinará lo siguiente:

- Producción por día laborable: 93.619 m/hh
- Cantidad de horas trabajadas: 6 horas
- Cantidad de personas involucradas: 1 hombre

Figura 93. Determinación de precios unitarios de actividad analizada..

Partida FRESADO DE CARPETA ASFALTICA E=5.00 CM						
Rendimiento	m/ Día	MO. 94.166656	EQ. 94.16656	Costo unitario directo por m:		5.64
Descripción del Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>						
CAPATAZ	hh	1.000	0.0083	25.15	0.21	
OPERARIO	hh	2.000	0.08	20.96	3.35	
						0.00
<b>Equipos</b>						
AGUA		m3	0.0012	5.68	0.01	
HERRAMIENTAS MANUALES	% MO		0.030	2.49	0.07	
CORTADORA DE PAVIMENTO						
CON DISCO	hm		0.08	25	2.00	

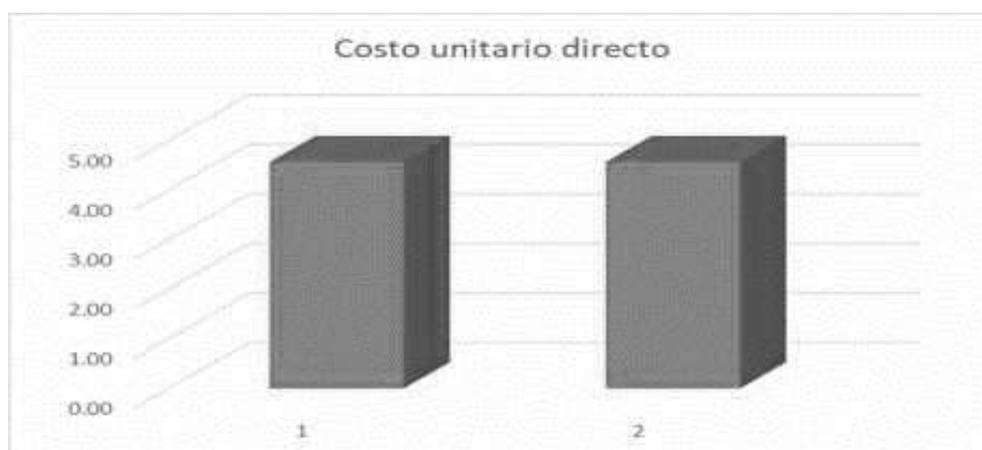
Fuente: Elaboración propia.

En la representación gráfica de los precios unitarios se presenta la mano de obra a utilizar, los equipos, maquinaria y herramientas posibles a usar en la actividad por construir, indicando el costo individual y global de la partida, en este caso la partida tiene un costo de 4.57 soles por metro lineal de corte de pavimento flexible.

### c. Proceso comparativo de productividad inicial y productividad verdadera

Para la representación gráfica de la comparación de ambas productividades se debe tomar datos relevantes de la tabla 16 y tabla 17, las cuales muestran la productividad base y la productividad real respectivamente.

Figura 94. Costos unitarios real de la actividad analizada.



*Fuente: Autoría propia.*

De acuerdo al gráfico, se indica el precio referencia 4.57 soles y el precio verdadero es 4.57 soles. Significa que de acuerdo al expediente referencial se puede cortar 1 m de pavimento flexible debe tener un costo de 4.57 soles y en la ejecución de la partida el costo es el mismo. Entonces el precio por unidad referencial es igual precio por unidad de campo, se mantiene el costo.

### Utilización del tiempo

#### a. Datos recolectados por simulación.

Es necesario utilizar la ficha técnica N°2 que permite recolectar datos como el tipo de trabajo realidad por las personas involucradas en la actividad analizada, para luego sintetizarla en la tabla 109.

Tabla 109. Utilización del tiempo para la actividad analizada.

Día	Trabajo Contributorio	Trabajo No Contributorio	Trabajo Productivo
06	17 %	33 %	51 %
07	18 %	36 %	46 %
08	18 %	35 %	48 %
09	17 %	34 %	48 %
10	17 %	34 %	48 %
11	17 %	34 %	49 %

Fuente: Elaboración propia.

#### b. Determinación del uso de tiempo en la actividad

Este paso requiere los datos de ocupación de tiempo por día en la partida corte de pavimento flexible e=2", que se encuentra en la tabla 19. Tomados desde el 6 al día 11, teniendo una muestra de 5 días trabajados.

- % Promedio de trabajo productivo: 49%
- % Promedio de trabajo contributorio: 17%
- % Promedio de trabajo no contributorio: 34%

Tabla 110. Utilización del tiempo de operario en la actividad analizada.

Día	Trabajo Contributorio	Trabajo No Contributorio	Trabajo Productivo
06 al 15	17 %	33 %	51 %

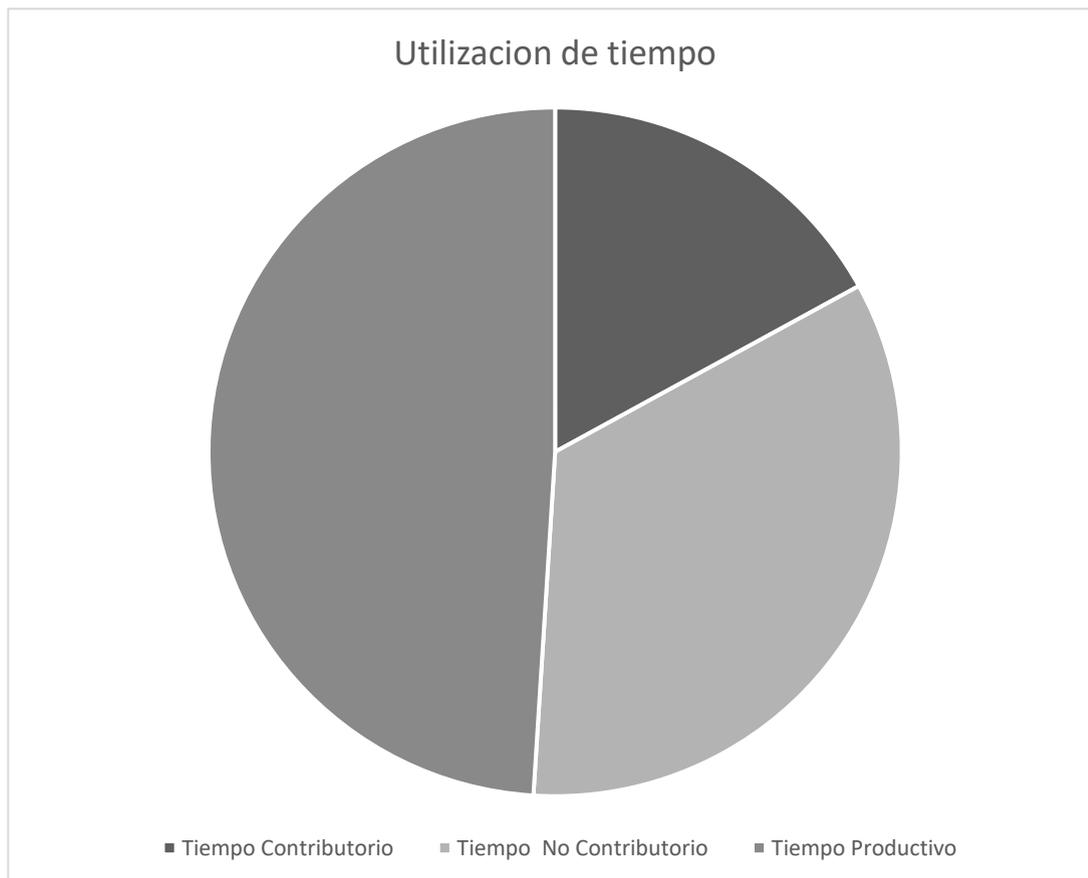
Fuente: Elaboración propia.

Los datos obtenidos del cálculo del tiempo utilizado por el operario Op 1 se subdivide en tres categorías, que son la productiva, contributoria y no contributoria, que tiene porcentaje

asignados en la ficha técnica empleada, siendo los valores los siguiente; 17% el contributorio, 34% no contributorio y 49% de productivo.

En relación con la gráfica, se indica la utilización del tiempo en corte *de pavimento flexible e=2''* (tabla 21).

Figure 95. Utilización de tiempo por operario Op1 en la actividad analizada.



Fuente: Elaboración propia.

Durante la representación gráfica de los resultados obtenidos por el cálculo del tiempo utilizado en una jornada de trabajo se determinó que el operario OP1 tuvo 49% de trabajo productivo representado en 2.94 horas, 17% de trabajo contributorio con 1.02 horas y finalmente 34% representado por 2.04 horas, infiriendo que se tiene mucho tiempo perdido.

## Proceso comparativo de las productividades después de implementar Lean

### Construction

#### a. Productividad inicial

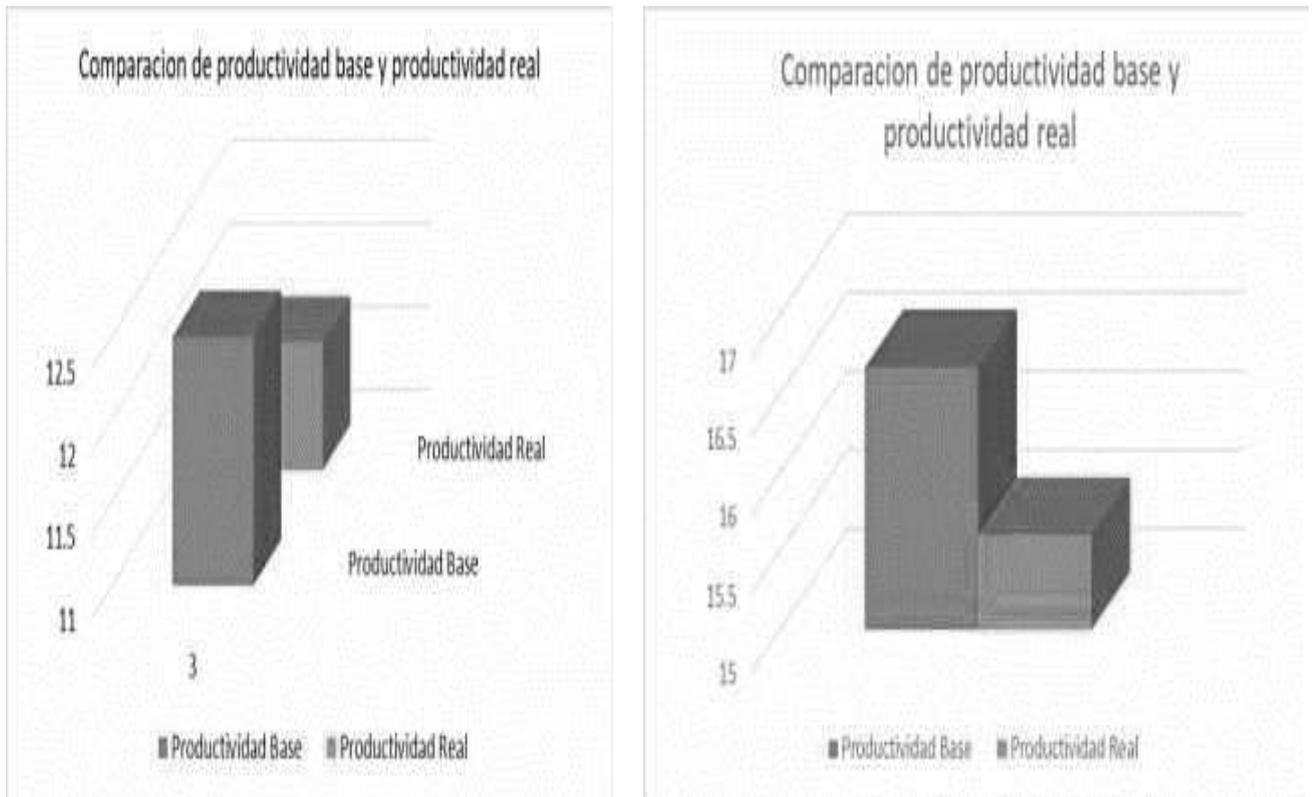


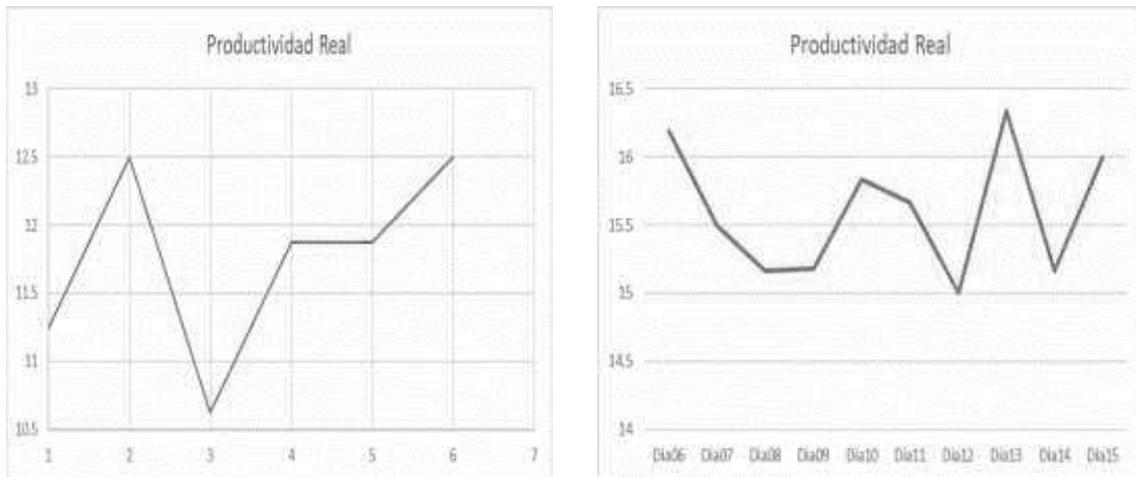
Figura 96. Comparativa de productividades en la actividad analizada.

Fuente: Autoría propia.

De acuerdo a lo mostrado en la figura 101, se visualiza que previo a la implementación de la Filosofía Sin Pérdidas la productividad base es 11.5 metros por hora hombre y después de la implementación de la misma, esta productividad se incrementó en 15.5 metros por hora hombre. Lo que significa que la actividad analizada tiene una cantidad de personas involucradas en un jornal laboral realizando el corte de pavimento con sus respectivos rendimientos, indicando una mejora de 4 metros por hora hombre, Por lo que deduce que se logró optimizar esta partida.

## b. Varianza de la productividad verdadera

Figura 97. Comparativa de la varianza de la productividad verdadera de la actividad.



Fuente: autoría propia.

En la representación de la varianza de la figura 97, se visualiza el cambio optimizador de las productividades reales es de 0.0620732 metros por hora hombre; además de calcular un coeficiente de 6.21%, estos datos se obtuvieron antes de la implementación de filosofía. Posteriormente a la implementación se realizan nuevos cálculos determinando que la varianza es de 0.2609 metros por hora hombre y el coeficiente de 26.092%. Lo que se puede deducir que las personas involucradas en la actividad de corte de pavimento flexible mantienen avance constante, es por ello que la varianza es estable.

## c. Índice de la Productividad

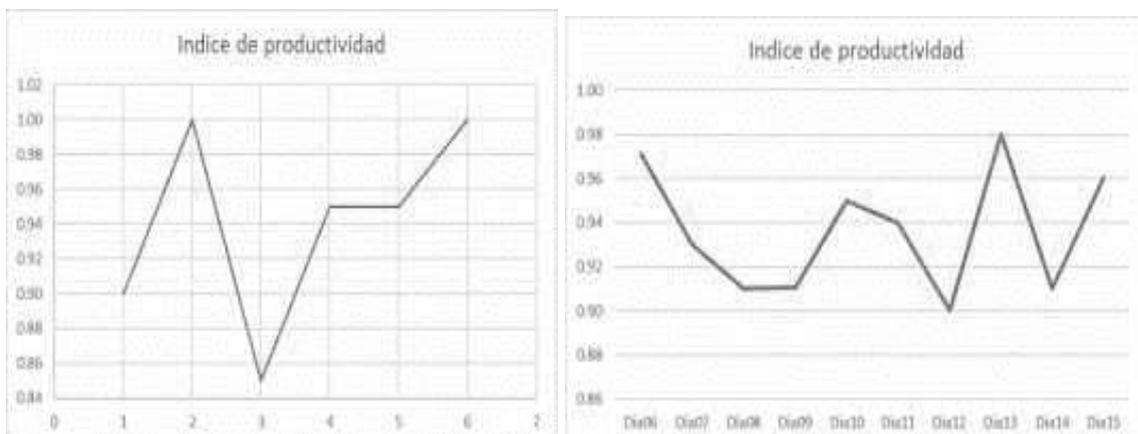


Figura 98. Representación de la comparación de los índices de la actividad analizada.

Fuente: Autoría propia.

## Análisis de precios unitarios

### a. Costo por unidad.

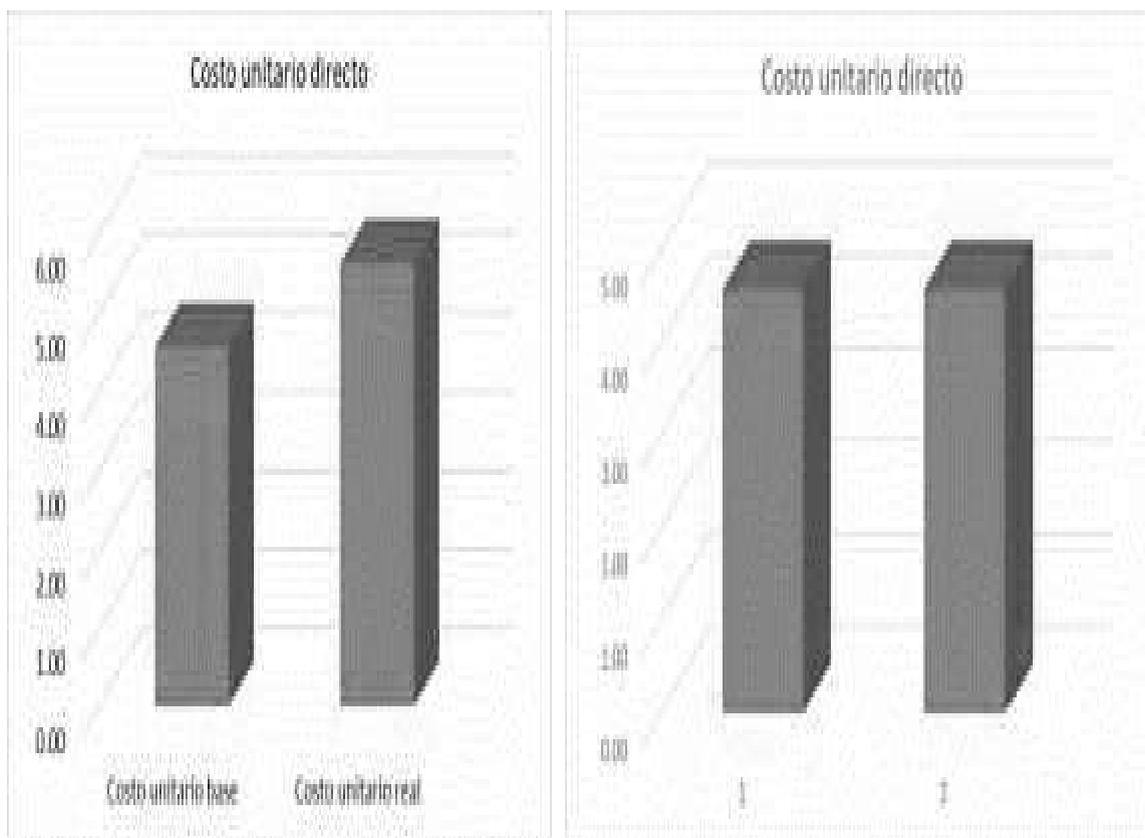


Figura 99. Representación de costo por unidad de ambas metodologías.

Fuente: Elaboración propia.

Para la representación 99, es bastante claro que el costo unitario calculado para la partida antes de aplicar la Filosofía Cero Pérdidas es de 5.63 soles y posteriormente a su implementación se indica el valor de 4.57 soles. Lo que significa que en la partida *corte de pavimento flexible e=2"* realizar la tarea tuvo un costo de 5.63 soles por metro de pavimento flexible y al momento de la mejora este costo se reduce a 4.57 soles, por tanto, el costo se ha reducido en 0.06 soles por metro de pavimento flexible.

## Utilización de tiempo de actividad

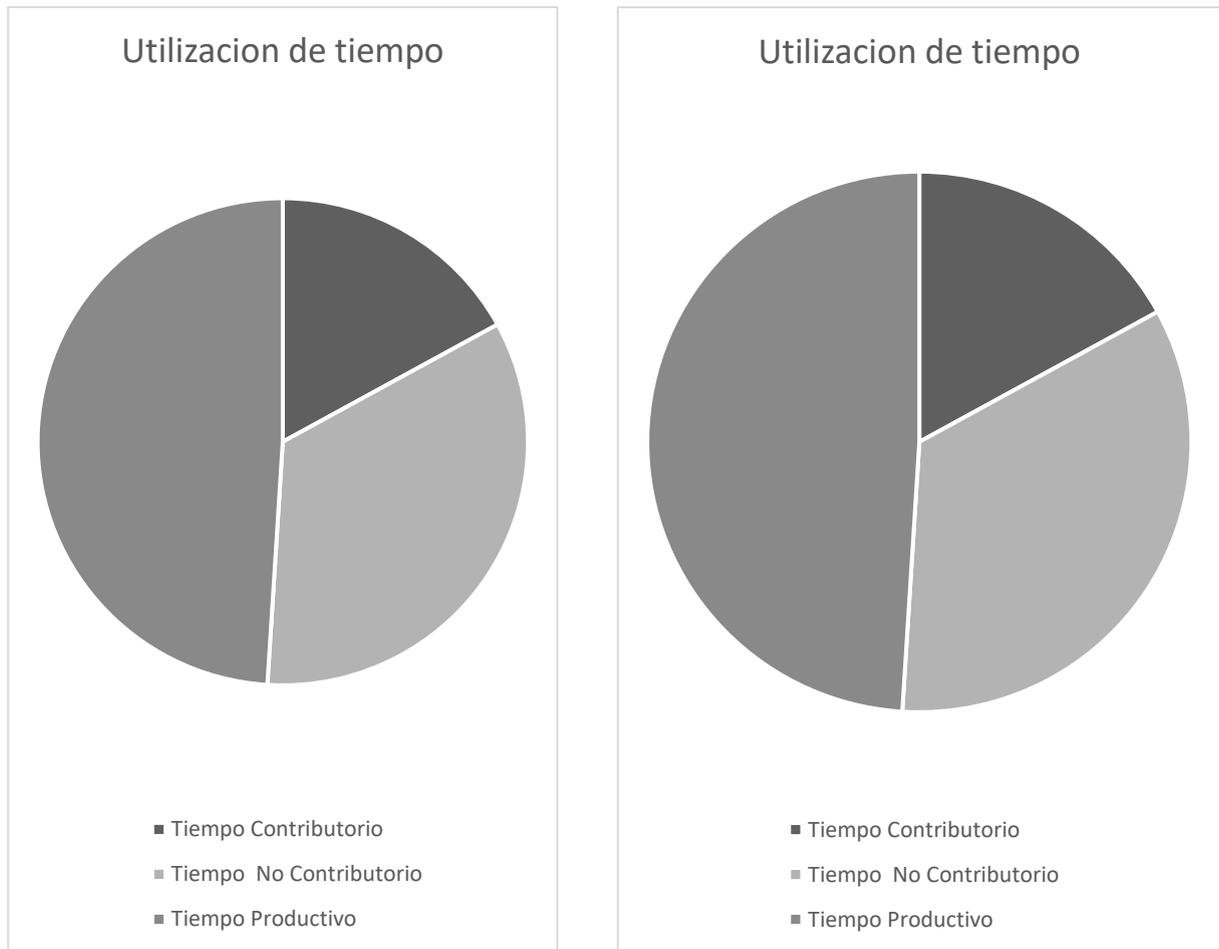


Figura 100. Representación gráfica de la utilización de tiempo para la actividad analizada.

Fuente: Elaboración propia.

Para la representación de la figura 27, se puede visualizar que en la actividad de corte de pavimento flexible de  $e=2''$ , los tiempos son de tres tipos, productivo con 43 % , el contributorio con 38% y finalmente el no contributorio con 19% de toda la jornada laboral, estos valores fueron obtenidos antes de la implementación de la nueva metodología; luego de aplicar Lean se calculan nuevos datos, que son los siguiente; trabajo productivo con 49%, trabajo contributorio con 34% y finalmente el trabajo no contributorio con 1%.

## 5.9. Análisis de resultados de la partida compactación de subbase existente.

### 5.9.1. Antes de implementar la filosofía

#### Productividad calculada

##### a.- Determinación de la productividad inicial.

El cálculo de esta productividad inicial se da con el uso de los precios unitarios de la partida mencionada, de la cual se obtuvo los datos siguientes:

- Cantidad de avance por día: 100 metros
- Tiempo de trabajo por día: 6 horas
- Cantidad de personas en la actividad: 2 personas

Con esta información se procede a sintetizar y calcular lo necesario presentado en la tabla.

Tabla 111. Productividad inicial de compactación de subbase existente.

Partida	Producción (m)	Jornada (horas)	Cuadrilla (hombres)	Productividad (m/hh)
Corte de pavimento flexible	100.00	8.00	1.00	12.5

Fuente: Elaboración propia.

Se indica que se trabajó con productividad de 12.5 metros por hora hombre, que de acuerdo al expediente base es óptimo el corte mínimo de 12.5 metros lineales de pavimento flexible en una hora utilizando una persona en la actividad.

##### b.- Datos en campo con simulación.

Se registró la cantidad producida por día con la ficha técnica N° 1 (anexo 5), así como también la cantidad de personas que se involucraron, desde el inicio hasta el final de la actividad, esta fue de 5 días.

Tabla 112. Días trabajados de la partida en compactación de subbase existente.

Día	Producción (m)	Tiempo (Horas)	Cuadrilla (hombres)
01	90.00	8.00	1.00
02	100.00	8.00	1.00
03	85.00	8.00	1.00
04	95.00	8.00	1.00
05	95.00	8.00	1.00
06	100.00	8.00	1.00

Fuente: Elaboración propia.

### c.- Determinación inicial de la productividad verdadera

Este proceso se obtiene de los datos de la tabla 4 y colocando la producción, el tiempo empleado en la actividad, la cantidad de personas involucrada y finalmente se calcula lo que se produjo en metros lineales por hora.

Tabla 113. Cantidad producida en partida compactación de subbase existente.

Día	Producción (m)	Tiempo (Horas)	Cuadrilla (hombres)	Productividad (m/hh)
01	90.00	8.00	1.00	11.25
02	100.00	8.00	1.00	12.5
03	85.00	8.00	1.00	10.63
04	95.00	8.00	1.00	11.88
05	95.00	8.00	1.00	11.88
06	100.00	8.00	1.00	12.5

Fuente: Elaboración propia.

#### d.- Determinación de la productividad para análisis

Para este proceso se obtienen datos de la cantidad producida por día en la partida demolición de pavimento flexible, para lo cual se resume los siguientes ítems:

- Productividad total: 565 metros
- Cantidad de horas trabajadas: 8 horas
- Cantidad de personas involucradas en la actividad: 6 hombres

Tabla 114. Productividad para análisis de partida compactación de subbase existente.

Día	Producción (m)	Tiempo (Horas)	Cuadrilla (hombres)	Productividad (m/hh)
Día01 al 06	565.00	8.00	6.00	11.77

Fuente: Elaboración propia.

El resultado indica que en los días laborados (6 días) se realizó el corte de 11.77 metros de pavimento flexible en una hora por persona durante una jornada de trabajo de 8 horas.

#### e- Calculo de la varianza en la productividad verdadera

Este paso se determina mediante la varianza de la partida analizada, para lo cual se extrajo lo siguiente:

- Varianza estándar : 0.0620732 metros por hora hombre
- Productividad verdadera : 11.770833 metros por hora hombre

De acuerdo a los gráficos presentados se indica el coeficiente obtenido.

Tabla 115. Varianza en productividad de partida compactación de subbase existente.

Día	Desviación Estándar (m/hh)	Promedio (m/hh)	Coef. De variación (%)
Día01 al 06	0.062	11.77	6.21

Fuente: Autoría propia.

De acuerdo al grafico anterior se presenta la producción referencial y se calcula la varianza que es 0.0620732 metros por hora hombre, además se obtuvo un coeficiente final de 6.20% de la misma partida.

El grafico indica de manera visual lo presentado en la tabla 7, relacionando en el eje vertical los rangos de la variación estándar y en el eje horizontal los valores obtenidos en cada día de análisis de la actividad corte de pavimento flexible.

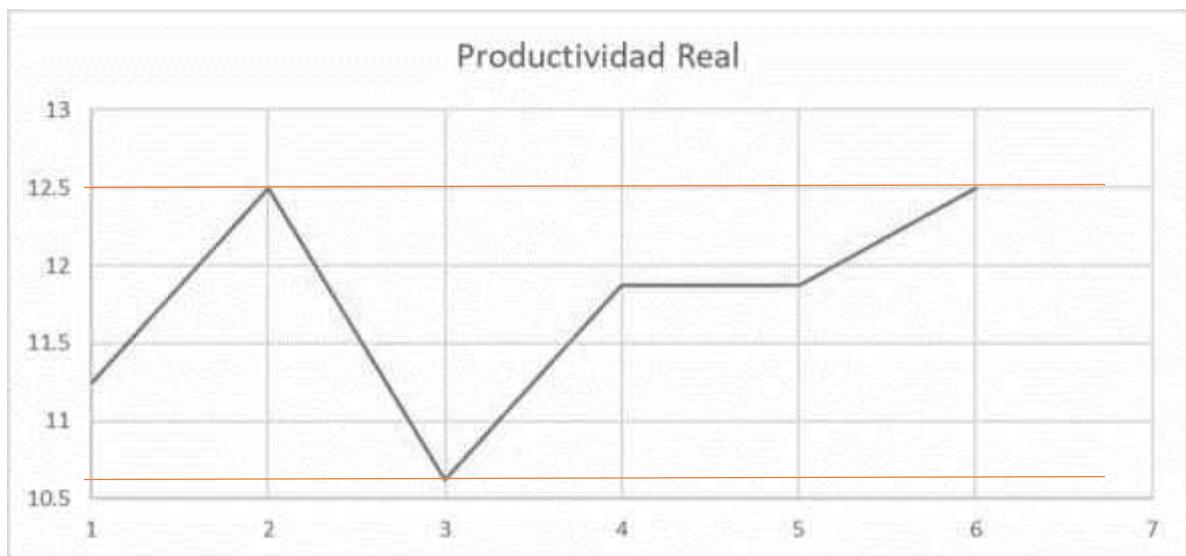


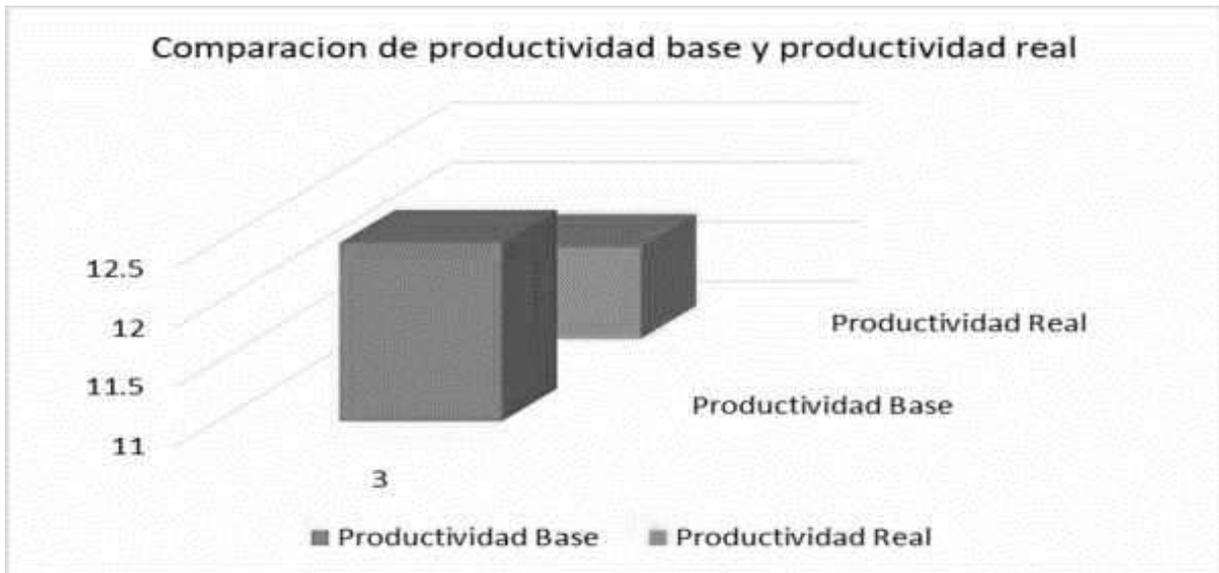
Figura 101. Comparación de rangos de variación estándar y valor diario de varianza.

Fuente: Elaboración propia.

El grafico indica cual es la productividad referencial de *corte de pavimento rígido*  $e=2''$  en el día 2 es 12.5 metros por hora hombre, que llega al tope máximo de rango de variabilidad de la producción y al tercer día es 10.5 metros por hora hombre, lo que alcanzado el tope mínimo del rango de la variabilidad de producción.

#### **f- Proceso comparativo de la producción antes y después de implementar la filosofía sin pérdidas.**

Presenta la comparación de las productividades verdaderas vs productividades iniciales de la actividad corte de pavimento rígido.



*Figura 102. Comparación de productividades en actividad compactacion de subbase existente.  
Fuente: Elaboración propia.*

De acuerdo a lo representado en el gráfico 109, se infiere de la producción referencial de la actividad es de 12.5 metros por hora hombre, mientras que la productividad real de la misma es de 11.7708 metros por hora hombre; esto quiere decir que lo que se esperaba realmente de acuerdo al documento contractual es de 12,5 pero en la ejecución real o en campo se obtuvo un valor de 11.7708, esto hace una diferencia de 0.28 metros menos. Lo que nos indica que en esta actividad existe productividad baja debido a diferentes motivos.

#### **g- Determinación del índice de la cantidad efectiva de producción**

En este proceso se debe calcular lo efectivo que debe ser lo producido por el personal involucrado en la partida corte de pavimento flexible, durante los días que dure la misma actividad, que en este caso son 6 días. Los datos necesarios para este cálculo son la productividad inicial y la productividad verdadera para poder compararlos por día efectivo y generar la relación entre ambas cantidades de manera que se evidencie si existen valores positivos o negativos en el análisis.

Tabla 116. Cantidad efectiva de producción de compactación de subbase existente.

Día	Productividad	Productividad	
	real(hh/m)	base(hh/m)	
01	11.25	12.5	0.90
02	12.5	12.5	1.00
03	10.625	12.5	0.85
04	11.875	12.5	0.95
05	11.875	12.5	0.95
06	12.5	12.5	1.00

Fuente: Elaboración propia.

#### h.- Representación del índice

Se representará el índice obtenido en el paso anterior, lo cual indica de manera visual la variación de los índices de productividad e cada día desarrollados en la actividad analizada.



Figura 103. Representación de los índices de los días trabajados en compactación de subbase.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los lineamientos de análisis de productividades de actividades, si el índice obtenido es igual a 1, esto quiere decir que lo esperado en el avance es igual a lo producido en el campo, por lo que no hay productividad baja ni alta, es un estado normal o estable.

### **Análisis de costos unitarios**

#### **a.- Determinación de la cantidad producida por día**

Se procede a determinar lo que se produce en el día a día de la actividad, para lo cual se extrae lo siguiente

- Productividad verdadera : 11.7708 metros
- Cantidad de horas trabajadas : 8 horas
- Cantidad de personas involucradas: 1 persona

Por consiguiente, se presenta la tabla donde se indica el avance diario

*Tabla 117. Cantidad global de producción en compactación de subbase existente.*

<b>Día</b>	<b>Productividad real(hh/m)</b>	<b>Productividad base(hh/m)</b>	<b>IP</b>
<i>Día01 al 06</i>	11.77	8	94.17

*Fuente: Elaboración propia.*

#### **b.- Proceso de análisis de precio unitario verdadero**

En este caso se indica los costos de manera detallada con la mano de obra, equipos, maquinaria y herramientas en la partida demolición de pavimento rígido.

- Cantidad de producción por día : 94.16666 metros por día
- Cantidad de horas trabajadas : 8 horas
- Cantidad de personas involucradas: 1 hombre

Luego de culminar el cálculo anterior se procede a analizar los costos directos unitarios.

Tabla 118. Análisis de precios unitarios de la actividad compactación de subbase existente.

Partida FRESADO DE CARPETA ASFALTICA E=5.00 CM						
Rendimiento	m/ Dia	MO. 94.166656	EQ. 94.16656	Costo unitario directo por m: 5.64		
Descripción del Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>						
CAPATAZ	hh	1.000	0.0083	25.15	0.21	
OPERARIO	hh	2.000	0.08	20.96	3.35	
					0.00	
<b>Equipos</b>						
AGUA		m3	0.0012	5.68	0.01	
HERRAMIENTAS MANUALES CORTADORA DE PAVIMENTO CON DISCO	% MO		0.030	2.49	0.07	
	hm		0.08	25	2.00	

Fuente: Autoría propia.

Del análisis previo se obtiene que el precio real de la partida demolición de pavimento flexible es de 5.63 soles por metro lineal. Lo que significa que realizar el corte de pavimento en 1 metro lineal cuesta 5.63 soles, usando 1 capataz y 2 operarios, así como los porcentajes y cantidades de materiales indicados en el análisis.

### c.- Representación comparativa de precio por unidad verdadero y precio por unidad proyectado

Se representará el precio por unidad referencial (anexo 4) y el precio por unidad de la actividad de excavación a nivel de subrasante (tabla 10).



Figura 104. Costo unitario de la partida compactación de subbase existente.

Fuente: Autoría propia.

De acuerdo a lo representado en el gráfico 111, se determina el costo por unidad básica de la actividad en 4.57 soles y el costo real de campo es de 5.63 soles, se evidencia un mayor costo en campo de lo esperado en el expediente, por lo que hay un sobrecosto de 1.06 soles por metro línea de pavimento flexible cortado.

### Ocupación del tiempo

#### a.- Datos en campo (2da vez)

En este caso se procedió a determinar las actividades derivadas de la partida principal que se realizaron durante los días de ejecución, para ello se necesitó de la ficha técnica N° 2 y de validación de los expertos para tomar registro de cada 2 minutos del tiempo que emplean por cada sub actividad desencadenada por el corte de pavimento flexible. En la tabla 11 se muestran los datos obtenidos:

Tabla 119. Utilización del tiempo por día de la actividad compactación de subbase existente.

Día	Trabajo Contributorio	Trabajo No Contributorio	Trabajo productivo
01	25 %	29 %	46 %
02	8 %	23 %	69 %
03	13 %	27 %	60 %
04	15 %	31 %	54 %
05	15 %	31 %	54 %

Fuente: Elaboración propia.

#### b. Determinación de la utilización del tiempo

Para completar el proceso se debe tomar en cuenta el tiempo de las subactividades realizadas día a día, generando un lineamiento y tomando los siguientes datos:

- Promedio del trabajo productivo : 56 %
- Promedio de trabajo contributorio: 16%

- Promedio de trabajo no contributorio: 29%

Ya calculado lo anterior se procede a presentar lo obtenido en síntesis como la tabla siguiente

Tabla 120. Promedio de utilización del tiempo de compactación de subbase existente.

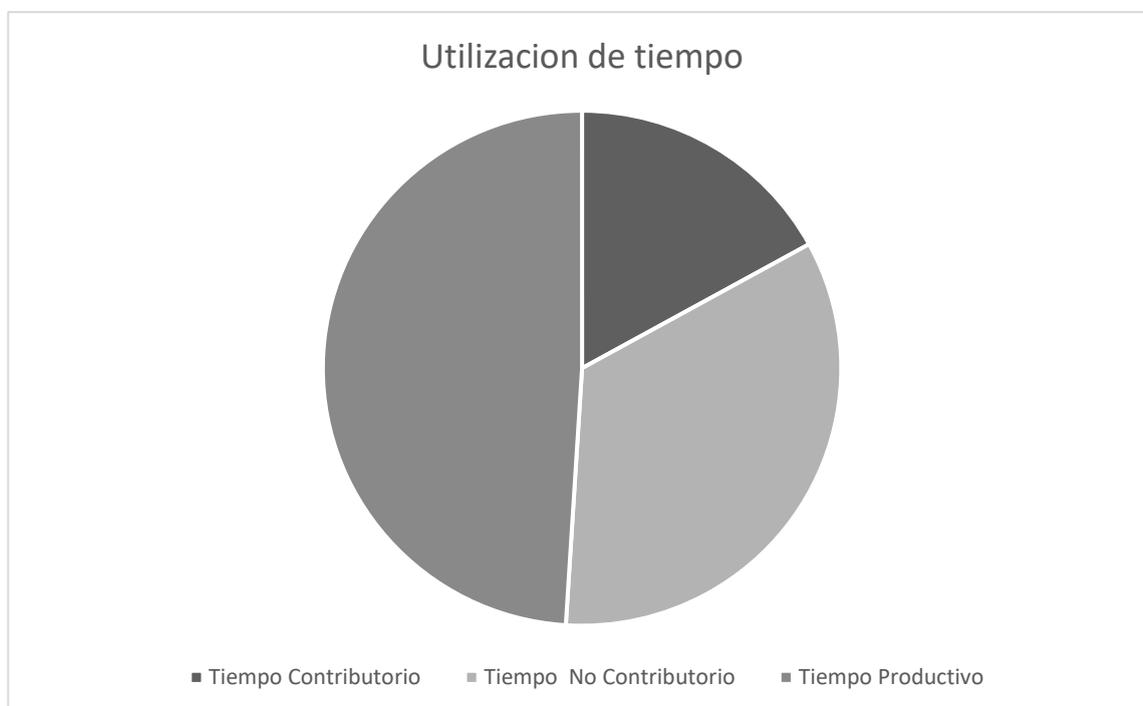
Día	Trabajo Contributorio	Trabajo No Contributorio	No Trabajo productivo
Promedio	17 %	29 %	54 %

Fuente: Autoría propia.

En relación a la tabla 120, se ha obtenido un global de la utilización del tiempo de los 6 días que dura la actividad analizada, por lo que cada tipo de trabajo tiene un porcentaje calculado, por ejemplo, el trabajo productivo es de 54%, el trabajo contributorio es de 17% y el trabajo no contributorio de 29%.

Luego se procede a representar gráficamente la tabla calculada, mostrando los tiempos de la actividad., que se aprecia en la figura 16.

Figura 105. Promedio de utilización de tiempo de compactación de subbase existente.



Fuente: Elaboración propia.

En concordancia con los valores obtenidos del cálculo de utilización de tiempo se visualiza un total de 8 horas trabajadas que representan el 100% del tiempo ocupado, este tiempo se

subdivide en tres categorías, las cuales tienen su propio porcentaje de utilización; el caso de trabajo productivo es de 54% representando 4.3 horas, el trabajo contributorio tiene un 17% que representa 1.3 horas y finalmente el trabajo no contributorio con 29% que representa el 2.3 horas. Evidenciándose un porcentaje alto de trabajo no contributorio que debe ser optimizado para no generar ampliación de plazo ni sobrecostos.

### **Continuidad en el procedimiento constructivo**

#### **a.- Datos en campo (3ra vez)**

Es necesario utilizar la ficha técnica N° 3 para recolectar información que permita obtener una muestra de la realidad de campo por la actividad de corte de pavimento flexible, la cual registraría la operación, inspección, transporte, demoras y almacenamiento de la partida analizada. Esto serviría para la identificación de los puntos de quiebre donde no hay fluidez de trabajo o embotellamiento por las diferentes restricciones que se puedan encontrar. Para lo que se necesitaría una matriz de análisis de restricciones que permita dar solución y registro de los impedimentos de avance de la partida durante el tiempo ejecución de la tarea.

### **5.9.2. Identificación de restricciones y mejoramiento con Lean Construction**

#### **a.-Restricción de horario laborable**

Tomando como base los datos que fueron obtenidos con la ficha técnica N° 2, se procede a mostrar los datos de la misma en una tabla, que indican la utilización del tiempo de un operario en la jornada laboral de 8 horas.

*Tabla 121. Utilización del tiempo de operario de compactación de subbase.*

<b>Día</b>	<b>Trabajo Contributorio</b>	<b>Trabajo No Contributorio</b>	<b>Trabajo productivo</b>
<i>Op 1</i>	17 %	29 %	54 %

*Fuente: Autoría propia.*

Lo que se muestra, indica que el operario usa su tiempo en tres categorías, la productiva con 54%, la contributaria con 17% y la no contributaria con 29%, que significa que, de las ocho horas laborables del día, lo pierde en ese porcentaje no contributivo que pueden ser diferentes actividades que agreguen valor a la partida como descanso prolongado, permiso para ir al baño, demora en el traslado de material, demora en el preparado de material, demora en la instalación del puesto de trabajo, lo cual afecta de manera directa a l trabajo productivo de la actividad desarrollada.

### 5.9.3. Después de la implementación de filosofía cero pérdidas

#### Productividad inicial

##### a. Datos de campo (4ta vez)

Se refiere a la cantidad producida durante un día laboral que se registra con la ficha técnica N°1, que recopila la producción diaria, tiempo trabajado y la cantidad de personas involucradas en la actividad. Este resumen se muestra en la tabla 122.

Tabla 122. Cantidad producida optimizada con Lean Construction.

Día	Producción	Tiempo	Cuadrilla	Productividad
06	97.12	6	1	16.19
07	93.00	6	1	15.5
08	91.00	6	1	15.17
09	91.07	6	1	15.18
10	95.00	6	1	15.83
11	94.00	6	1	15.67
12	90.00	6	1	15
13	98.00	6	1	16.33
14	91.00	6	1	15.17
15	96.00	6	1	16

Fuente: Elaboración propia.

## **b. Determinación de la productividad inicial en el expediente**

Para completar este proceso se debe determinar la cantidad producida por día de la actividad analizada, en este caso es la partida corte de pavimento flexible; del cual se extrajeron algunos datos como producción diaria, utilización del tiempo, cantidad de personas involucradas, mostradas en la siguiente tabla:

*Tabla 123. Cantidad producida por día de la actividad compactación de subrasante.*

<b>Día</b>	<b>Producción (m)</b>	<b>Tiempo (Horas)</b>	<b>Cuadrilla (hombres)</b>	<b>Productividad</b>
06	97.12	6	1	16.19
07	93.00	6	1	15.5
08	91.00	6	1	15.17
09	91.07	6	1	15.18
10	95.00	6	1	15.83
11	94.00	6	1	15.67
12	90.00	6	1	15
13	98.00	6	1	16.33
14	91.00	6	1	15.17
15	96.00	6	1	16

*Fuente: Elaboración propia.*

### c. Determinación inicial de la productividad verdadera (PIV)

Es necesario calcular la producción diaria verdadera tomando como base la productividad inicial de la partida corte de pavimento flexible, para lo cual se tomarán los siguientes datos:

- Cantidad producida por día: 936.19 metros lineales
- Cantidad de horas trabajadas: 6 horas
- Cantidad de personas involucradas: 10 hombres

Se representará de manera sintetizada los cálculos obtenidos en la tabla 124.

Tabla 124. Promedio de la productividad de la actividad compactación de subbase existente.

<b>Día</b>	<b>Producción (m)</b>	<b>Tiempo (Horas)</b>	<b>Cuadrilla (hombres)</b>	<b>Productividad</b>
06 al 15	936.19	6	10	15.60

Fuente: Elaboración propia.

La sinterización presentada en la tabla 16, indica lo realizado desde el día 6 al día 25 de la partida analizada, mostrando que se realizó 936.19 metros lineales de corte con una productividad eficiente de 15.6031 metros lineales por hora en un jornal.

### d. Varianza de la productividad verdadera

Para calcular la varianza de la productividad en la partida corte de pavimento flexible es necesario tomar dato de varianza estándar de los producido diariamente y compararlo con la cantidad producida en el jornal.

- Varianza de productividad: 0.2609 metros por hora.
- Productividad verdadera: 15.6031 metros por hora.

De acuerdo a lo calculado se representa de forma sintetizada en tabla, donde se muestra el cociente de variabilidad estándar de lo producido en un día laborable:

Por lo determinado en la tabla 17 se infiere que la varianza de productividad es de 1.3 metros por hora hombre y el coeficiente calculado se encuentra en 4.067%, que significa que 15 a 16.3 horas hombre varían entre los días trabajados en corte de pavimento flexible.

Luego se representa gráficamente lo obtenido en la tabla 17, que relaciona la producción referencial y la variabilidad de la producción durante los días de duración de la actividad analizada.

*Figura 106. Representación de la varianza de la productividad de compactación de subbase.*



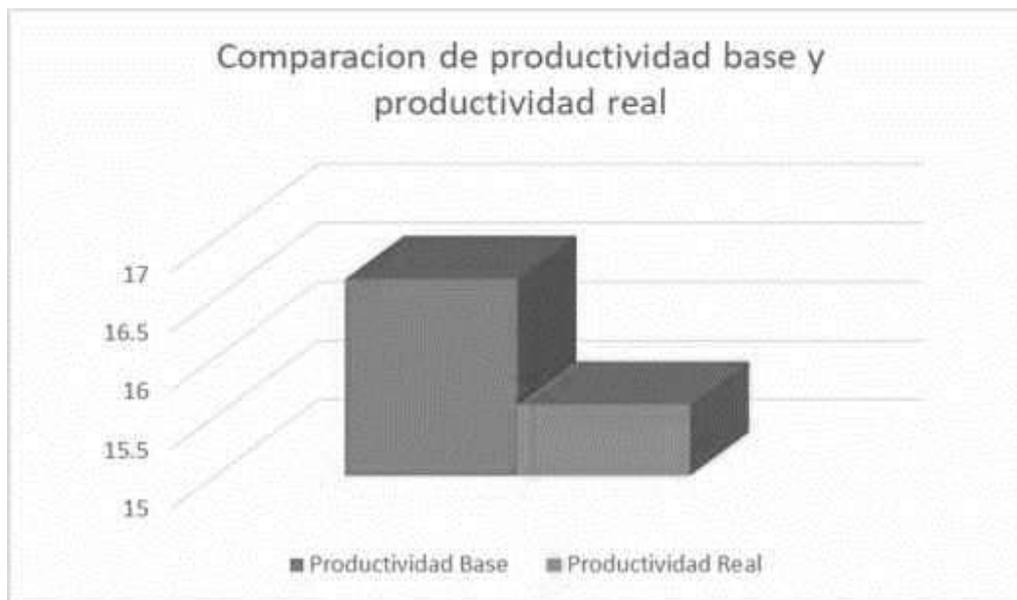
*Fuente: Autoría propia.*

En concordancia con la figura 17, se ha representado la productividad real con relación a la varianza obtenida de la actividad, en cada día de desarrollo de la misma.

#### **e. Proceso comparativo de las productividades antes y después de implementar la filosofía sin pérdidas**

Para determinar el comparativo se toma como base la producción referencial y la producción de campo la actividad analizada que en este caso es el corte de pavimento flexible, que se representa en la figura 106.

Figura 107. Varianza de las productividades de la actividad compactación de subbase.



Fuente: Elaboración propia.

Lo representado en el gráfico anterior, presenta una productividad base de 16.666 metros lineales por hora hombre y en el caso de la productividad real el valor es de 15.6031 metros por hora hombre. Lo que significa que durante la jornada laboral se puede avanzar de manera planificada 16.666 metros en una hora, mientras que en campo o desarrollo constructivo de la partida se completan 15.6031 metros, generando un déficit de 1 metro menos por hora. Esto afectaría de manera directa a la duración de la actividad analizada.

#### **f. Determinación del índice de productividad verdadero**

Este cálculo requiere de la productividad base, así como de la productividad diaria de la actividad para cortar pavimento, que se puede obtener datos de la tabla 5, de la cual se va a utilizar los datos como productividad inicial, productividad verdadera respectivamente. Por lo que se sintetizará lo obtenido en la tabla 125.

Tabla 125. Cálculo de índice diario de lo producido en compactación de subbase.

<b>Día</b>	<b>Productividad real(hh/m)</b>	<b>Productividad base(hh/m)</b>	<b>IP</b>
06	16.19	16.67	0.97
07	15.5	16.67	0.93
08	15.17	16.67	0.91
09	15.18	16.67	0.91
10	15.83	16.67	0.95
11	15.67	16.67	0.94
12	15	16.67	0.90
13	16.33	16.67	0.98
14	15.17	16.67	0.91
15	16	16.67	0.96

*Fuente: Elaboración propia.*

#### **g. Representación gráfica del índice**

La representación del índice de productividad de la actividad analizada, en este caso la partida corte de pavimento rígido que tiene datos calculados y mostrados en la tabla 17 y cumpliendo con las condiciones de la productividad en la que en el caso que índice sea igual a uno, significa que ambas productividades son iguales.

Figure 108. Representación del índice de productividad diaria de compactación de subbase.

Fuente: Autoría propia.



En la representación gráfica se presenta la duración de la actividad analizada que fueron 9 días, tomados en cuenta desde el día 6 hasta el día 15, relacionado estos con el índice de productividad de la partida corte e pavimento flexible; además de las condiciones restrictivas que se da cuando el índice es menor a uno, quiere decir que la productividad base es mayor a la productividad real por lo que se determina que la productividad global es baja en esta partida.

### **Análisis de precios unitarios**

#### **a. Determinación de la cantidad producida por día**

Para el cálculo de la cantidad producida en un día laborable, es necesario tomar los datos de la tabla 16, de la cual se tomarán los siguientes datos:

- Productividad verdadera: 15.60 metros por hora hombre.
- Cantidad de horas trabajadas: 6 horas
- Cantidad de personas involucradas: 1 persona

Por lo que se sintetiza los cálculos realizados en la tabla 126.

Tabla 126. Producción por día trabajado de compactación de subbase.

Día	Producción (m)	Tiempo (Horas)	Cuadrilla (hombres)	Productividad
06 al 15	15.60	6	1	93.62

Fuente: Elaboración propia.

### b. Proceso de análisis de precios por unidad verdadero

Se realizará de la actividad analizada, en este caso la partida corte de pavimento flexible e=2” tomará los datos de la tabla 18 y determinará lo siguiente:

- Producción por día laborable: 93.619 m/hh
- Cantidad de horas trabajadas: 6 horas
- Cantidad de personas involucradas: 1 hombre

Figura 109. Determinación de precios unitarios de compactación de subbase existente.

Partida FRESADO DE CARPETA ASFALTICA E=5.00 CM						
Rendimiento	m/ Dia	MO. 94.166656	EQ. 94.16656	Costo unitario directo por m: 5.64		
Descripción del Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>						
CAPATAZ	hh	1.000	0.0083	25.15	0.21	
OPERARIO	hh	2.000	0.08	20.96	3.35	
					0.00	
<b>Equipos</b>						
AGUA		m3	0.0012	5.68	0.01	
HERRAMIENTAS MANUALES	% MO		0.030	2.49	0.07	
CORTADORA DE PAVIMENTO CON DISCO	hm		0.08	25	2.00	

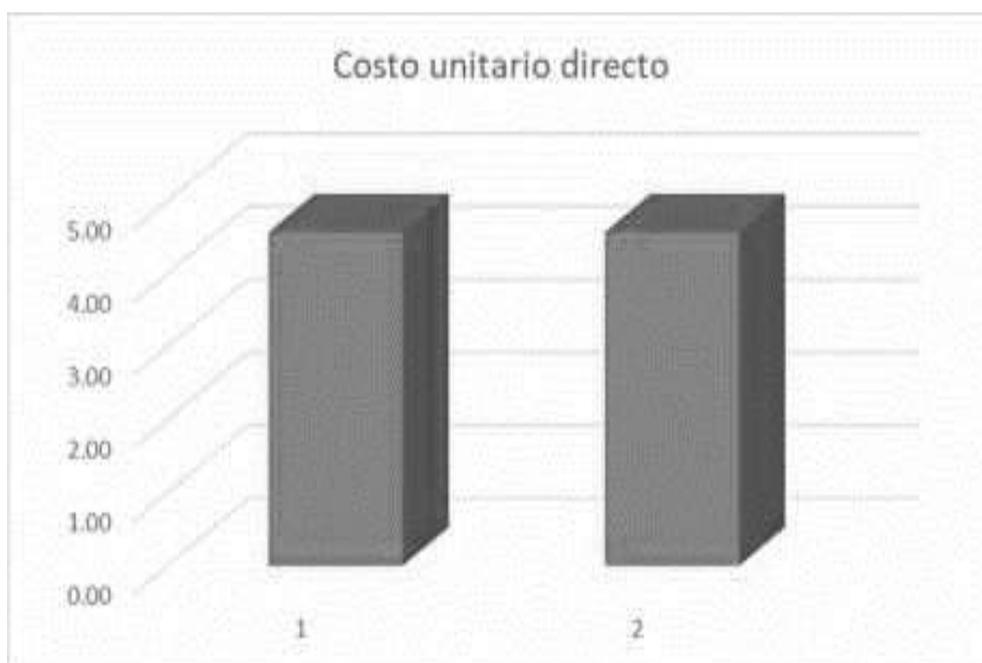
Fuente: Elaboración propia.

En la representación gráfica de los precios unitarios se presenta la mano de obra a utilizar, los equipos, maquinaria y herramientas posibles a usar en la actividad por construir, indicando el costo individual y global de la partida, en este caso la partida tiene un costo de 4.57 soles por metro lineal de corte de pavimento flexible.

### c. Proceso comparativo de productividad inicial y productividad verdadera

Para la representación gráfica de la comparación de ambas productividades se debe tomar datos relevantes de la tabla 16 y tabla 17, las cuales muestran la productividad base y la productividad real respectivamente.

Figura 110. Costos unitarios referenciales de la actividad compactación de subbase existente



*Fuente: Autoría propia.*

De acuerdo al gráfico, se puede visualizar el precio es 4.57 soles y precio real es 4.57 soles. Quiere decir que el expediente referencial se puede cortar 1 m de pavimento flexible debe tener un costo de 4.57 soles y en la ejecución de la partida el costo es el mismo. Entonces precio por unidad referencial es igual precio por unidad de campo, se mantiene el costo.

### Utilización del tiempo

#### a. Datos recolectados por simulación.

Es necesario utilizar la ficha técnica N°2 que permite recolectar datos como el tipo de trabajo realidad por las personas involucradas en la actividad analizada, para luego sintetizarla en la tabla 127.

Tabla 127. Utilización del tiempo para la actividad compactación de subbase existente.

Día	Trabajo Contributorio	Trabajo No Contributorio	Trabajo Productivo
06	17 %	33 %	51 %
07	18 %	36 %	46 %
08	18 %	35 %	48 %
09	17 %	34 %	48 %
10	17 %	34 %	48 %
11	17 %	34 %	49 %

Fuente: Elaboración propia.

#### b. Determinación del uso de tiempo en la actividad

Este paso requiere los datos de ocupación de tiempo por día en la partida corte de pavimento flexible e=2", que se encuentra en la tabla 19. Tomados desde el 6 al día 11, teniendo una muestra de 5 días trabajados.

- % Promedio de trabajo productivo: 49%
- % Promedio de trabajo contributorio: 17%
- % Promedio de trabajo no contributorio: 34%

Para lograr presentar los datos obtenidos se procede a resumirlo en la tabla 20.

Tabla 128. Utilización del tiempo de operario en compactación de subbase existente.

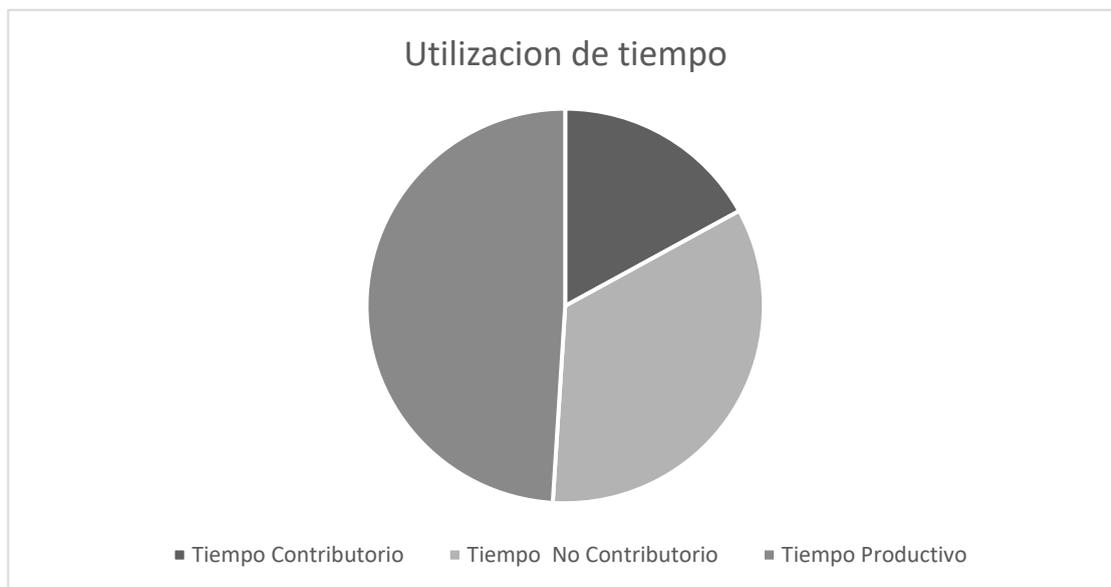
Día	Trabajo Contributorio	Trabajo No Contributorio	Trabajo Productivo
Promedio	17 %	33 %	51 %

Fuente: Elaboración propia.

Los datos obtenidos del cálculo del tiempo utilizado por el operario Op 1 se subdivide en tres categorías, que son la productiva, contributoria y no contributoria, que tiene porcentaje asignados en la ficha técnica empleada, siendo los valores los siguiente; 17% el contributorio, 34% no contributorio y 49% de productivo.

Del grafico se muestra la utilización de tiempo de corte *de pavimento flexible e=2''* (tabla 21).

*Figure 111. Utilización de tiempo por operario en compactación de subbase existente.*



*Fuente: Elaboración propia.*

Durante la representación gráfica de los resultados obtenidos por el cálculo del tiempo utilizado en una jornada de trabajo se determinó que el operario OP1 tuvo 49% de trabajo productivo representado en 2.94 horas, 17% de trabajo contributorio con 1.02 horas y finalmente 34% representado por 2.04 horas, infiriendo que se tiene mucho tiempo perdido.

## Proceso comparativo de las productividades después de implementar Lean

### Construction

#### a. Productividad inicial

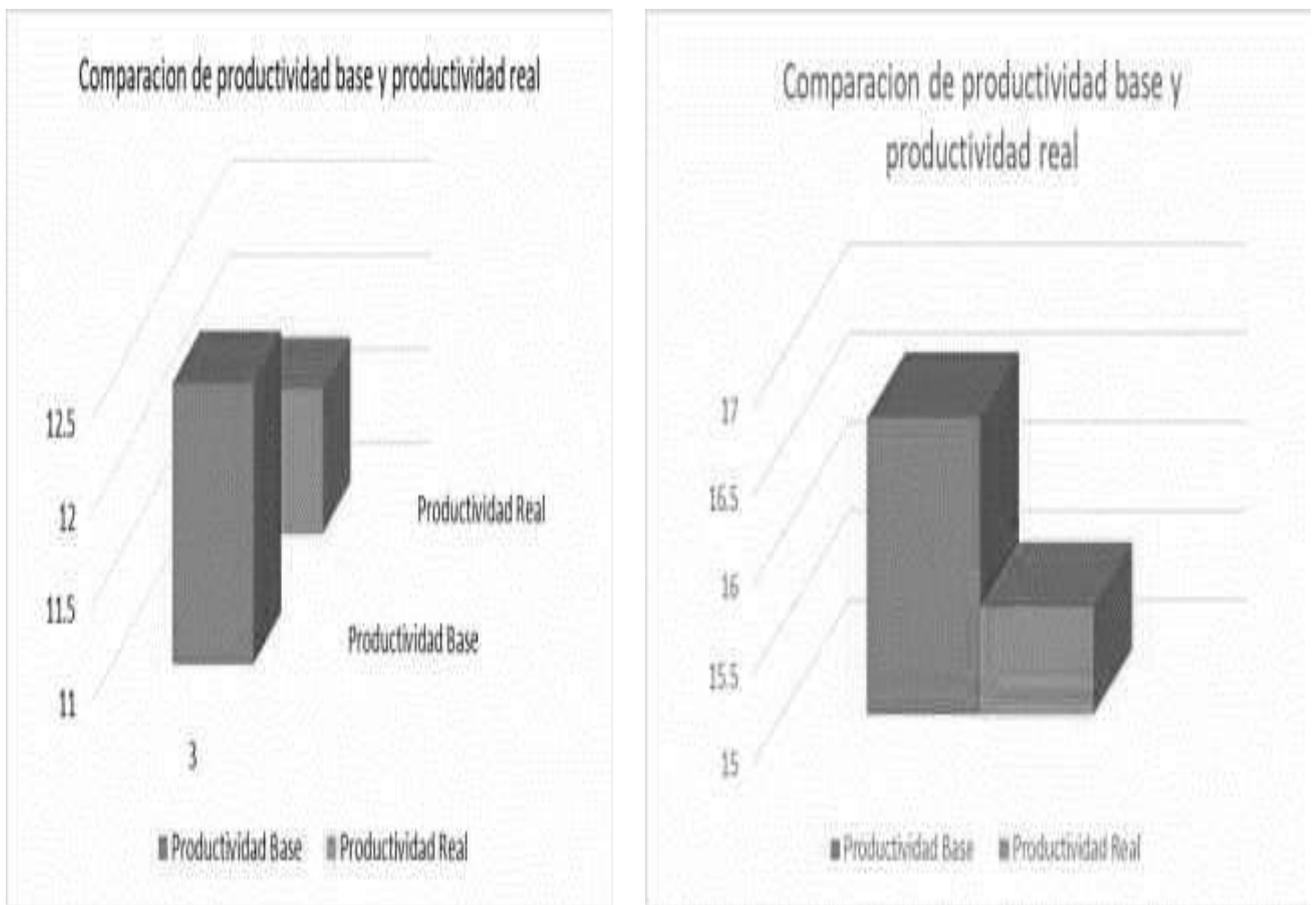


Figura 112. Comparativa de productividades en compactación de subbase existente.

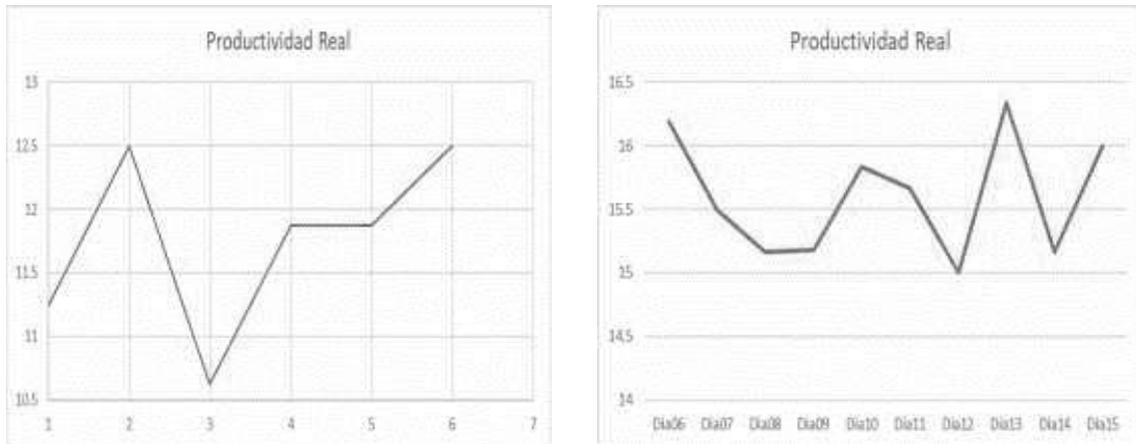
Fuente: Autoría propia.

De acuerdo a lo mostrado en la figura 23, se visualiza que previo a la implementación de la Filosofía Sin Pérdidas la productividad base es 11.5 metros por hora hombre y después de la implementación de la misma, esta productividad se incrementó en 15.5 metros por hora hombre. Lo que significa que la actividad analizada tiene una cantidad de personas involucradas en un jornal laboral realizando el corte de pavimento con sus respectivos rendimientos, indicando una mejora de 4 metros por hora hombre, Por lo que deduce que se logró optimizar esta partida.

## b. Varianza de la productividad verdadera

Figura 113. Comparativa de la varianza de la productividad de la compactación de subbase.

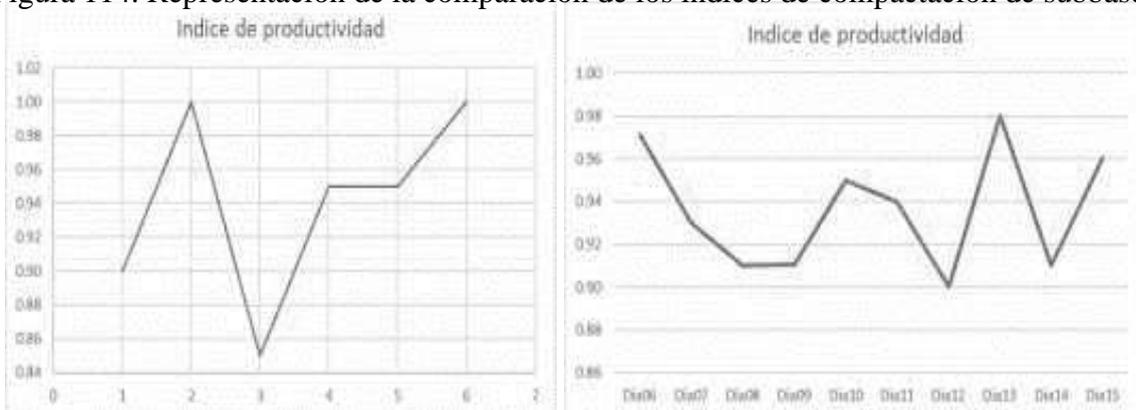
Fuente: Autoría propia.



En la representación de la varianza de la figura 24, se visualiza el cambio optimizador de las productividades reales es de 0.0620732 metros por hora hombre; además de calcular un coeficiente de 6.21%, estos datos se obtuvieron antes de la implementación de la filosofía. Posteriormente a la implementación se realizan nuevos cálculos determinando que la varianza es de 0.2609 metros por hora hombre y el coeficiente de 26.092%. Lo que se puede deducir que las personas involucradas en la actividad de corte de pavimento flexible mantienen avance constante, es por ello que la varianza es estable.

## c. Índice de la Productividad

Figura 114. Representación de la comparación de los índices de compactación de subbase.



Fuente: Autoría propia.

De acuerdo al gráfico, se visualiza que el índice antes de implementar la filosofía es menor que uno ( $IP < 1$ ) y después de aplicarla es igual menor que uno ( $IP < 1$ ). Esto quiere decir que en la partida no hubo incremento en la productividad. Se mantuvo el mismo nivel durante el proceso.

### Análisis de precios unitarios

#### a. Costo por unidad.

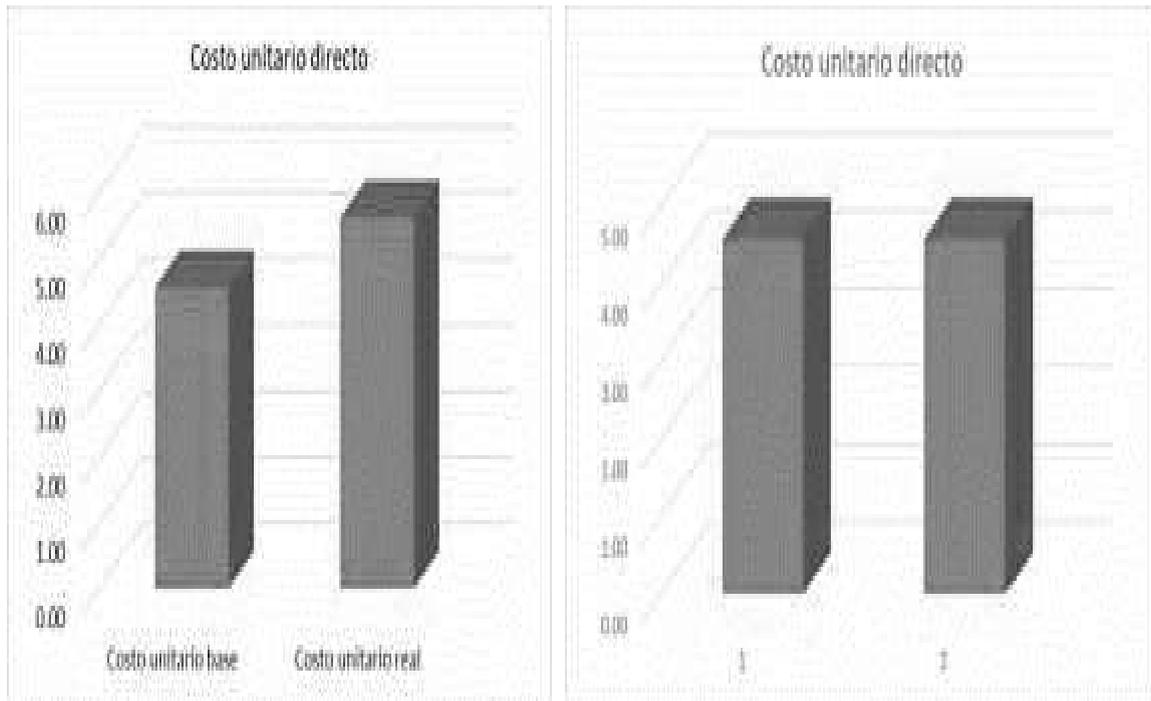
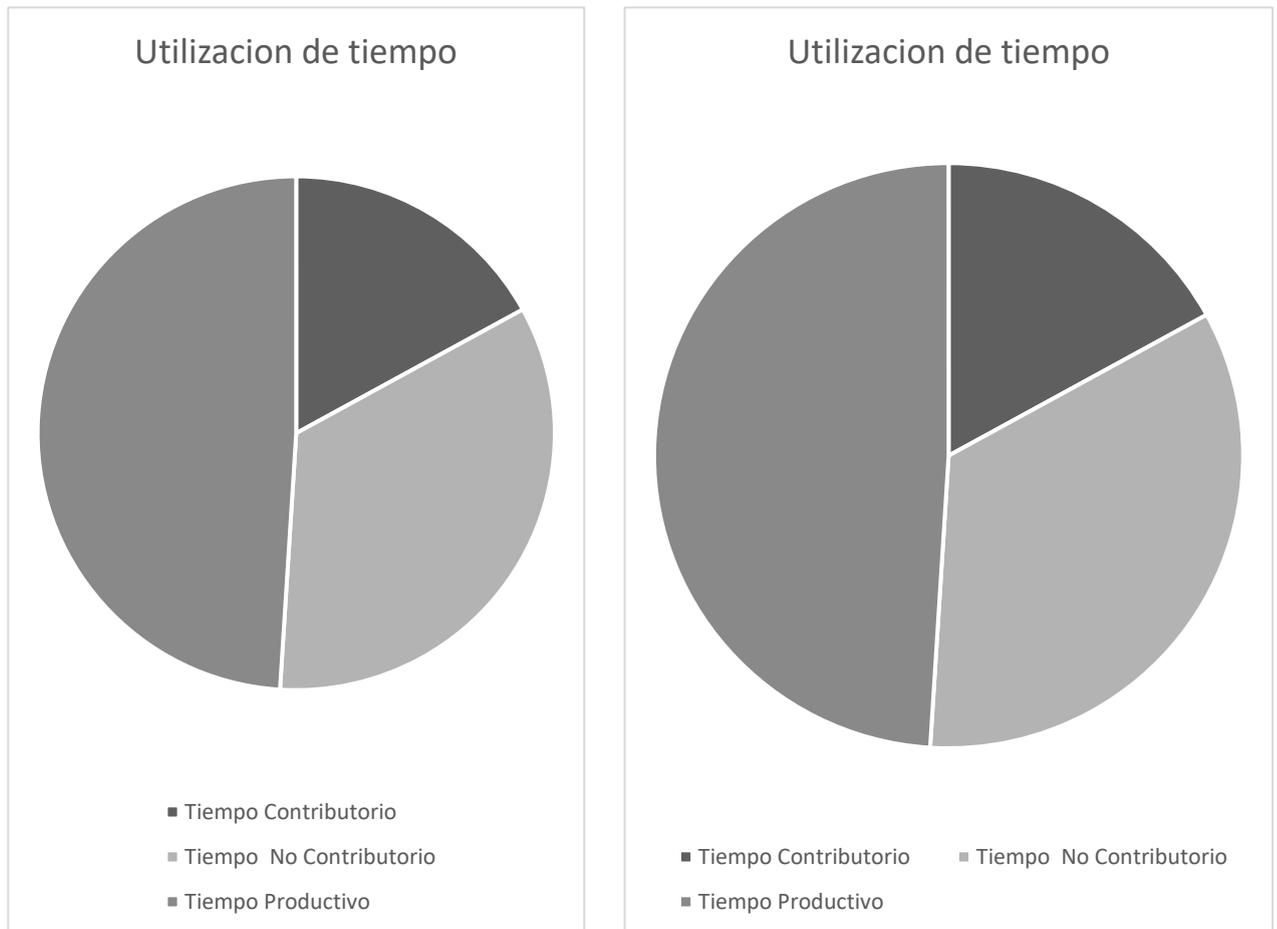


Figura 115. Representación gráfica de costo por unidad de ambas metodologías.

Fuente: Elaboración propia.

Para la representación 120, es bastante claro que el costo unitario calculado para la partida antes de aplicar la Filosofía Cero Pérdidas es de 5.63 soles y posteriormente a su implementación se indica el valor de 4.57 soles. Lo que significa que en la partida *corte de pavimento flexible e=2"* realizar la tarea tuvo un costo de 5.63 soles por metro de pavimento flexible y al momento de la mejora este costo se reduce a 4.57 soles, por tanto, el costo se ha reducido en 0.06 soles por metro de pavimento flexible.

## Utilización de tiempo de actividad



*Figura 116. Representación de la utilización de tiempo para compactación de subbase.*

*Fuente: Elaboración propia.*

Para la representación de la figura 116, se puede visualizar que en la actividad de corte de pavimento flexible de  $e=2''$ , los tiempos son de tres tipos, productivo con 43 % , el contributorio con 38% y finalmente el no contributorio con 19% de toda la jornada laboral, estos valores fueron obtenidos antes de la implementación de la nueva metodología; luego de aplicar Lean se calculan nuevos datos, que son los siguiente; trabajo productivo con 49%, trabajo contributorio con 34% y finalmente el trabajo no contributorio con 1%.

## 5.10. Análisis de resultados de la partida base granular $e=0.20$ cm

### 5.10.1. Antes de implementar la filosofía

#### Productividad calculada

##### a.- Determinación de la producción inicial.

El cálculo de esta productividad inicial se da con el uso de los precios unitarios de la partida mencionada, de la cual se obtuvo los datos siguientes:

- Cantidad de avance por día: 100 metros
- Tiempo de trabajo por día: 6 horas
- Cantidad de personas en la actividad: 2 personas

Con esta información se procede a sintetizar y calcular lo necesario presentado en la tabla.

Tabla 129. Productividad inicial de fresado de base granular  $e=0.20$  cm.

Partida	Producción (m)	Jornada (horas)	Cuadrilla (hombres)	Productividad (m/hh)
Corte de pavimento flexible	100.00	8.00	1.00	12.5

Fuente: Elaboración propia.

Se indica que se trabajó con productividad de 12.5 metros por hora hombre, que de acuerdo al expediente base es óptimo el corte mínimo de 12.5 metros lineales de pavimento flexible en una hora utilizando una persona en la actividad.

##### b.- Datos en campo con simulación.

Se registró la cantidad producida por día con la ficha técnica N° 1 (anexo 5), así como también la cantidad de personas que se involucraron, desde el inicio hasta el final de la actividad, esta fue de 5 días.

Tabla 130. Días trabajados de la partida en base granular  $e=0.20$  cm.

Día	Producción (m)	Tiempo (Horas)	Cuadrilla (hombres)
01	90.00	8.00	1.00
02	100.00	8.00	1.00
03	85.00	8.00	1.00
04	95.00	8.00	1.00
05	95.00	8.00	1.00
06	100.00	8.00	1.00

Fuente: Elaboración propia.

### c.- Determinación inicial de la productividad verdadera

Este proceso se obtiene de los datos de la tabla 4 y colocando la producción, el tiempo empleado en la actividad, la cantidad de personas involucrada y finalmente se calcula lo que se produjo en metros lineales por hora.

Tabla 131. Cantidad producida en partida base granular  $e=0.20$  cm.

Día	Producción (m)	Tiempo (Horas)	Cuadrilla (hombres)	Productividad (m/hh)
01	90.00	8.00	1.00	11.25
02	100.00	8.00	1.00	12.5
03	85.00	8.00	1.00	10.63
04	95.00	8.00	1.00	11.88
05	95.00	8.00	1.00	11.88
06	100.00	8.00	1.00	12.5

Fuente: Elaboración propia.

#### d.- Determinación de la productividad para análisis

Para este proceso se obtienen datos de la cantidad producida por día en la partida demolición de pavimento flexible, para lo cual se resume los siguientes ítems:

- Productividad total: 565 metros
- Cantidad de horas trabajadas: 8 horas
- Cantidad de personas involucradas en la actividad: 6 hombres

Tabla 132. Productividad para análisis de partida base granular  $e=0.20$  cm.

Día	Producción (m)	Tiempo (Horas)	Cuadrilla (hombres)	Productividad (m/hh)
01 al 06	565.00	8.00	6.00	11.77

Fuente: Elaboración propia.

El resultado indica que en los días laborados (6 días) se realizó el corte de 11.770833 metros de pavimento flexible en una hora por persona durante una jornada de trabajo de 8 horas.

#### e- Calculo de la varianza en la productividad verdadera

Este paso se determina mediante la varianza de la partida analizada, para lo cual se extrajo lo siguiente:

- Varianza estándar : 0.0620732 metros por hora hombre
- Productividad verdadera : 11.770833 metros por hora hombre

De la tabla se realizará el proceso de conocer el cociente variable de la producción verdadera.

Tabla 133. Varianza en productividad de partida base granular  $e=0.20$  cm.

Día	Desviación Estándar (m/hh)	Promedio (m/hh)	Coef. De variación (%)
01 al 06	0.062	11.77	6.21

Fuente: Autoría propia.

De acuerdo a la tabla anterior se presenta la producción verdadera y se calcula la varianza que es 0.0620732 metros por hora hombre, además se obtuvo un coeficiente final de 6.20% de la misma partida.

El gráfico indica de manera visual lo presentado en la tabla 7, relacionando en el eje vertical los rangos de la variación estándar y en el eje horizontal los valores obtenidos en cada día de análisis de la actividad corte de pavimento flexible.



Figura 117. Comparación de rangos de variación estándar y valor diario de varianza.

Fuente: Autoría propia.

#### **f- Proceso comparativo de las productividades antes y después de implementar la filosofía sin pérdidas.**

Se presenta la comparación de las productividades verdaderas vs productividades iniciales de la actividad base granular  $e=0.20$  cm

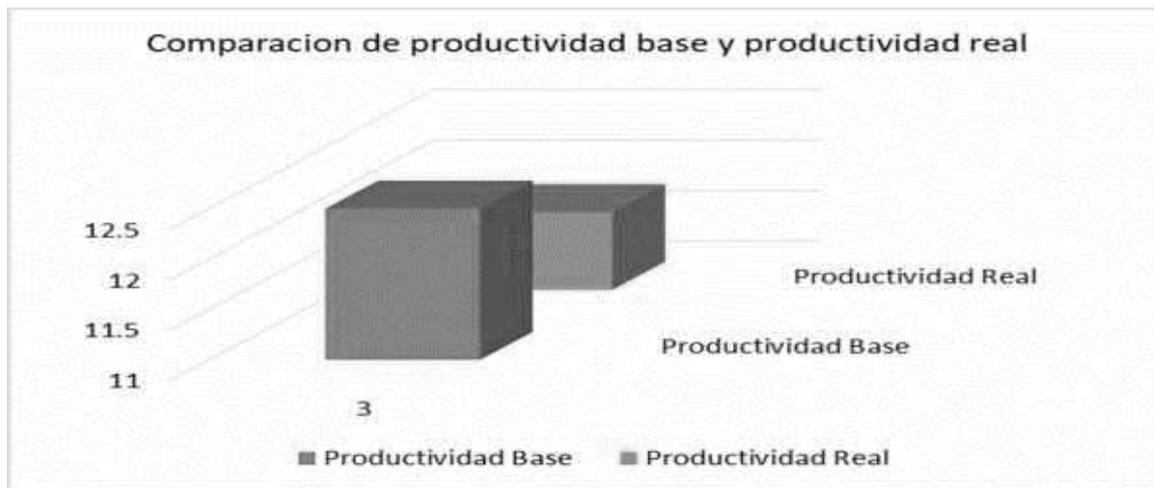


Figura 118. Comparación de productividades en actividad base granular  $e=0.20$  cm.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a lo representado en el gráfico 13, se infiere que la productividad base de la actividad es de 12.5 metros por hora hombre, mientras que la productividad real de la misma es de 11.7708 metros por hora hombre; esto quiere decir que lo que se esperaba realmente de acuerdo al documento contractual es de 12,5 pero en la ejecución real o en campo se obtuvo un valor de 11.7708, esto hace una diferencia de 0.28 metros menos. Lo que nos indica que en esta actividad existe productividad baja debido a diferentes motivos.

#### **g- Determinación del índice de la cantidad efectiva de producción**

En este proceso se debe calcular lo efectivo que debe ser lo producido por el personal involucrado en la partida corte de pavimento flexible, durante los días que dure la misma actividad, que en este caso son 6 días. Los datos necesarios para este cálculo son la productividad inicial y la productividad verdadera para poder compararlos por día efectivo y generar la relación entre ambas cantidades de manera que se evidencie si existen valores positivos o negativos en el análisis.

Tabla 134. Cantidad efectiva de producción de la actividad de base granular  $e=0.20$  cm.

Día	Productividad		
	real(hh/m)	base(hh/m)	
01	11.25	12.5	0.90
02	12.5	12.5	1.00
03	10.625	12.5	0.85
04	11.875	12.5	0.95
05	11.875	12.5	0.95
06	12.5	12.5	1.00

Fuente: Elaboración propia.

#### h.- Representación del índice

Se representará el índice obtenido en el paso anterior, lo cual indica de manera visual la variación de los índices de productividad e cada día desarrollados en la actividad analizada.

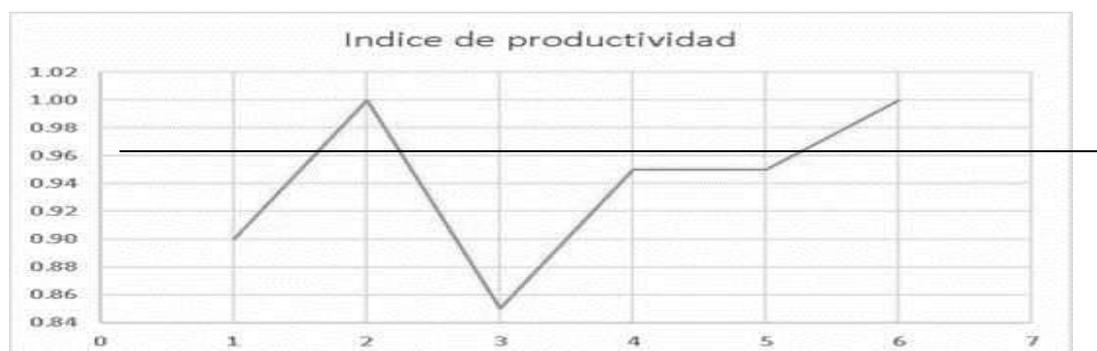


Figura 119. Representación de los índices de los días trabajados en la actividad base granular.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los lineamientos de análisis de productividades de actividades, si el índice obtenido es igual a 1, esto quiere decir que lo esperado en el avance es igual a lo producido en el campo, por lo que no hay productividad baja ni alta, es un estado normal o estable.

## Análisis de costos unitarios

### a.- Determinación de la cantidad producida por día

Se procede a determinar lo que se produce en el día a día de la actividad, para lo cual se extrae lo siguiente

- Productividad verdadera : 11.7708 metros
- Cantidad de horas trabajadas : 8 horas
- Cantidad de personas involucradas: 1 persona

Por consiguiente, se presenta la tabla donde se indica el avance diario

Tabla 135. Cantidad global de producción en base granular  $e=0.20$  cm.

Día	Productividad real(hh/m)	Productividad base(hh/m)	IP
Día01 al 06	11.77	8	94.17

Fuente: Elaboración propia.

### b.- Proceso de análisis de precio unitario verdadero

En este caso se indica los costos de manera detallada con la mano de obra, equipos, maquinaria y herramientas en la partida demolición de pavimento rígido.

- Cantidad de producción por día : 94.16666 metros por día
- Cantidad de horas trabajadas : 8 horas
- Cantidad de personas involucradas: 1 hombre

Luego de culminar el cálculo anterior se procede a analizar los costos directos unitarios.

Tabla 136. Análisis de precios unitarios de la actividad base granular  $e=0.20$  cm.

Partida BASE GRANULAR E=0.20 CM						
Rendimiento	m/ Dia	MO. 94.166656	EQ. 94.16656	Costo unitario directo por m:		5.64
Descripción del Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>						
CAPATAZ	hh	1.000	0.0083	25.15	0.21	
OPERARIO	hh	2.000	0.08	20.96	3.35	
						0.00
<b>Equipos</b>						
AGUA		m3	0.0012	5.68	0.01	
HERRAMIENTAS MANUALES	% MO		0.030	2.49	0.07	
CORTADORA DE PAVIMENTO						
CON DISCO	hm		0.08	25	2.00	

Fuente: Autoría propia.

Del análisis previo se obtiene que el precio real de la partida demolición de pavimento flexible es de 5.63 soles por metro lineal. Quiere decir que realizar el corte de pavimento en 1 metro lineal cuesta 5.63 soles, usando 1 capataz y 2 operarios, así como los porcentajes y cantidades de materiales indicados en el análisis.

### c.- Representación comparativa de costo unitario verdadero y costo unitario proyectado

En el gráfico adjunto se observa el precio referencial (anexo 4) y el costo por unidad de la actividad corte *a nivel de subrasante* (tabla 10).



Figura 120. Costo unitario de la partida base granular  $e=0.20$  cm.

Fuente: Autoría propia.

En relación a lo representado en el gráfico 120, se determina el costo unitario básico de la actividad en 4.57 soles y el costo real de campo es de 5.63 soles, se evidencia un mayor costo en campo de lo esperado en el expediente, por lo que hay un sobre costo de 1.06 soles por metro línea de pavimento flexible cortado.

### Utilización del tiempo

#### a.- Datos en campo (2da vez)

En este caso se procedió a determinar las actividades derivadas de la partida principal que se realizaron durante los días de ejecución, para ello se necesitó de la ficha técnica N° 2 y

de validación de los expertos para tomar registro de cada 2 minutos del tiempo que emplean por cada sub actividad desencadenada por el corte de pavimento flexible.

Tabla 137. Utilización del tiempo por día de la actividad base granular  $e=0.20$  cm.

Día	Trabajo Contributorio	Trabajo No Contributorio	Trabajo productivo
01	25 %	29 %	46 %
02	8 %	23 %	69 %
03	13 %	27 %	60 %
04	15 %	31 %	54 %
05	15 %	31 %	54 %

Fuente: Elaboración propia.

#### b. Determinación de la utilización del tiempo

Para completar el proceso se debe tomar en cuenta el tiempo de las subactividades realizadas día a día, generando un lineamiento y tomando los siguientes datos:

- Promedio del trabajo productivo : 56 %
- Promedio de trabajo contributorio: 16%
- Promedio de trabajo no contributorio: 29%

Ya calculado lo anterior se procede a presentar lo obtenido en síntesis como la tabla siguiente

Tabla 138. Promedio de utilización del tiempo de la actividad base granular  $e=0.20$  cm.

Día	Trabajo Contributorio	Trabajo No Contributorio	Trabajo productivo
Promedio	17%	29 %	54 %

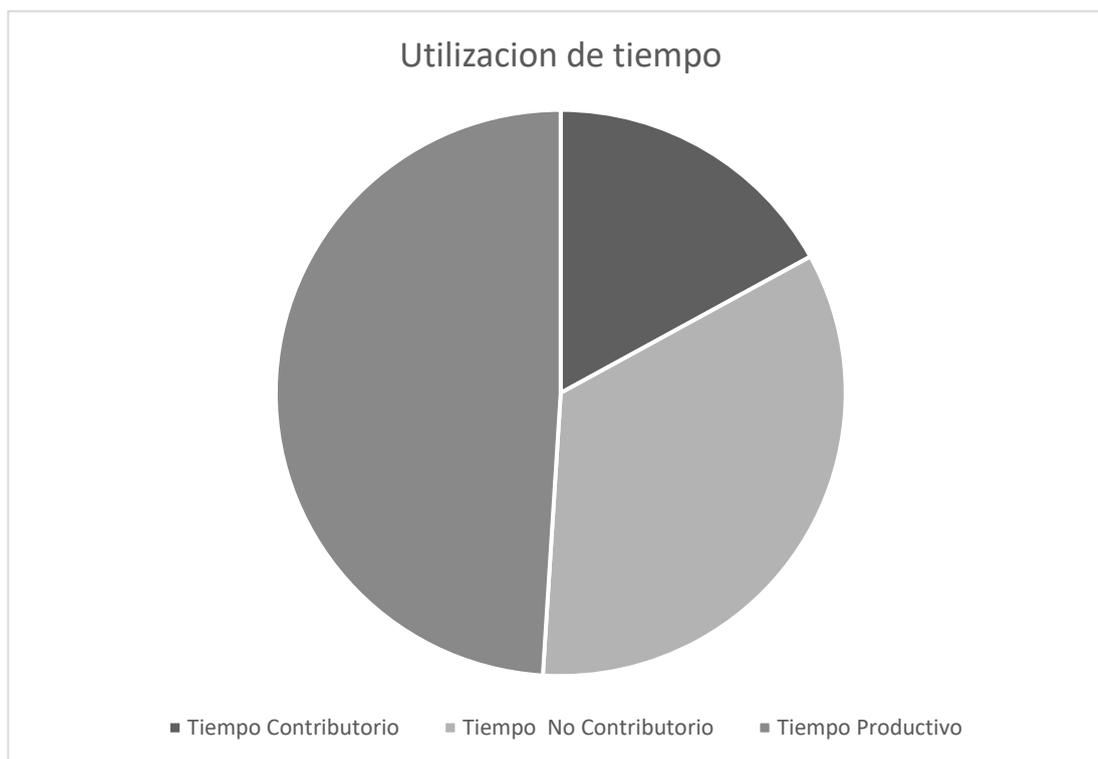
Fuente: Autoría propia.

En relación a lo mostrado, se ha obtenido un global de la utilización del tiempo de los 6 días que dura la actividad analizada, por lo que cada tipo de trabajo tiene un porcentaje calculado,

por ejemplo, el trabajo productivo es de 54%, el trabajo contributorio es de 17% y el trabajo no contributorio de 29%.

Luego se procede a representar gráficamente la tabla calculada, mostrando los tiempos de la actividad., que se aprecia en la figura 121.

*Figura 121. Promedio de utilización de tiempo de la actividad base granular  $e=0.20$  cm.*



*Fuente: Elaboración propia.*

En concordancia con los valores obtenidos del cálculo de utilización de tiempo se visualiza un total de 8 horas trabajadas que representan el 100% del tiempo ocupado, este tiempo se subdivide en tres categorías, las cuales tienen su propio porcentaje de utilización; el caso de trabajo productivo es de 54% representando 4.3 horas, el trabajo contributorio tiene un 17% que representa 1.3 horas y finalmente el trabajo no contributorio con 29% que representa el 2.3 horas. Evidenciándose un porcentaje alto de trabajo no contributorio que debe ser optimizado para no generar ampliación de plazo ni sobrecostos

## Continuidad en el procedimiento constructivo

### a.- Datos en campo (3ra vez)

Es necesario utilizar la ficha técnica N° 3 para recolectar datos que luego podamos obtener una muestra de la realidad de campo por la actividad de corte de pavimento flexible, la cual registraría la operación, inspección, transporte, demoras y almacenamiento de la partida analizada. Esto serviría para la identificación de los puntos de quiebre donde no hay fluidez de trabajo o embotellamiento por las diferentes restricciones que se puedan encontrar. Para lo que se necesitaría una matriz de análisis de restricciones que permita dar solución y registro de los impedimentos de avance de la partida durante el tiempo ejecución de la tarea.

## 5.10.2. Identificación de restricciones y mejoramiento con Lean Construction

### a.-Restricción de horario laborable

Tomando como base los datos que fueron obtenidos con la ficha técnica N° 2, se procede a mostrar los datos de la misma en una tabla, que indican la utilización del tiempo de un operario en la jornada laboral de 8 horas.

Tabla 139. Utilización del tiempo de operario de base granular  $e=0.20$  cm.

Día	Trabajo Contributorio	Trabajo No Contributorio	No Trabajo productivo
Op 1	17%	29 %	54 %

*Fuente: Autoría propia.*

Lo que se muestra en la tabla 13 indica que el operario usa su tiempo en tres categorías, la productiva con 54%, la contributaria con 17% y la no contributaria con 29%, que significa que de las ocho horas laborables del día, lo pierde en ese porcentaje no contributorio que pueden ser diferentes actividades que agreguen valor a la partida como descanso prolongado, permiso para ir al baño, demora en el traslado de material, demora en el preparado de material, demora en la instalación del puesto de trabajo, etc; lo cual afecta de manera directa al trabajo productivo de la actividad desarrollada.

### 5.10.3. Después de la implementación de filosofía cero pérdidas

#### Productividad inicial

##### a. Datos de campo (4ta vez)

Se refiere a la cantidad producida durante un día laboral que se registra con la ficha técnica N°1, que recopila la producción diaria, tiempo trabajado y la cantidad de personas involucradas en la actividad. Este resumen se muestra en la tabla 140.

Tabla 140. Cantidad producida optimizada con Lean Construction.

Día	Producción (m)	Tiempo	Cuadrilla
		(Horas)	(hombres)
06	97.12	6	1
07	93.00	6	1
08	91.00	6	1
09	91.07	6	1
10	95.00	6	1
11	94.00	6	1
12	90.00	6	1
13	98.00	6	1
14	91.00	6	1
15	96.00	6	1

Fuente: autoría propia.

##### b. Determinación de la productividad inicial en el expediente

Para completar este proceso se debe determinar la cantidad producida por día de la actividad analizada, en este caso es la partida corte de pavimento flexible; del cual se extrajeron algunos

datos como producción diaria, utilización del tiempo, cantidad de personas involucradas, mostradas en la siguiente tabla:

Tabla 141. Cantidad producida por día de la actividad base granular  $e=0.20$  cm.

<b>Día</b>	<b>Producción (m)</b>	<b>Tiempo (Horas)</b>	<b>Cuadrilla (hombres)</b>	<b>Productividad</b>
06	97.12	6	1	16.19
07	93.00	6	1	15.5
08	91.00	6	1	15.17
09	91.07	6	1	15.18
10	95.00	6	1	15.83
11	94.00	6	1	15.67
12	90.00	6	1	15
13	98.00	6	1	16.33
14	91.00	6	1	15.17
15	96.00	6	1	16

Fuente: Elaboración propia.

### c. Determinación inicial de la productividad verdadera (PIV)

Es necesario calcular la producción diaria verdadera tomando como base la productividad inicial de la partida corte de pavimento flexible, para lo cual se tomarán los siguientes datos:

- Cantidad producida por día: 936.19 metros lineales
- Cantidad de horas trabajadas: 6 horas
- Cantidad de personas involucradas: 10 hombres

Se representará de manera sintetizada los cálculos obtenidos en la tabla 142.

Tabla 142. Promedio de la productividad de la actividad base granular  $e=0.20$  cm.

<b>Día</b>	<b>Producción (m)</b>	<b>Tiempo (Horas)</b>	<b>Cuadrilla (hombres)</b>	<b>Productividad</b>
06	936.19	6	10	15.60

Fuente: Elaboración propia.

La sinterización presentada en la tabla 16, indica lo realizado desde el día 6 al día 25 de la partida analizada, mostrando que se realizó 936.19 metros lineales de corte con una productividad eficiente de 15.6031 metros lineales por hora en un jornal.

#### **d. Varianza de la productividad verdadera**

Para calcular la varianza de la productividad en la partida corte de pavimento flexible es necesario tomar dato de varianza estándar de los producido diariamente y compararlo con la cantidad producida en el jornal.

- Varianza de productividad: 0.2609 metros por hora.
- Productividad verdadera: 15.6031 metros por hora.

De acuerdo a lo calculado se representa de forma sintetizada, donde se muestra el cociente de variabilidad estándar de lo producido en un día laborable:

Por lo determinado en la tabla 17 se infiere que la varianza de productividad es de 1.3 metros por hora hombre y el coeficiente calculado se encuentra en 4.067%, que significa que 15 a 16.3 horas hombre varían entre los días trabajados en corte de pavimento flexible.

Luego se representa gráficamente lo obtenido en la tabla 17, que relaciona la  $p$  y producción referencial y la variabilidad durante los días de duración de la actividad analizada.

Figura 122. Representación de la varianza de la productividad de base granular  $e=0.20$  cm.



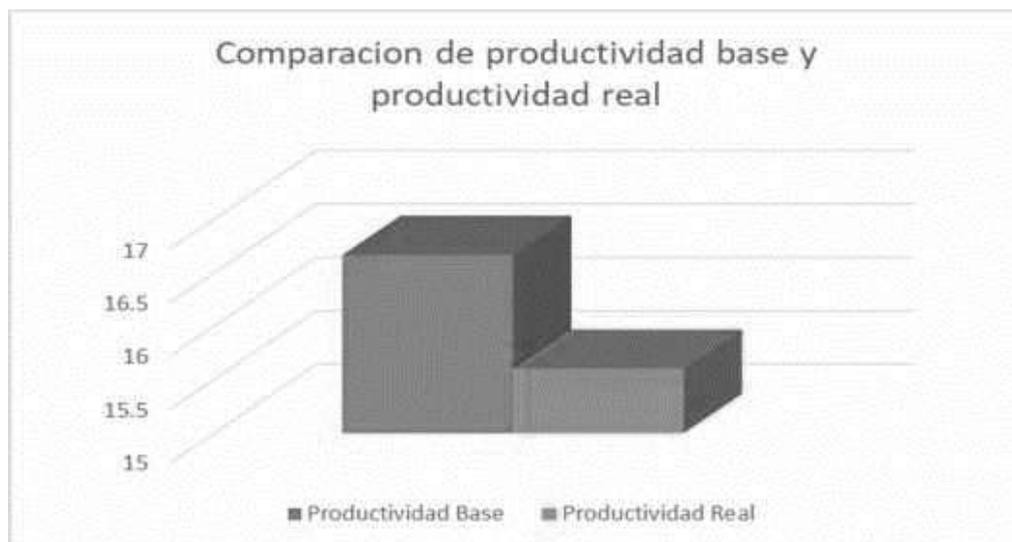
Fuente: Autoría propia.

De acuerdo al grafico 129, se ha representado la producción referencial con relación a la varianza obtenida de la actividad, en cada día de desarrollo de la misma.

### e. Proceso comparativo de las productividades antes y después de implementar la filosofía sin pérdidas

Para determinar el comparativo se toma como base la producción referencial y la producción de campo de la actividad analizada que en este caso es el corte de pavimento flexible, que se representa en la figura 123.

Figura 123. Varianza de las productividades de la actividad base granular  $e=0.20$  cm.



Fuente: Elaboración propia.

Lo representado en el grafico anterior, presenta una productividad base de 16.666 metros lineales por hora hombre y en el caso de la productividad real el valor es de 15.6031 metros

por hora hombre. Lo que significa que durante la jornada laboral se puede avanzar de manera planificada 16.666 metros en una hora, mientras que en campo o desarrollo constructivo de la partida se completan 15.6031 metros, generando un déficit de 1 metro menos por hora. Esto afectaría de manera directa de la actividad analizada.

#### **f. Determinación del índice de productividad verdadero**

Este cálculo requiere de la productividad base, así como de la productividad diaria de la actividad de corte de pavimento que se puede obtener datos de la tabla 5, de la cual se va a utilizar los datos como productividad inicial, productividad verdadera respectivamente. Por lo que se sintetizara lo obtenido en la tabla 143.

*Tabla 143. Cálculo de índice diario de lo producido en base granular  $e=0.20$  cm.*

<b>Día</b>	<b>Productividad real(hh/m)</b>	<b>Productividad base(hh/m)</b>	<b>IP</b>
06	16.19	16.67	0.97
07	15.5	16.67	0.93
08	15.17	16.67	0.91
09	15.18	16.67	0.91
10	15.83	16.67	0.95
11	15.67	16.67	0.94
12	15	16.67	0.90
13	16.33	16.67	0.98
14	15.17	16.67	0.91
15	16	16.67	0.96

*Fuente: Elaboración propia.*

### g. Representación gráfica del índice

La representación del índice de productividad de la actividad analizada, en este caso la partida corte de pavimento rígido que tiene datos calculados y mostrados en la tabla 17 y cumpliendo con las condiciones de la productividad en la que en el caso que índice sea igual a uno, lo que significa que ambas productividades son iguales.

Figure 124. Representación del índice de productividad diaria de base granular  $e=0.20$  cm.



Fuente: Autoría propia.

En la representación gráfica se presenta la duración de la actividad analizada que fueron 9 días, tomados en cuenta desde el día 6 hasta el día 15, relacionado estos con el índice de productividad de la partida corte e pavimento flexible; además de las condiciones restrictivas que se da cuando el índice es menor a uno, quiere decir que la productividad base es mayor a la productividad real por lo que se determina que la productividad global es baja en esta partida.

### Análisis de precios unitarios

#### a. Determinación de la cantidad producida por día

Para el cálculo de la cantidad producida en un día laborable, es necesario tomar los datos de la tabla 16, de la cual se tomarán los siguientes datos:

- Productividad verdadera: 15.60 metros por hora hombre.
- Cantidad de horas trabajadas: 6 horas
- Cantidad de personas involucradas: 1 persona

Por lo que se sintetiza los cálculos realizados en la tabla 18

Tabla 144. Producción por día trabajado de base granular  $e=0.20$  cm.

Día	Productividad real(hh/m)	Tiempo (horas)	Cuadrilla (hombres)
06 al 15	15.60	6	1

Fuente: Elaboración propia.

#### b. Proceso de análisis de precios por unidad s verdaderos

Se realizará de la actividad analizada, en este caso la partida corte de pavimento flexible  $e=2''$  tomará los datos de la tabla 18 y determinará lo siguiente:

- Producción por día laborable: 93.619 m/hh
- Cantidad de horas trabajadas: 6 horas
- Cantidad de personas involucradas: 1 hombre

Figura 125. Determinación de precios unitarios de base granular  $e=0.20$  cm.

Partida BASE GRANULAR E=0.20 CM						
Rendimiento	m/ Dia	MO. 94.166656	EQ. 94.16656	Costo unitario directo por m:		5.64
Descripción del Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.		Parcial S/.
<b>Mano de obra</b>						
CAPATAZ	hh	1.000	0.0083	25.15		0.21
OPERARIO	hh	2.000	0.08	20.96		3.35
						0.00
<b>Equipos</b>						<b>3.56</b>
AGUA		m3	0.0012	5.68		0.01
HERRAMIENTAS MANUALES	% MO		0.030	2.49		0.07
CORTADORA DE PAVIMENTO CON DISCO	hm		0.08	25		2.00

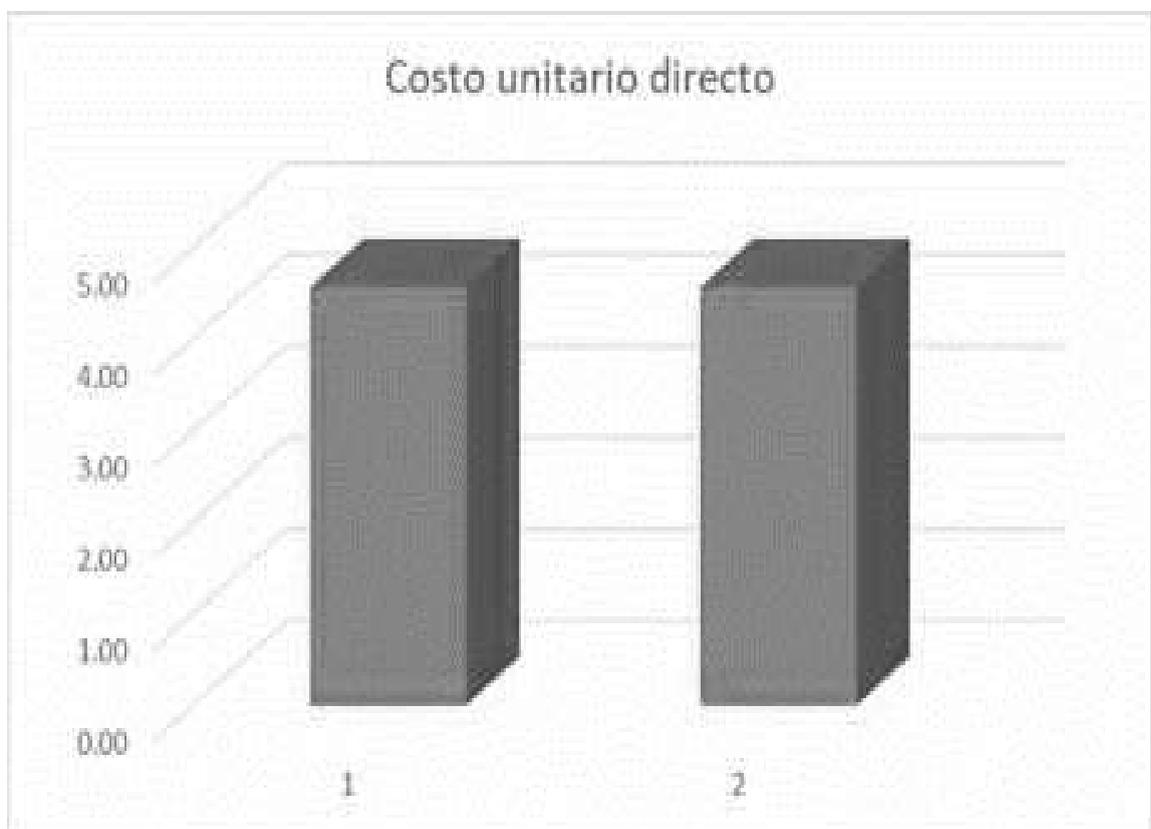
Fuente: Elaboración propia.

En la representación gráfica de los precios unitarios se presenta la mano de obra a utilizar, los equipos, maquinaria y herramientas posibles a usar en la actividad por construir, indicando el costo individual y global de la partida, en este caso la partida tiene un costo de 4.57 soles por metro lineal de corte de pavimento flexible.

### c. Proceso comparativo de productividad inicial y productividad verdadera

Para la representación gráfica de la comparación de ambas productividades se debe tomar datos relevantes de la tabla 16 y tabla 17, las cuales muestran ambas productividades.

Figura 126. Costos unitarios real de la partida base granular e=0.20 cm.



Fuente: Elaboración propia.

### Utilización del tiempo

#### a. Datos recolectados de campo.

Es necesario utilizar la ficha técnica N°2 que permite recolectar datos como el tipo de trabajo realidad por las personas involucradas en la actividad analizada, para luego sintetizarla en la tabla 145

Tabla 145. Utilización del tiempo para la actividad base granular  $e=0.20$  cm.

Día	Trabajo Contributorio	Trabajo No Contributorio	Trabajo Productivo
06	17 %	33 %	51 %
07	18 %	36 %	46 %
08	18 %	35 %	48 %
09	17 %	34 %	48 %
10	17 %	34 %	48 %
11	17 %	34 %	49 %

Fuente: Elaboración propia.

#### b. Determinación del uso de tiempo en la actividad

Este paso requiere los datos de ocupación de tiempo por día en la partida corte de pavimento flexible  $e=2''$ , que se encuentra en la tabla 19. Tomados desde el 6 al día 11, teniendo una muestra de 5 días trabajados.

- % Promedio de trabajo productivo: 49%
- % Promedio de trabajo contributorio: 17%
- % Promedio de trabajo no contributorio: 34%

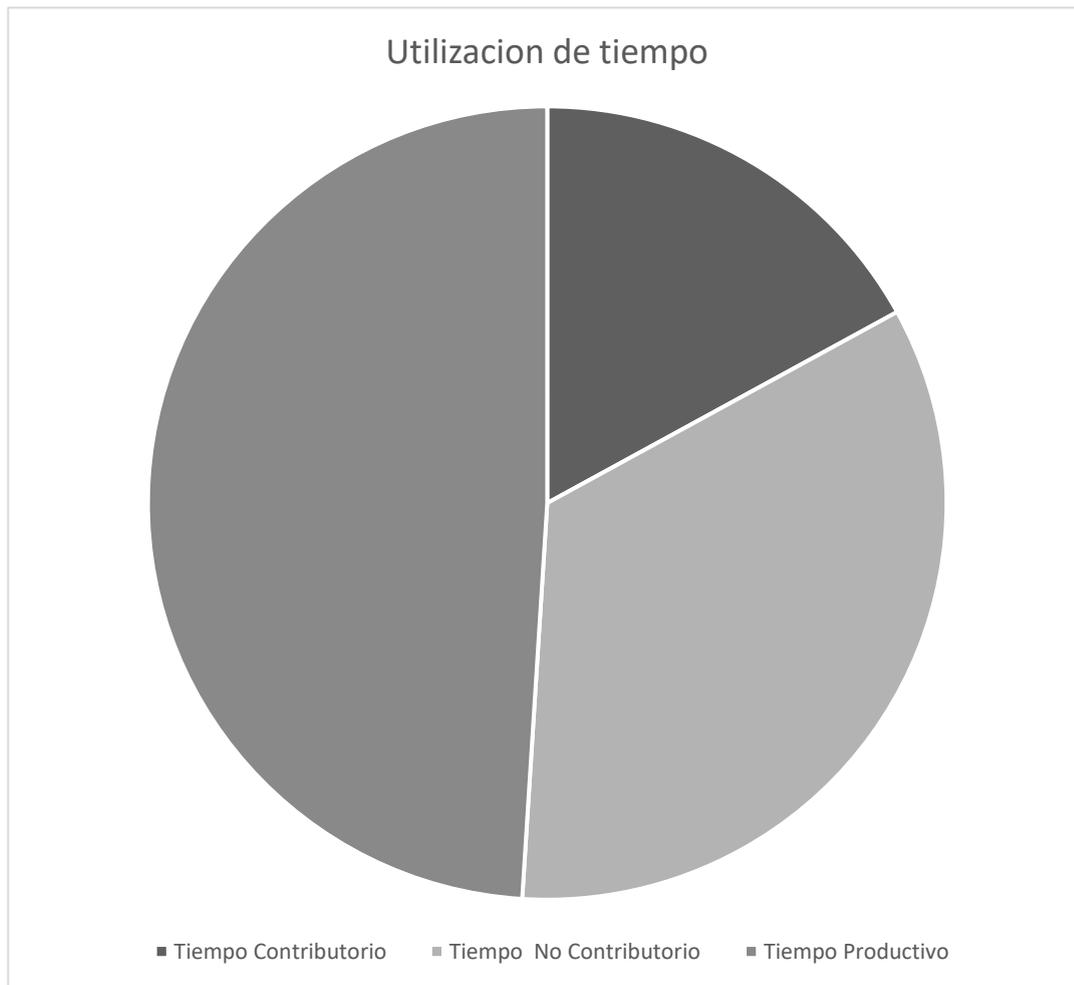
Tabla 146. Utilización del tiempo de operario en la actividad base granular  $e=0.20$  cm.

Día	Trabajo Contributorio	Trabajo No Contributorio	Trabajo Productivo
Op1	17 %	34 %	49 %

Fuente: Elaboración propia.

Los datos obtenidos del cálculo del tiempo utilizado por el operario Op 1 se subdivide en tres categorías, que son la productiva, contributoria y no contributoria, que tiene porcentaje asignados en la ficha técnica empleada, siendo los valores los siguiente; 17% el contributorio, 34% no contributorio y 49% de productivo.

Figure 127. Utilización de tiempo por operario Op1 en la actividad base granular  $e=0.20$  cm



*Fuente: Elaboración propia.*

Durante la representación gráfica de los resultados obtenidos por el cálculo del tiempo utilizado en una jornada de trabajo se determinó que el operario OP1 tuvo 49% de trabajo productivo representado en 2.94 horas, 17% de trabajo contributorio con 1.02 horas y finalmente 34% representado por 2.04 horas, infiriendo que se tiene mucho tiempo perdido.

## Proceso comparativo de las productividades después de implementar la filosofía Lean Construction.

### a. Productividad inicial

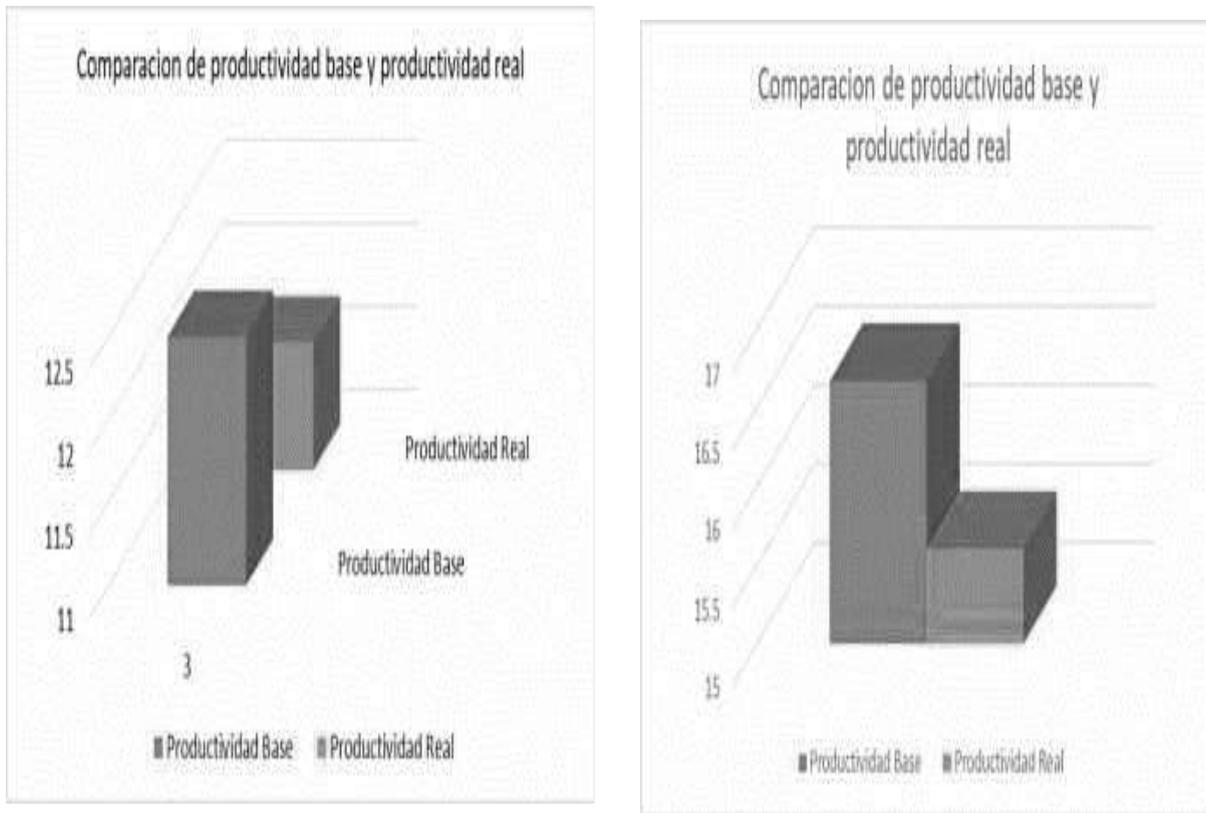
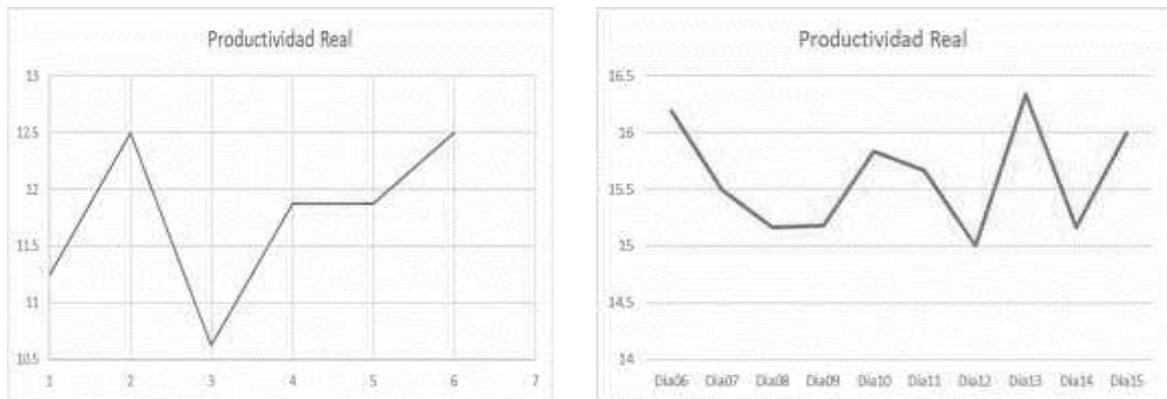


Figura 128. Comparación de productividades en base granular  $e=0.20$  cm.

De acuerdo a lo mostrado en la figura 23, se visualiza que previo a la implementación de la Filosofía Sin Pérdidas la productividad base es 11.5 metros por hora hombre y después de la implementación de la misma, esta productividad se incrementó en 15.5 metros por hora hombre. Lo que significa que la actividad analizada tiene una cantidad de personas involucradas en un jornal laboral realizando el corte de pavimento con sus respectivos rendimientos, indicando una mejora de 4 metros por hora hombre, Por lo que deduce que se logró optimizar esta partida.

## b. Varianza de la productividad verdadera

Figura 129. Comparativa de la varianza de la productividad verdadera de la base granular.



De acuerdo a lo graficado se indica la variabilidad, se visualiza el cambio optimizador de las productividades reales es de 0.0620732 metros por hora hombre; además de calcular un coeficiente de 6.21%, estos datos se obtuvieron antes de la aplicación de Lean Construction. Posteriormente a la implementación se realizan nuevos cálculos determinando que la varianza es de 0.2609 metros por hora hombre y el coeficiente de 26.092%. Lo que se puede deducir que las personas involucradas en la actividad de corte de pavimento flexible mantienen avance constante, es por ello que la varianza es estable.

## c. Índice de la Productividad

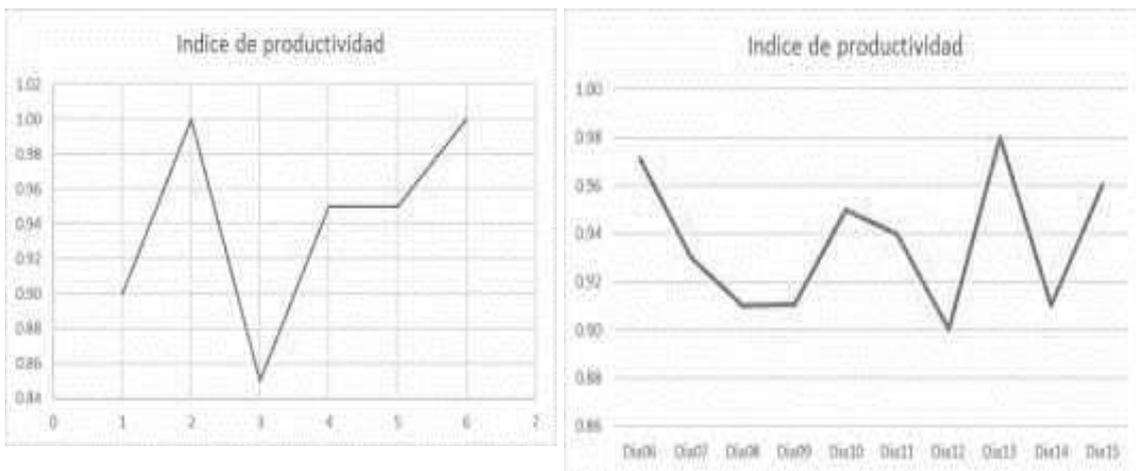


Figura 130. Representación de la comparación de los índices de base granular  $e=0.20$  cm.

Fuente: Autoría propia.

## Análisis de precios unitarios

### a. Costo unitario

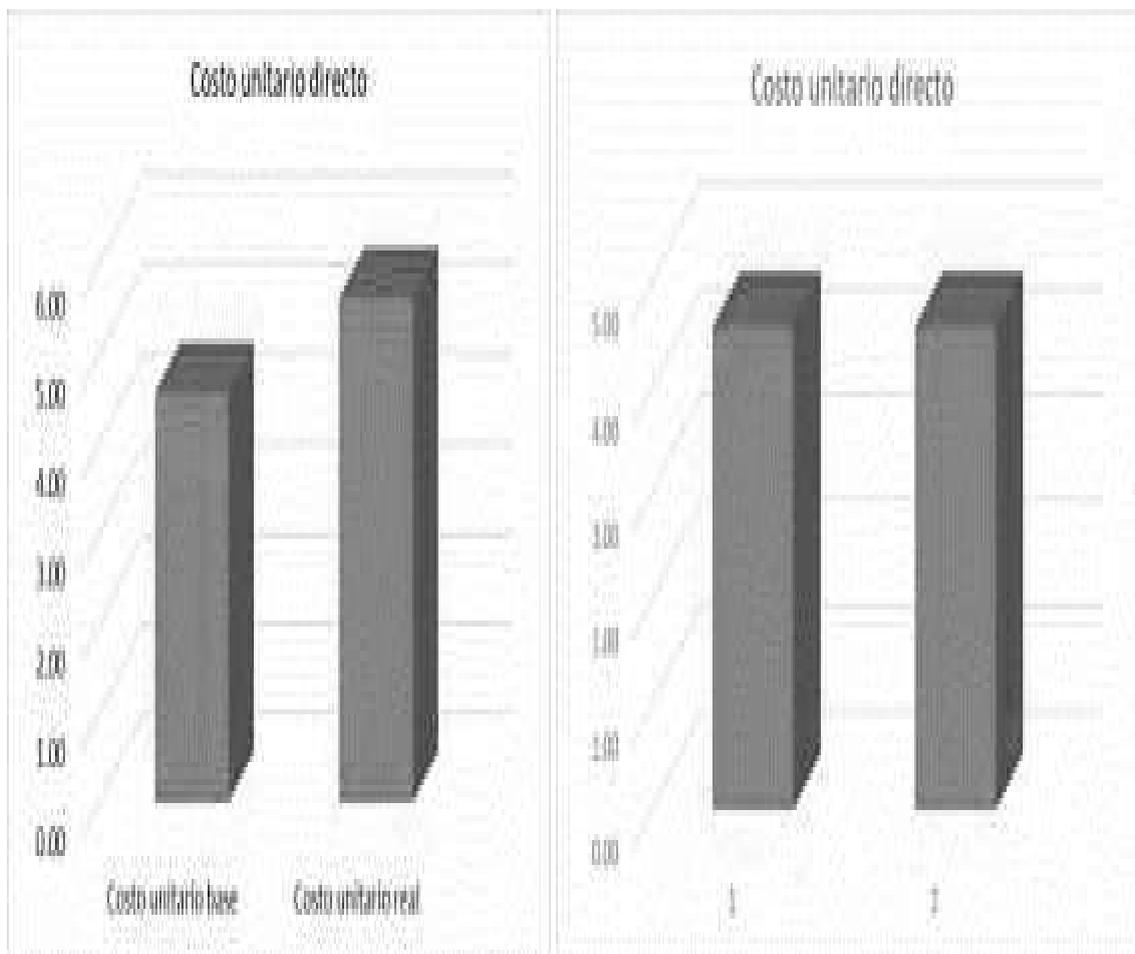


Figura 131. Representación gráfica de costo unitario antes de Lean C y después de aplicarlo.

Para la representación 26, es bastante claro que el costo unitario calculado para la partida antes de aplicar la Filosofía Cero Pérdidas es de 5.63 soles y posteriormente a su implementación se indica el valor de 4.57 soles. Lo que significa que en la partida *corte de pavimento flexible e=2"* realizar la tarea tuvo un costo de 5.63 soles por metro de pavimento flexible y al momento de la mejora este costo se reduce a 4.57 soles, por tanto, el costo se ha reducido en 0.06 soles por metro de pavimento flexible.

## Utilización de tiempo de actividad

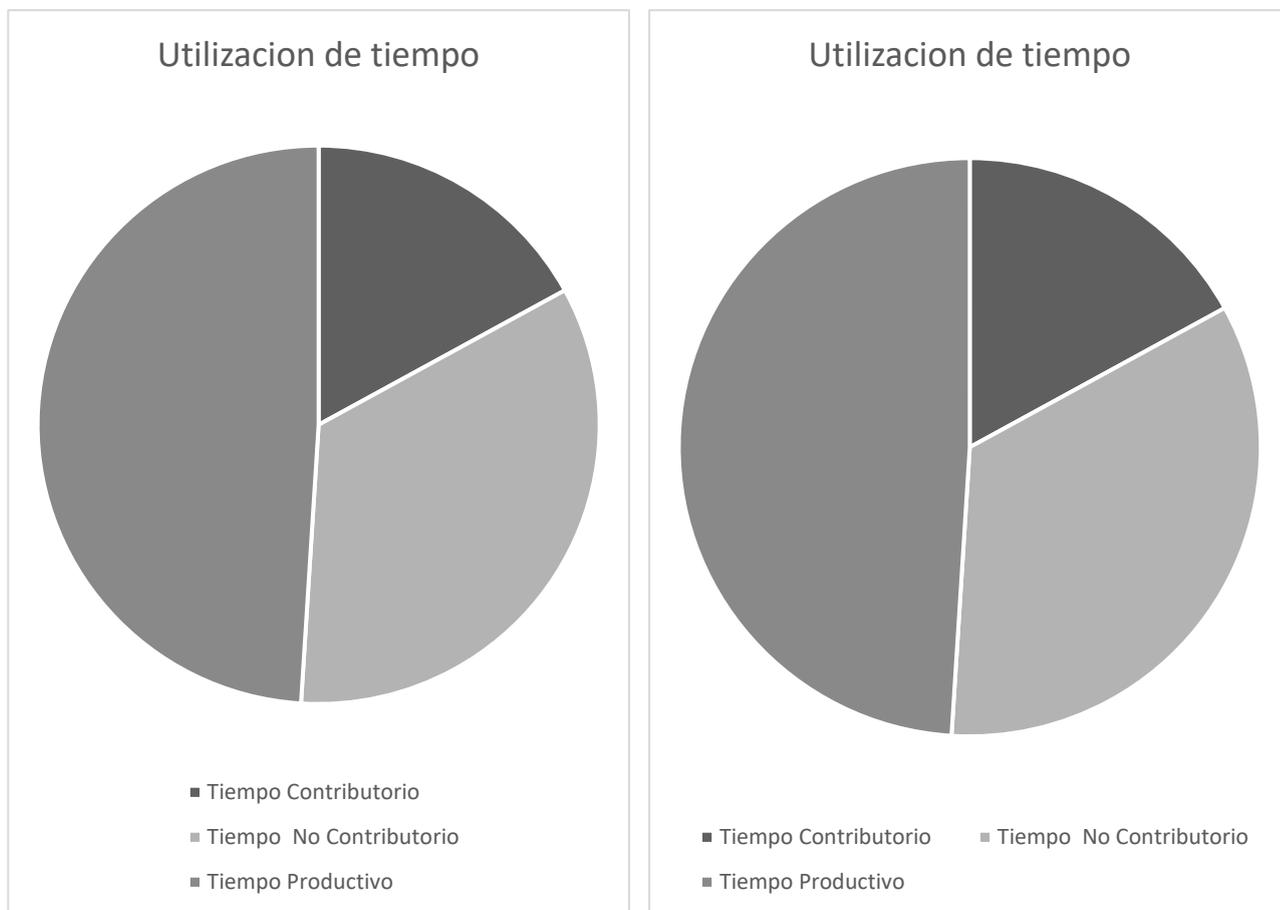


Figura 132. Representación gráfica de la utilización de tiempo para la base granula.

Fuente: Elaboración propia.

Para la representación de la figura 27, se puede visualizar que en la actividad de corte de pavimento flexible de e=2", los tiempos son de tres tipos, productivo con 43 % , el contributorio con 38% y finalmente el no contributorio con 19% de toda la jornada laboral, estos valores fueron obtenidos antes de la implementación de la nueva metodología; luego de aplicar Lean se calculan nuevos datos, que son los siguiente; trabajo productivo con 49%, trabajo contributorio con 34% y finalmente el trabajo no contributorio con 1%..

## 5.11. Análisis de resultados de la actividad carpeta asfáltica

### 5.11.1. Antes de implementar la filosofía

#### Productividad calculada

##### a.- Determinación de la productividad inicial.

El cálculo de esta productividad inicial se da con el uso de los precios unitarios de la partida mencionada, de la cual se obtuvo los datos siguientes:

- Cantidad de avance por día: 100 metros
- Tiempo de trabajo por día: 6 horas
- Cantidad de personas en la actividad: 2 personas

Con esta información se procede a sintetizar y calcular lo necesario presentado en la tabla.

Tabla 147. Productividad inicial de actividad.

Partida	Producción (m)	Jornada (horas)	Cuadrilla (hombres)	Productividad (m/hh)
<i>Carpeta asfáltica en caliente e=2" c/equipo.</i>	100.00	8.00	1.00	12.5

*Fuente: Elaboración propia.*

Se indica que se trabajó con productividad de 12.5 metros por hora hombre, que de acuerdo al expediente base es óptimo el corte mínimo de 12.5 metros lineales de pavimento flexible en una hora utilizando una persona en la actividad.

##### b.- Datos en campo

Se registró la cantidad producida por día con la ficha técnica N° 1 (anexo 5), así como también la cantidad de personas que se involucraron, desde el inicio hasta el final de la actividad, esta fue de 5 días

Tabla 148. Días trabajados de la actividad.

Día	Producción (m)	Tiempo (Horas)	Cuadrilla (hombres)
01	90.00	8.00	1.00
02	100.00	8.00	1.00
03	85.00	8.00	1.00
04	95.00	8.00	1.00
05	95.00	8.00	1.00
06	100.00	8.00	1.00

Fuente: Elaboración propia.

### c.- Determinación inicial de la productividad verdadera

Este proceso se obtiene de los datos de la tabla 4 y colocando la producción, el tiempo empleado en la actividad, la cantidad de personas involucrada y finalmente se calcula lo que se produjo en metros lineales por hora.

Tabla 149. Cantidad producida en actividad.

Día	Producción (m)	Tiempo (Horas)	Cuadrilla (hombres)	Productividad (m/hh)
01	90.00	8.00	1.00	11.25
02	100.00	8.00	1.00	12.5
03	85.00	8.00	1.00	10.63
04	95.00	8.00	1.00	11.88
05	95.00	8.00	1.00	11.88
06	100.00	8.00	1.00	12.5

Fuente: Elaboración propia.

#### d.- Determinación de la productividad para análisis

Para este proceso se obtienen datos de la cantidad producida por día en la partida demolición de pavimento flexible, para lo cual se resume los siguientes ítems:

- Productividad total: 565 metros
- Cantidad de horas trabajadas: 8 horas
- Cantidad de personas involucradas en la actividad: 6 hombres

Tabla 150. Productividad para análisis de la actividad.

	Producción	Tiempo	Cuadrilla	Productividad
Día	(m)	(Horas)	(hombres)	(m/hh)
01 al 06	565.00	8.00	6.00	11.770833

Fuente: Elaboración propia.

El resultado indica que en los días laborados (6 días) se realizó el corte de 11.770833 metros de pavimento flexible en una hora por persona durante una jornada de trabajo de 8 horas.

#### e- Calculo de la varianza en la productividad verdadera

Este paso se determina mediante la varianza de la partida analizada, para lo cual se extrajo lo siguiente:

- Varianza estándar : 0.0620732 metros por hora hombre
- Productividad verdadera : 11.770833 metros por hora hombre

Se observa en la tabla lo siguiente:

Tabla 151. Varianza en productividad de la actividad.

	Desviación		Coef. De
Día	Estándar	Promedio	variación
	(m/hh)	(m/hh)	(%)
01 al 06	0.062	11.77	6.21

Fuente: Autoría propia.

De acuerdo a lo anterior se presenta la producción referencial y se calcula la varianza que es 0.0620732 metros por hora hombre, además se obtuvo un coeficiente final de 6.20% de la misma partida.

El grafico indica de manera visual lo presentado en la tabla 7, relacionando en el eje vertical los rangos de la variación estándar y en el eje horizontal los valores obtenidos en cada día de análisis de la actividad corten de pavimento flexible.

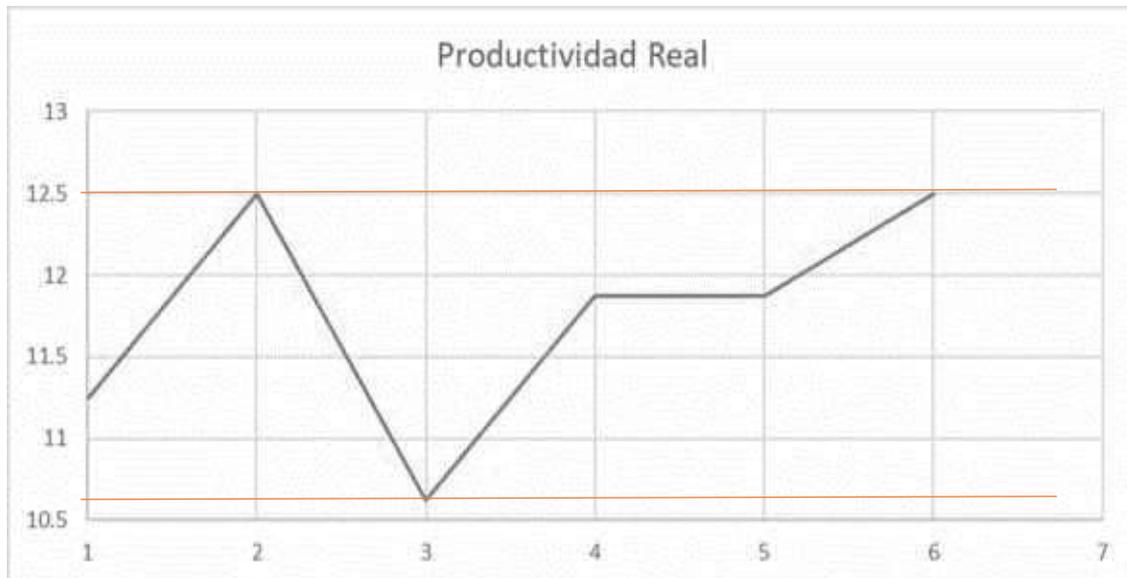


Figura 133. Comparación de rangos de variación estándar y valor diario de varianza.

Fuente: Autoría propia.

#### **f- Proceso comparativo de la producción antes y después de implementar la filosofía sin pérdidas**

Se presenta la comparación de las productividades verdaderas vs productividades iniciales de la actividad carpeta asfáltica en caliente e=2”



Figura 134. Comparación de productividades en actividad.

Fuente: Autoría propia.

De acuerdo a lo representado en el grafico 141, se infiere que la productividad base de la actividad es de 12.5 metros por hora hombre, mientras que la productividad real de la misma es de 11.7708 metros por hora hombre; esto quiere decir que lo que se esperaba realmente de acuerdo al documento contractual es de 12,5 pero en la ejecución real o en campo se obtuvo un valor de 11.7708, esto hace una diferencia de 0.28 metros menos. Lo que nos indica que en esta actividad existe productividad baja debido a diferentes motivos.

#### **g- Determinación del índice de la cantidad efectiva de producción**

En este proceso se debe calcular lo efectivo que debe ser lo producido por el personal involucrado en la partida corte de pavimento flexible, durante los días que dure la misma actividad, que en este caso son 6 días. Los datos necesarios para este cálculo son la productividad inicial y la productividad verdadera para poder compararlos por día efectivo y generar la relación entre ambas cantidades de manera que se evidencie si existen valores positivos o negativos en el análisis.

Tabla 152. Cantidad efectiva de producción de carpeta asfáltica en caliente.

Día	Productividad	Productividad	
	real(hh/m)	base(hh/m)	
01	11.25	12.5	0.90
02	12.5	12.5	1.00
03	10.625	12.5	0.85
04	11.875	12.5	0.95
05	11.875	12.5	0.95
06	12.5	12.5	1.00

Fuente: Elaboración propia.

#### h.- Representación del índice

Se representará el índice obtenido en el paso anterior, lo cual indica de manera visual la variación de los índices de productividad e cada día desarrollados en la actividad analizada.



Figura 135. Representación de los índices de los días trabajados en la actividad.

Fuente: Autoría propia.

De acuerdo a los lineamientos de análisis de productividades de actividades, si el índice obtenido es igual a 1, esto quiere decir que lo esperado en el avance es igual a lo producido en el campo, por lo que no hay productividad baja ni alta, es un estado normal o estable.

## **Análisis de costos unitarios**

### **a.- Determinación de la cantidad producida por día**

Se procede a determinar lo que se produce en el día a día de la actividad, para lo cual se extrae lo siguiente

- Productividad verdadera : 11.7708 metros
- Cantidad de horas trabajadas : 8 horas
- Cantidad de personas involucradas: 1 persona

Por consiguiente, se presenta la tabla donde se indica el avance diario.

*Tabla 153. Cantidad global de producción en carpeta asfáltica en caliente.*

<b>Día</b>	<b>Productividad real(hh/m)</b>	<b>Productividad base(hh/m)</b>	<b>IP</b>
<i>Día01 al 06</i>	11.77	8	94.17

*Fuente: Elaboración propia.*

### **b.- Proceso de análisis de precio unitario verdadero**

En este caso se indica los costos de manera detallada con la mano de obra, equipos, maquinaria y herramientas en la partida demolición de pavimento rígido.

- Cantidad de producción por día : 94.16666 metros por día
- Cantidad de horas trabajadas : 8 horas
- Cantidad de personas involucradas: 1 hombre

Luego de culminar el cálculo anterior se procede a analizar los costos directos unitarios.

Tabla 154. Análisis de precios unitarios de la actividad carpeta asfáltica en caliente.

Partida CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E=2"						
Rendimiento	m/ Dia	MO. 94.166656	EQ. 94.16656	Costo unitario directo por m:		5.64
Descripción del Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>						
CAPATAZ	hh	1.000	0.0083	25.15	0.21	
OPERARIO	hh	2.000	0.08	20.96	3.35	
					0.00	
<b>Equipos</b>						<b>3.56</b>
AGUA		m3	0.0012	5.68	0.01	
HERRAMIENTAS MANUALES CORTADORA DE PAVIMENTO CON DISCO	% MO		0.030	2.49	0.07	
	hm		0.08	25	2.00	

Fuente: Autoría propia.

Del análisis previo se obtiene que el precio real de la partida demolición de pavimento flexible es de 5.63 soles por metro lineal. Lo que significa que realizar el corte de pavimento en 1 metro lineal cuesta 5.63 soles, usando 1 capataz y 2 operarios, así como los porcentajes y cantidades de materiales indicados en el análisis.

### c.- Representación

En el gráfico mostrado se indica el precio referencial (anexo 4) y el precio real de la *excavación a nivel de subrasante* (tabla 154).



Figura 136. Costo por unidad de la actividad.

Fuente: Elaboración propia.

En relación a lo representado en el gráfico 143, se determina el costo unitario básico de la actividad en 4.57 soles y el costo real de campo es de 5.63 soles, se evidencia un mayor

costo en campo de lo esperado en el expediente, por lo que hay un sobre costo de 1.06 soles por metro línea de pavimento flexible cortado.

### **Utilización del tiempo (2da vez)**

En este caso se procedió a determinar las actividades derivadas de la partida principal que se realizaron durante los días de ejecución, para ello se necesitó de la ficha técnica N° 2 y de validación de los expertos para tomar registro de cada 2 minutos del tiempo que emplean por cada sub actividad desencadenada por el corte de pavimento flexible.

*Tabla 155. Utilización del tiempo por día de la actividad.*

<b>Día</b>	<b>Trabajo Contributorio</b>	<b>Trabajo No Contributorio</b>	<b>Trabajo productivo</b>
01	25 %	29 %	46 %
02	8 %	23 %	69 %
03	13 %	27 %	60 %
04	15 %	31 %	54 %
05	15 %	31 %	54 %

*Fuente: Autoría propia.*

### **b. Determinación de la utilización del tiempo**

Para completar el proceso se debe tomar en cuenta el tiempo de las subactividades realizadas día a día, generando un lineamiento y tomando los siguientes datos:

- Promedio del trabajo productivo : 56 %
- Promedio de trabajo contributorio: 16%
- Promedio de trabajo no contributorio: 29%

Ya calculado lo anterior se procede a presentar lo obtenido en síntesis como la tabla siguiente

Tabla 156. Promedio de utilización del tiempo de la actividad carpeta asfáltica en caliente.

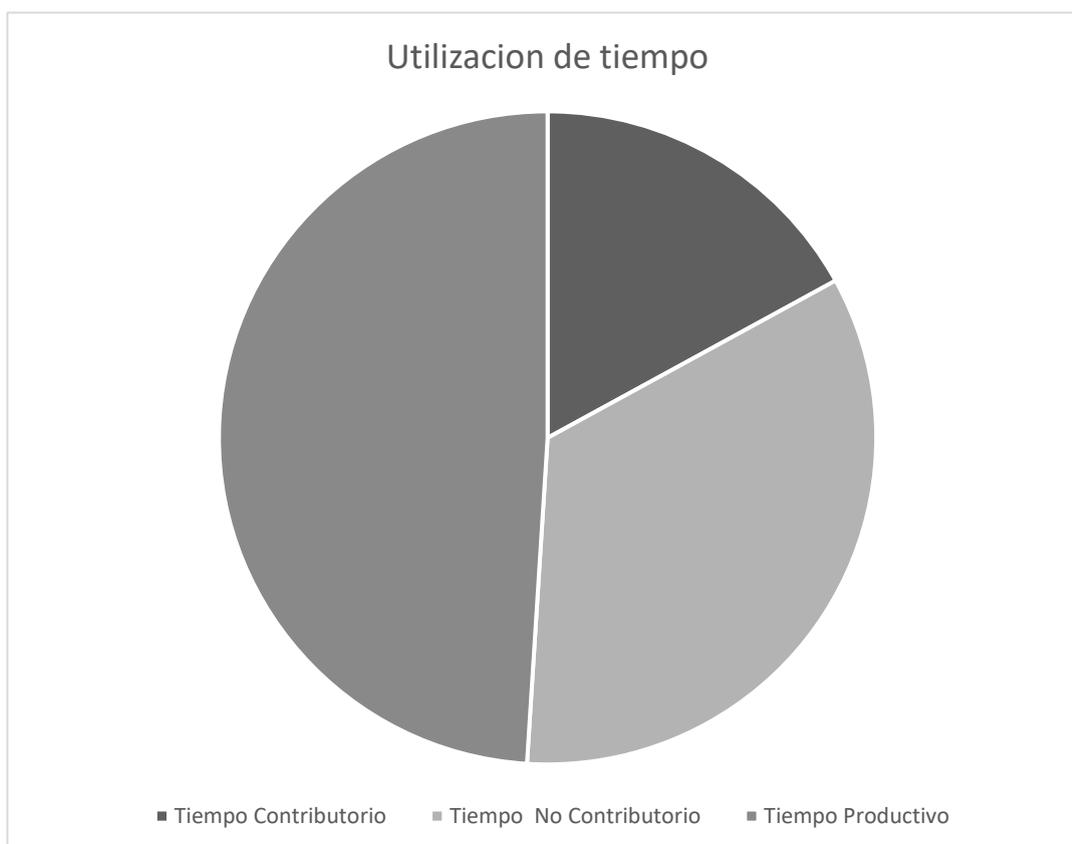
Día	Trabajo Contributorio	Trabajo No Contributorio	Trabajo productivo
Promedio	17%	29 %	54 %

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la tabla 12, se ha obtenido un global de la utilización del tiempo de los 6 días que dura la actividad analizada, por lo que cada tipo de trabajo tiene un porcentaje calculado, por ejemplo, el trabajo productivo es de 54%, el trabajo contributorio es de 17% y el trabajo no contributorio de 29%.

Luego se procede a representar gráficamente la tabla calculada, mostrando los tiempos de la actividad., que se aprecia en la figura 137.

Figura 137. Promedio de utilización de tiempo de la actividad.



Fuente: Elaboración propia.

En concordancia con los valores obtenidos del cálculo de utilización de tiempo se visualiza un total de 8 horas trabajadas que representan el 100% del tiempo ocupado, este tiempo se

subdivide en tres categorías, las cuales tienen su propio porcentaje de utilización; el caso de trabajo productivo es de 54% representando 4.3 horas, el trabajo contributorio tiene un 17% que representa 1.3 horas y finalmente el trabajo no contributorio con 29% que representa el 2.3 horas. Evidenciándose un porcentaje alto de trabajo no contributorio que debe ser optimizado para no generar ampliación de plazo ni sobrecostos.

### **Continuidad en el procedimiento constructivo**

#### **a.- Datos en campo (3ra vez)**

Es necesario utilizar la ficha técnica N° 3 para recolectar datos que se logre obtener una muestra de la realidad de campo por la actividad de corte de pavimento flexible, la cual registraría la operación, inspección, transporte, demoras y almacenamiento de la partida analizada. Esto serviría para la identificación de los puntos de quiebre donde no hay fluidez de trabajo o embotellamiento por las diferentes restricciones que se puedan encontrar. Para lo que se necesitaría una matriz de análisis de restricciones que permita dar solución y registro de los impedimentos de avance de la partida durante el tiempo ejecución de la tarea.

### **5.11.2. Identificación de restricciones y mejoramiento con Lean Construction**

#### **a.-Restricción de horario laborable**

Tomando como base los datos de la simulación Villego que fueron obtenidos con la ficha técnica N° 2, se procede a mostrar los datos de la misma en una tabla, que indican la utilización del tiempo de un operario en la jornada laboral de 8 horas.

*Tabla 157. Utilización del tiempo de operario de carpeta asfáltica en caliente.*

<b>Día</b>	<b>Trabajo Contributorio</b>	<b>Trabajo No Contributorio</b>	<b>Trabajo productivo</b>
<i>Op 1</i>	17%	29 %	54 %

*Fuente: Autoría propia.*

Indica que el operario usa su tiempo en tres categorías, la productiva con 54%, la contributaria con 17% y la no contributaria con 29%, que significa que de las ocho horas laborables del día, lo pierde en ese porcentaje no contributivo que pueden ser diferentes actividades que agreguen valor a la partida como descanso prolongado, permiso para ir al baño, demora en el traslado de material, demora en el preparado de material, demora en la instalación del puesto de trabajo, lo cual afecta de manera directa a l trabajo productivo de la actividad desarrollada.

### 5.11.3. Después de la implementación de filosofía cero pérdidas

#### Productividad inicial

##### a. Datos de simulación (4ta vez)

Se refiere a la cantidad producida durante un día laboral que se registra con la ficha técnica N°1, que recopila la producción diaria, tiempo trabajado y la cantidad de personas involucradas en la actividad. Este resumen se muestra en la tabla 158.

Tabla 158. Cantidad producida optimizada con Lean Construction.

<b>Día</b>	<b>Producción (m)</b>	<b>Tiempo (Horas)</b>	<b>Cuadrilla (hombres)</b>
06	97.12	6	1
07	93.00	6	1
08	91.00	6	1
09	91.07	6	1
10	95.00	6	1
11	94.00	6	1
12	90.00	6	1
13	98.00	6	1
14	91.00	6	1
15	96.00	6	1

Fuente: Autoría propia.

## b. Determinación de la productividad inicial en el expediente

Para completar este proceso se debe determinar la cantidad producida por día de la actividad analizada, en este caso es la partida corte de pavimento flexible; del cual se extrajeron algunos datos como producción diaria, utilización del tiempo, cantidad de personas involucradas, mostradas en la siguiente tabla:

Tabla 159. Cantidad producida por día de la actividad carpeta asfáltica en caliente.

<b>Día</b>	<b>Producción (m)</b>	<b>Tiempo (Horas)</b>	<b>Cuadrilla (hombres)</b>	<b>Productividad</b>
06	97.12	6	1	16.19
07	93.00	6	1	15.5
08	91.00	6	1	15.17
09	91.07	6	1	15.18
10	95.00	6	1	15.83
11	94.00	6	1	15.67
12	90.00	6	1	15
13	98.00	6	1	16.33
14	91.00	6	1	15.17
15	96.00	6	1	16

Fuente: Elaboración propia.

## c. Determinación inicial de la productividad verdadera (PIV)

Es necesario calcular la producción diaria verdadera tomando como base la productividad inicial de la partida corte de pavimento flexible, para lo cual se tomarán los siguientes datos:

- Cantidad producida por día: 936.19 metros lineales

- Cantidad de horas trabajadas: 6 horas

- Cantidad de personas involucradas: 10 hombres

Se representará de manera sintetizada los cálculos obtenidos en la tabla 160.

Tabla 160. Promedio de la productividad de la actividad carpeta asfáltica en caliente.

Día	Producción (m)	Tiempo	Cuadrilla	Productividad
		(Horas)	(hombres)	
06 al 15	936.19	6	10	15.60

Fuente: Elaboración propia.

La sinterización presentada en la tabla 16, indica lo realizado desde el día 6 al día 25 de la partida analizada, mostrando que se realizó 936.19 metros lineales de corte con una productividad eficiente de 15.6031 metros lineales por hora en un jornal.

#### d. Varianza de la productividad verdadera

Para calcular la varianza de la productividad en la partida corte de pavimento flexible es necesario tomar dato de varianza estándar de los producido diariamente y compararlo con la cantidad producida en el jornal.

- Varianza de productividad: 0.2609 metros por hora.

- Productividad verdadera: 15.6031 metros por hora.

De acuerdo a lo calculado se representa de forma sintetizada donde se muestra el cociente de variabilidad estándar de lo producido en un día laborable:

Por lo determinado en la tabla 160 se infiere que la varianza de productividad es de 1.3 metros por hora hombre y el coeficiente calculado se encuentra en 4.067%, que significa que 15 a 16.3 horas hombre varían entre los días trabajados en corte de pavimento flexible.

Luego se representa gráficamente lo obtenido en la tabla 17, que relaciona la producción referencial y la variabilidad básica durante los días de duración de la actividad analizada.

Figura 138. Representación de la varianza de la productividad de carpeta asfáltica en caliente.



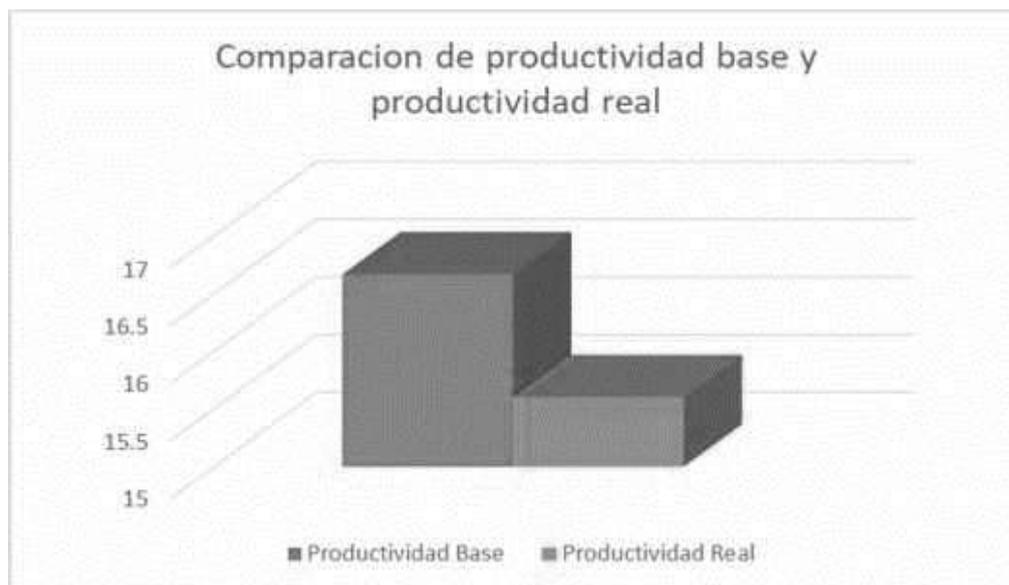
Fuente: Autoría propia.

En concordancia con la figura 17, se ha representado la productividad real con relación a la varianza obtenida de la actividad, en cada día de desarrollo de la misma.

#### e. Proceso comparativo de la producción antes y después de implementar la filosofía sin pérdida

Para determinar el comparativo se toma como base la producción referencial y la producción de campo de la actividad analizada que en este caso es el corte de pavimento flexible, que se representa en la figura 18.

Figura 139. Varianza de las productividades de la actividad carpeta asfáltica en caliente.



Fuente: Elaboración propia.

Lo representado en el gráfico anterior, presenta una productividad base de 16.666 metros lineales por hora hombre y en el caso de la productividad real el valor es de 15.6031 metros por hora hombre. Lo que significa que durante la jornada laboral se puede avanzar de manera planificada 16.666 metros en una hora, mientras que en campo o desarrollo constructivo de la partida se completan 15.6031 metros, generando un déficit de 1 metro menos por hora. Esto afectaría de manera directa a la duración de ejecución de la partida y el costo final de la misma.

#### **f. Determinación del índice de productividad verdadero**

Este cálculo requiere de la productividad base, así como de la productividad diaria de la actividad de corte de pavimento flexible de e=2", que se puede obtener datos de la tabla 5, de la cual se va a utilizar los datos como productividad inicial, productividad verdadera respectivamente.

*Tabla 161. Determinación de índice diario de lo producido en carpeta asfáltica en caliente.*

<b>Día</b>	<b>Productividad real(hh/m)</b>	<b>Productividad base(hh/m)</b>	<b>IP</b>
06	16.19	16.67	0.97
07	15.5	16.67	0.93
08	15.17	16.67	0.91
09	15.18	16.67	0.91
10	15.83	16.67	0.95
11	15.67	16.67	0.94
12	15	16.67	0.90
13	16.33	16.67	0.98
14	15.17	16.67	0.91
15	16	16.67	0.96

*Fuente: Elaboración propia.*

### g. Representación gráfica del índice

La representación del índice de productividad de la actividad analizada, en este caso la partida corte de pavimento rígido que tiene datos calculados y mostrados en la tabla 17 y cumpliendo con las condiciones de la productividad en la que en el caso que índice sea igual a uno, lo que significa que ambas productividades son iguales.

Figure 140. Representación del índice de productividad diaria de carpeta asfáltica en caliente.



Fuente: Autoría propia.

En la representación gráfica se presenta la duración de la actividad analizada que fueron 9 días, tomados en cuenta desde el día 6 hasta el día 15, relacionado estos con el índice de productividad de la partida corte e pavimento flexible; además de las condiciones restrictivas que se da cuando el índice es menor a uno, quiere decir que la productividad base es mayor a la productividad real por lo que se determina que la productividad global es baja en esta partida.

## **Análisis de precios unitarios**

### **a. Determinación de la cantidad producida por día**

Para el cálculo de la cantidad producida en un día laborable, es necesario tomar los datos de la tabla 16, de la cual se tomarán los siguientes datos:

- Productividad verdadera: 15.60 metros por hora hombre.
- Cantidad de horas trabajadas: 6 horas
- Cantidad de personas involucradas: 1 persona

Por lo que se sintetiza los cálculos realizados en la tabla 162

*Tabla 162. Producción por día trabajado de carpeta asfáltica en caliente.*

<b>Día</b>	<b>Producción (m)</b>	<b>Tiempo (Horas)</b>	<b>Cuadrilla (hombres)</b>	<b>Productividad</b>
06 al 15	15.60	6	1	93.62

*Fuente: Autoría propia.*

### **b. Proceso de análisis de precios por unidad verdaderos**

Se realizará de la actividad analizada, en este caso la partida carpeta asfáltica en caliente e=2” tomará los datos de la tabla 18 y determinará lo siguiente:

- Producción por día laborable: 93.619 m/hh
- Cantidad de horas trabajadas: 6 horas
- Cantidad de personas involucradas: 1 hombre

Figura 141. Determinación de precios unitarios de carpeta asfáltica en caliente.

Partida <b>CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E=2''</b>						
Rendimiento	m/ Dia	MO. 94.166656	EQ. 94.16656	Costo unitario directo por m:		5.64
Descripción del Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>						<b>3.56</b>
CAPATAZ	hh	1.000	0.0083	25.15	0.21	
OPERARIO	hh	2.000	0.08	20.96	3.35	
						0.00
<b>Equipos</b>						<b>3.56</b>
AGUA		m3	0.0012	5.68	0.01	
HERRAMIENTAS MANUALES	% MO		0.030	2.49	0.07	
CORTADORA DE PAVIMENTO CON DISCO	hm		0.08	25	2.00	

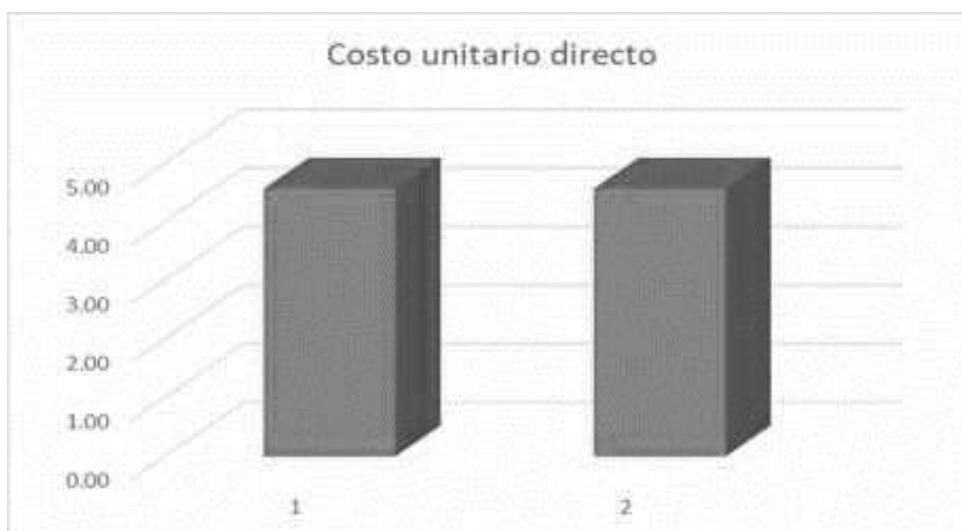
Fuente: Autoría propia.

En la representación grafica de los precios unitarios se presenta la mano de obra a utilizar, los equipos, maquinaria y herramientas posibles a usar en la actividad por construir, indicando el costo individual y global de la partida, en este caso la partida tiene un costo de 4.57 soles por metro lineal de corte de pavimento flexible.

### c. Proceso comparativo de productividad inicial y productividad verdadera

Para la representación gráfica de la comparación de ambas productividades se debe tomar datos relevantes de la tabla 16 y tabla 17, las cuales muestran ambas productividades.

Figura 142. Costos unitarios real de la partida carpeta asfáltica en caliente.



Fuente: Autoría propia.

## Utilización del tiempo

### a. Datos recolectados por simulación

Es necesario utilizar la ficha técnica N°2 que permite recolectar datos como el tipo de trabajo realidad por las personas involucradas en la actividad analizada, para luego sintetizarla en la tabla 19.

Tabla 163. Utilización del tiempo para la actividad.

Día	Trabajo Contributorio	Trabajo No Contributorio	Trabajo Productivo
06	17 %	33 %	51 %
07	18 %	36 %	46 %
08	18 %	35 %	48 %
09	17 %	34 %	48 %
10	17 %	34 %	48 %
11	17 %	34 %	49 %

*Fuente: Autoría propia.*

### b. Determinación del uso de tiempo en la actividad

Este paso requiere los datos de ocupación de tiempo por día en la partida corte de pavimento flexible e=2", que se encuentra en la tabla 19. Tomados desde el 6 al día 11, teniendo una muestra de 5 días trabajados.

- % Promedio de trabajo productivo: 49%
- % Promedio de trabajo contributorio: 17%
- % Promedio de trabajo no contributorio: 34%

Para lograr presentar los datos obtenidos se procede a resumirlo en la tabla 20.

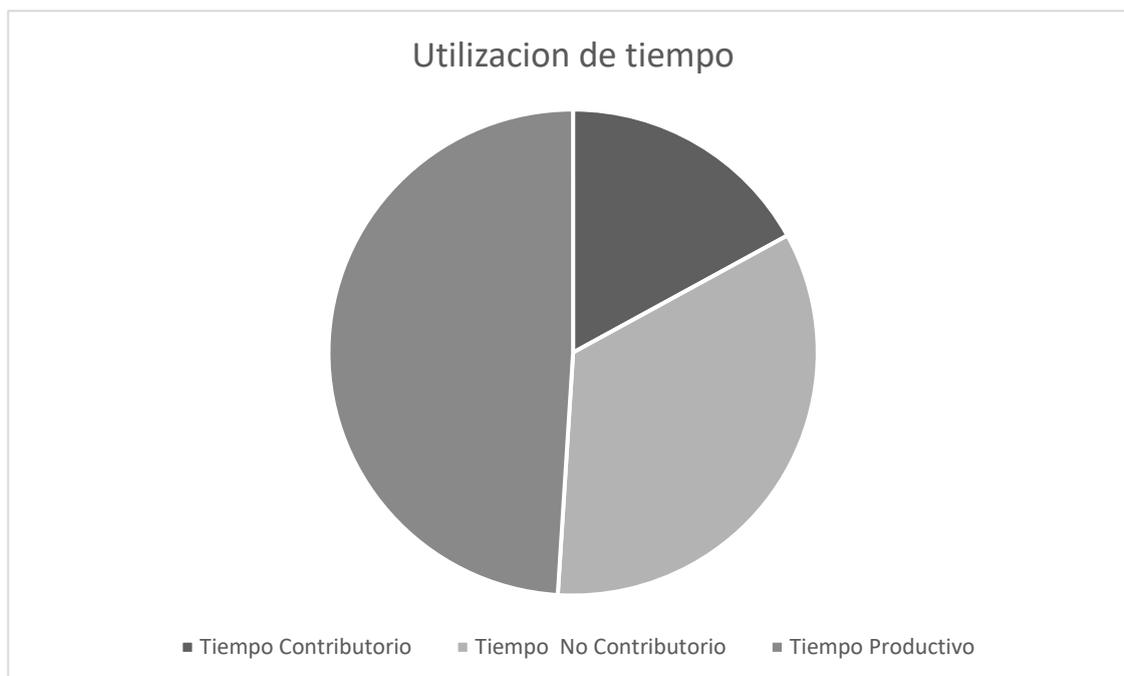
Tabla 164. Utilización del tiempo de operario en la actividad.

Día	Trabajo Contributorio	Trabajo No Contributorio	Trabajo Productivo
06 al 15	17 %	33 %	51 %

Fuente: Autoría propia.

Los datos obtenidos del cálculo del tiempo utilizado por el operario Op 1 se subdivide en tres categorías, que son la productiva, contributoria y no contributoria, que tiene porcentaje asignados en la ficha técnica empleada, siendo los valores los siguiente; 17% el contributorio, 34% no contributorio y 49% de productivo.

Figure 143. Utilización de tiempo por operario Op1 en la actividad.



Fuente: Autoría propia.

Durante la representación gráfica de los resultados obtenidos por el cálculo del tiempo utilizado en una jornada de trabajo se determinó que el operario OP1 tuvo 49% de trabajo productivo representado en 2.94 horas, 17% de trabajo contributorio con 1.02 horas y finalmente 34% representado por 2.04 horas, infiriendo que se tiene mucho tiempo perdido.

## Proceso comparativo de las productividades después de implementar la filosofía

### Producción

#### a. Productividad inicial

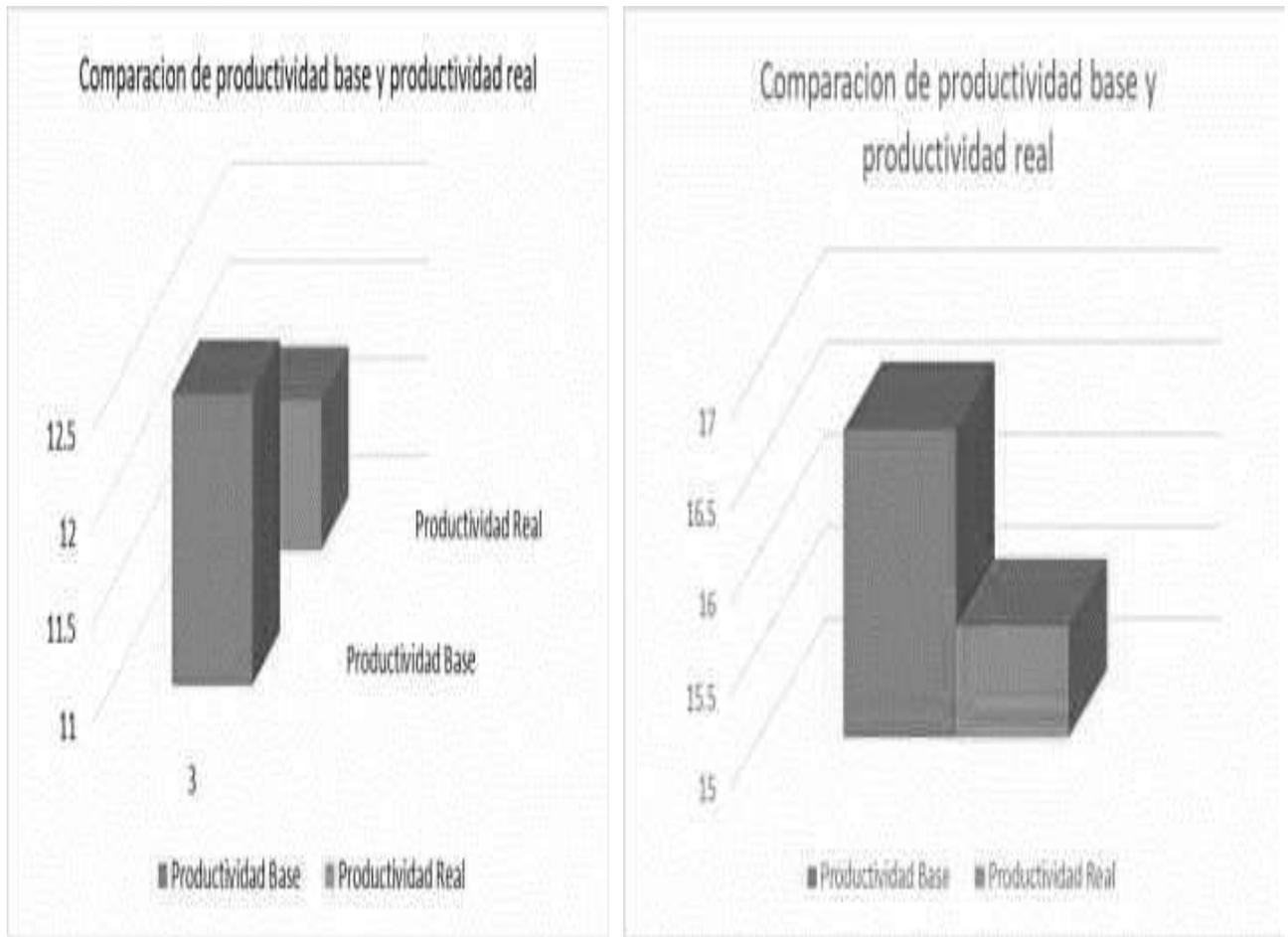


Figura 144. Comparación de productividades en carpeta asfáltica en caliente.

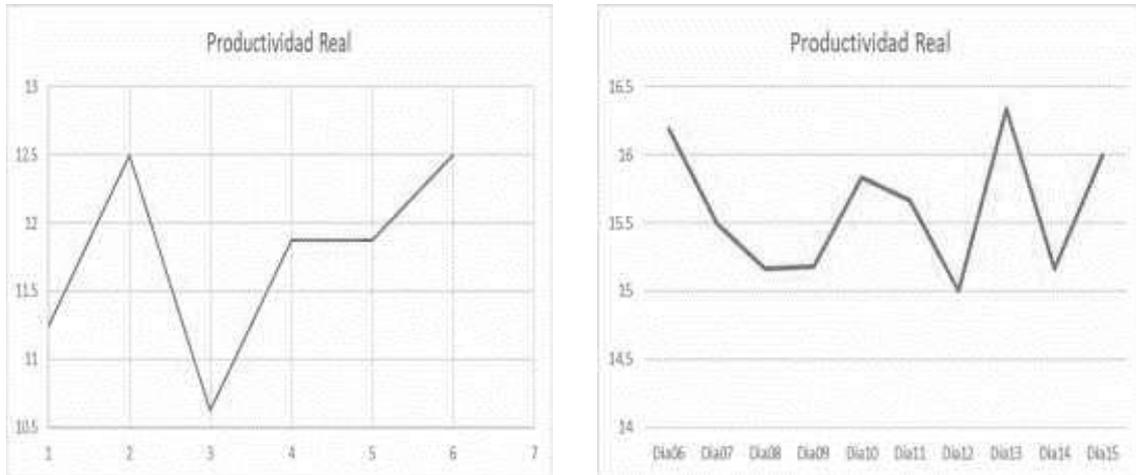
Fuente: Autoría propia.

De acuerdo a lo mostrado en la figura 23, se visualiza que previo a la implementación de la Filosofía Sin Pérdidas la productividad base es 11.5 metros por hora hombre y después de la implementación de la misma, esta productividad se incrementó en 15.5 metros por hora hombre. Lo que significa que la actividad analizada tiene una cantidad de personas involucradas en un jornal laboral realizando el corte de pavimento con sus respectivos rendimientos, indicando una mejora de 4 metros por hora hombre, Por lo que deduce que se logró optimizar esta partida.

## b. Varianza de la productividad verdadera

Figura 145. Comparativa de la productividad de la carpeta asfáltica en caliente.

Fuente: Autoría propia.



En la representación de la varianza de la figura 24, se visualiza el cambio optimizador de las productividades reales es de 0.0620732 metros por hora hombre; además de calcular un coeficiente de 6.21%, estos datos se obtuvieron antes de la implementación de la filosofía. Posteriormente a la implementación se realizan nuevos cálculos determinando que la varianza es de 0.2609 metros por hora hombre y el coeficiente de 26.092%. Lo que se puede deducir que las personas involucradas en la actividad de corte de pavimento flexible mantienen avance constante, es por ello que la varianza es estable.

## c. Índice de la Productividad

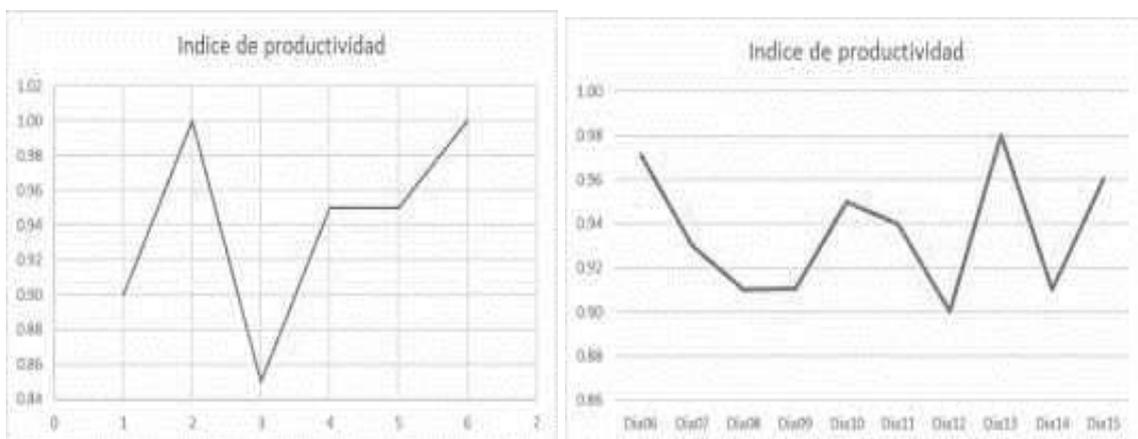


Figura 146. Representación gráfica de índices de carpeta asfáltica en caliente.

Fuente: Elaboración propia.

## Análisis de precios unitarios

### a. Costo por unidad

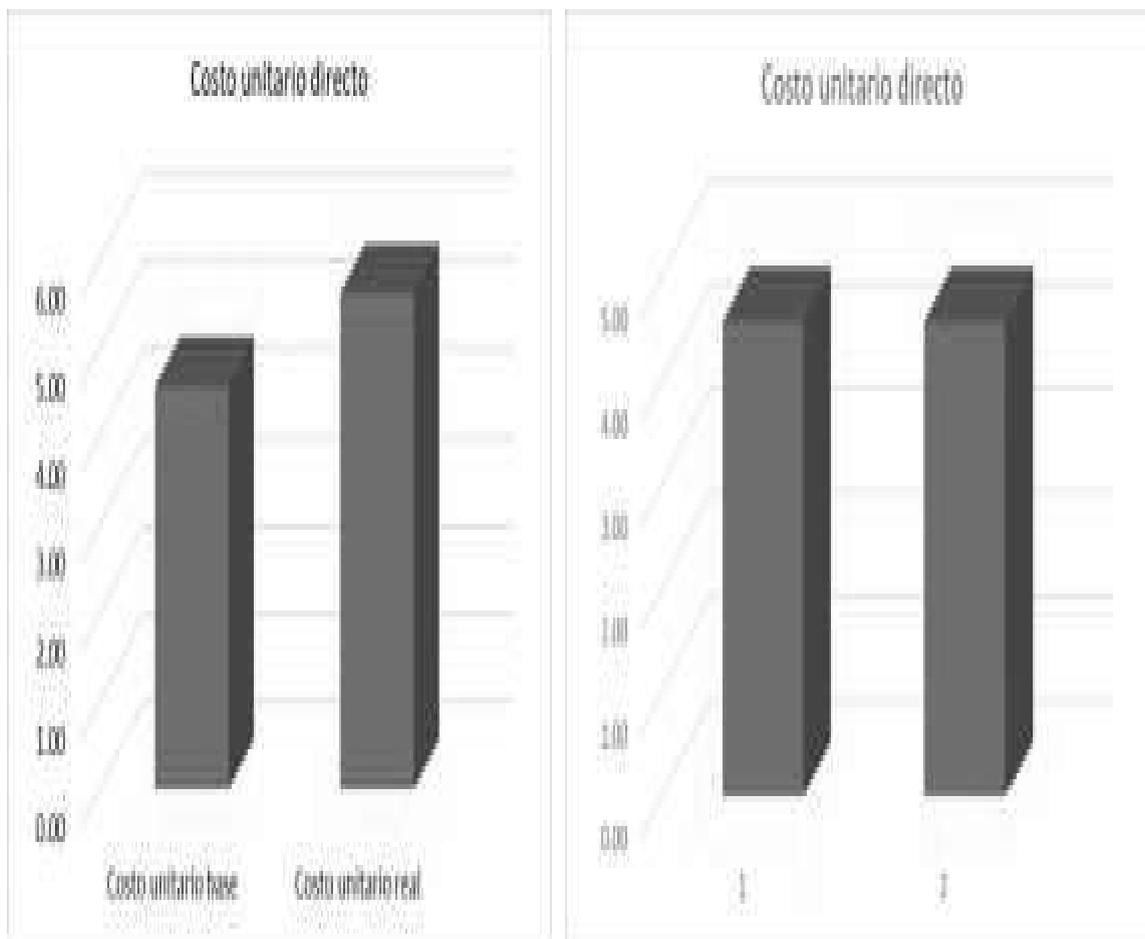


Figura 147. Representación gráfica de costo unitario antes de Lean C y después de aplicarlo.

Fuente: Elaboración propia.

Para la representación 147, es bastante claro que el costo unitario calculado para la partida antes de aplicar la Filosofía Cero Pérdidas es de 5.63 soles y posteriormente a su implementación se indica el valor de 4.57 soles. Lo que significa que en la partida *corte de pavimento flexible e=2"* realizar la tarea tuvo un costo de 5.63 soles por metro de pavimento flexible y al momento de la mejora este costo se reduce a 4.57 soles, por tanto, el costo se ha reducido en 0.06 soles por metro de pavimento flexible.

## Utilización de tiempo de actividad

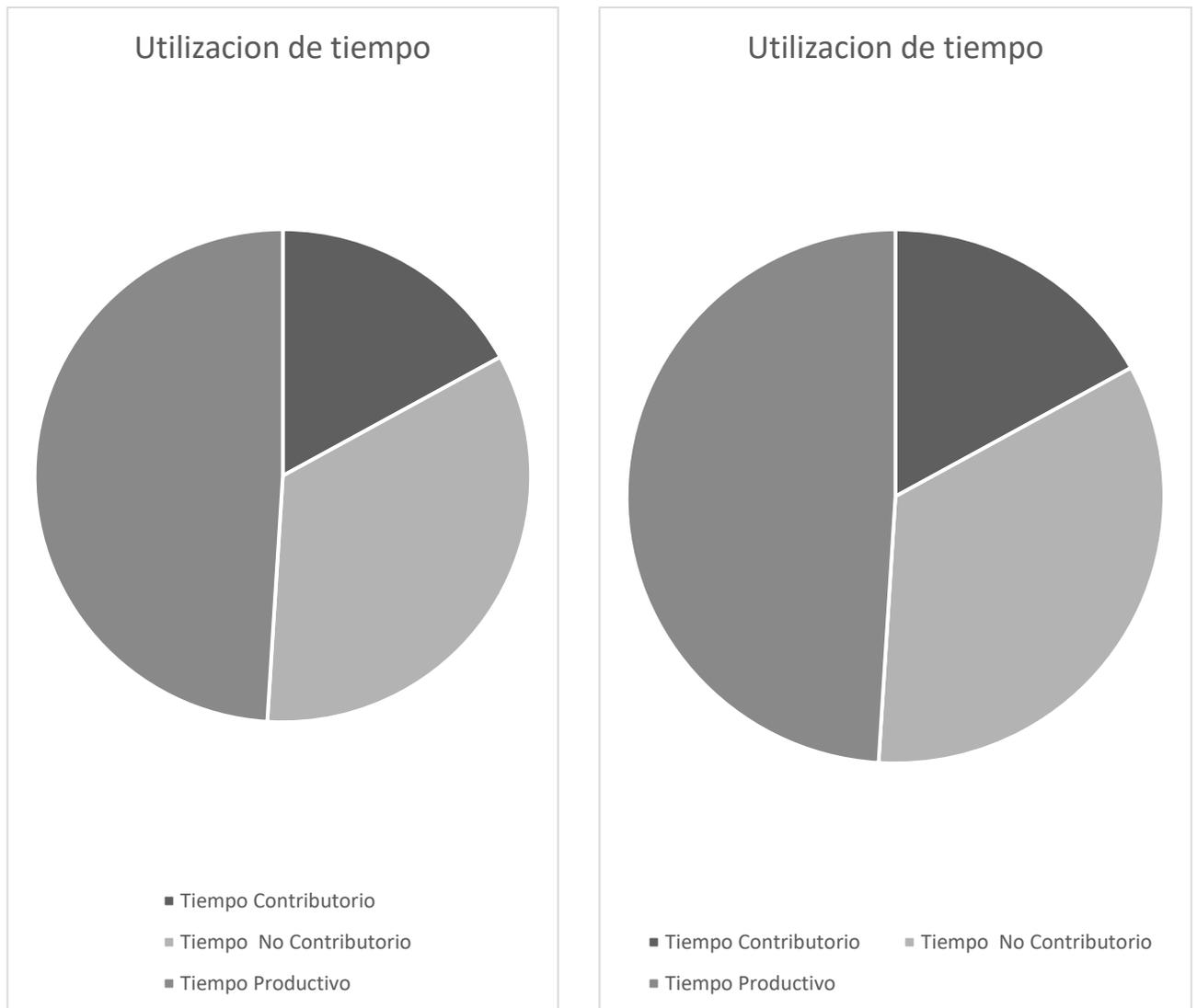


Figura 148. Representación gráfica de la utilización de tiempo para la actividad.

Para la representación de la figura 27, se puede visualizar que en la actividad de corte de pavimento flexible de  $e=2''$ , los tiempos son de tres tipos, productivo con 43 % , el contributorio con 38% y finalmente el no contributorio con 19% de toda la jornada laboral, estos valores fueron obtenidos antes de la implementación de la nueva metodología; luego de aplicar Lean se calculan nuevos datos, que son los siguiente; trabajo productivo con 49%, trabajo contributorio con 34% y finalmente el trabajo no contributorio con 1%.

## 5.12. Análisis de resultados de la actividad concreto premezclado

### 5.12.1. Antes de implementar la filosofía

#### Productividad calculada

##### a.- Determinación de la productividad inicial.

El cálculo de esta productividad inicial se da con el uso de los precios unitarios de la partida mencionada, de la cual se obtuvo los datos siguientes:

- Cantidad de avance por día: 100 metros
- Tiempo de trabajo por día: 6 horas
- Cantidad de personas en la actividad: 2 personas

Con esta información se procede a sintetizar y calcular lo necesario presentado en la tabla.

Tabla 165. Productividad inicial de concreto.

Partida	Producción (m)	Jornada (horas)	Cuadrilla (hombres)	Productividad (m/hh)
Concreto premezclado $f'c=280$ kg/cm <sup>2</sup> .	100.00	8.00	1.00	12.5

Fuente: Elaboración propia.

Se indica que se trabajó con productividad de 12.5 metros por hora hombre, que de acuerdo al expediente base es óptimo el corte mínimo de 12.5 metros lineales de pavimento flexible en una hora utilizando una persona en la actividad.

##### b.- Datos en campo con simulación.

Se registró la cantidad producida por día con la ficha técnica N° 1 (anexo 5), así como también la cantidad de personas que se involucraron, desde el inicio hasta el final de la actividad, esta fue de 5 días.

Tabla 166. Días trabajados de la actividad concreto premezclado.

Día	Producción (m)	Tiempo (Horas)	Cuadrilla (hombres)
01	90.00	8.00	1.00
02	100.00	8.00	1.00
03	85.00	8.00	1.00
04	95.00	8.00	1.00
05	95.00	8.00	1.00
06	100.00	8.00	1.00

Fuente: Elaboración propia.

### c.- Determinación inicial de la productividad verdadera

Este proceso se obtiene de los datos de la tabla 4 y colocando la producción, el tiempo empleado en la actividad, la cantidad de personas involucrada y finalmente se calcula lo que se produjo en metros lineales por hora.

Tabla 167. Cantidad producida en partida concreto.

Día	Producción (m)	Tiempo (Horas)	Cuadrilla (hombres)	Productividad (m/hh)
01	90.00	8.00	1.00	11.25
02	100.00	8.00	1.00	12.5
03	85.00	8.00	1.00	10.63
04	95.00	8.00	1.00	11.88
05	95.00	8.00	1.00	11.88
06	100.00	8.00	1.00	12.5

Fuente: Elaboración propia.

#### d.- Determinación de la productividad para análisis

Para este proceso se obtienen datos de la cantidad producida por día en la partida demolición de pavimento flexible, para lo cual se resume los siguientes ítems:

- Productividad total: 565 metros
- Cantidad de horas trabajadas: 8 horas
- Cantidad de personas involucradas en la actividad: 6 hombres

Tabla 168. Productividad para análisis de concreto premezclado.

	Producción	Tiempo	Cuadrilla	Productividad
Día	(m)	(Horas)	(hombres)	(m/hh)
Día01 al 06	565.00	8.00	6.00	11.77

Fuente: Elaboración propia.

El resultado indica que en los días laborados (6 días) se realizó el corte de 11.770833 metros de pavimento flexible en una hora por persona durante una jornada de trabajo de 8 horas.

#### e- Calculo de la varianza en la productividad verdadera

Este paso se determina mediante la varianza de la partida analizada, para lo cual se extrajo lo siguiente:

- Varianza estándar : 0.0620732 metros por hora hombre
- Productividad verdadera : 11.770833 metros por hora hombre

De acuerdo a la tabla se indica el cálculo del coeficiente:

Tabla 169. Varianza en producción diaria de actividad analizada.

	Desviación		Coef. De
Día	Estándar (m/hh)	Promedio (m/hh)	variación (%)
Día01 al 06	0.062	11.77	6.21

Fuente: Autoría propia.

En la tabla anterior se presenta la productividad verdadera y se calcula la varianza que es 0.0620732 metros por hora hombre, además se obtuvo un coeficiente final de 6.20% de la misma partida.

El gráfico indica de manera visual lo presentado en la tabla 7, relacionando en el eje vertical los rangos de la variación estándar y en el eje horizontal los valores obtenidos en cada día de análisis de la actividad corte de pavimento flexible.

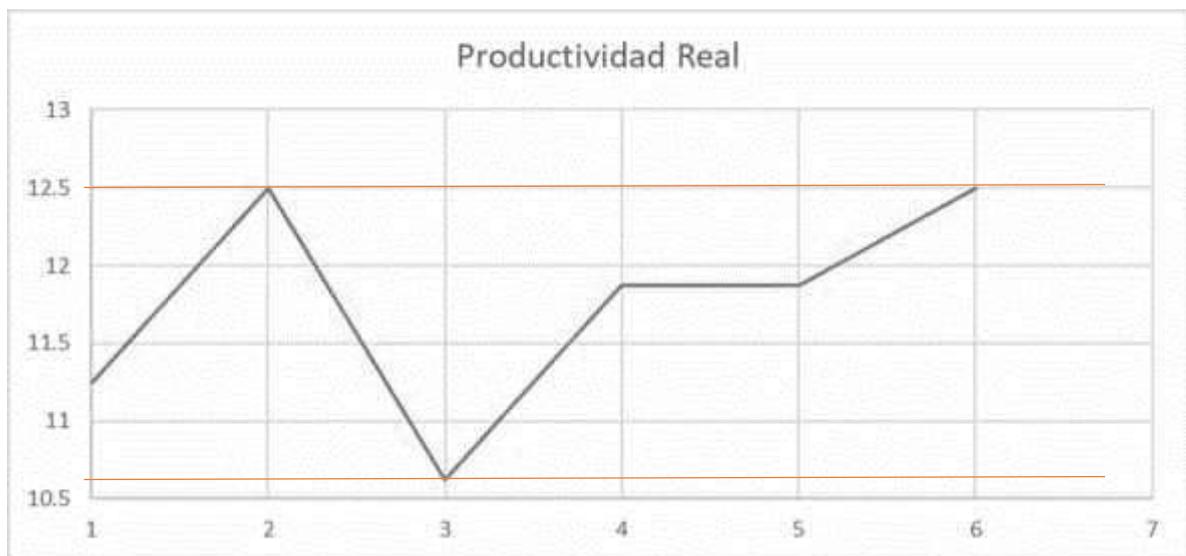


Figura 149. Comparación de rangos de variación estándar y valor diario de varianza.

Fuente: Autoría propia.

#### **f- Proceso comparativo de las producciones antes y después de implementar la filosofía sin pérdidas**

Se presenta la comparación de las productividades verdaderas vs productividades iniciales de la actividad carpeta asfáltica en caliente e=2”

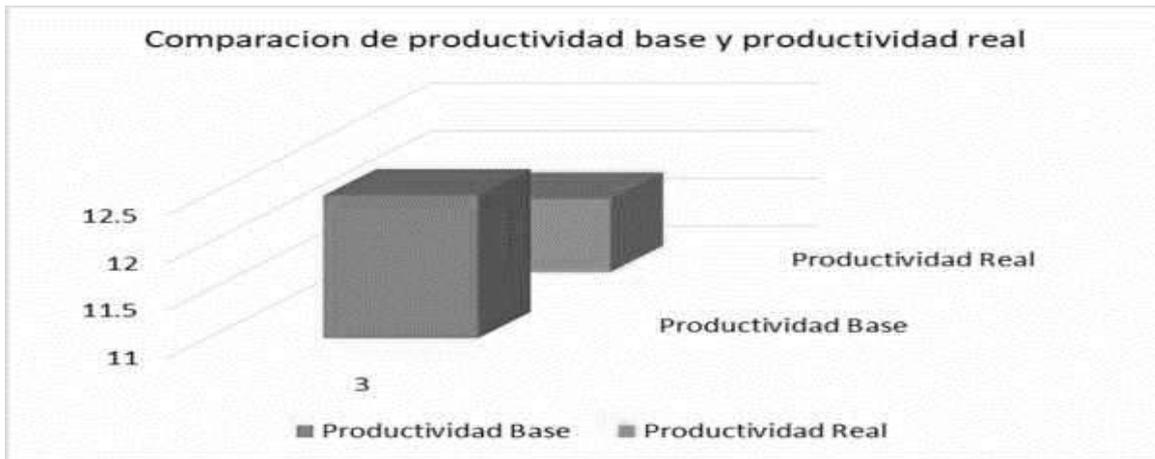


Figura 150. Comparación de productividades en actividad.

Fuente: Autoría propia.

De acuerdo a lo representado en la figura 150, se infiere que la productividad base de la actividad es de 12.5 metros por hora hombre, mientras que la productividad real de la misma es de 11.7708 metros por hora hombre; esto quiere decir que lo que se esperaba realmente de acuerdo al documento contractual es de 12,5 pero en la ejecución real o en campo se obtuvo un valor de 11.7708, esto hace una diferencia de 0.28 metros menos. Lo que nos indica que en esta actividad existe productividad baja debido a diferentes motivos.

#### **g- Determinación del índice de la cantidad efectiva de producción**

En este proceso se debe calcular lo efectivo que debe ser lo producido por el personal involucrado en la partida corte de pavimento flexible, durante los días que dure la misma actividad, que en este caso son 6 días. Los datos necesarios para este cálculo son la productividad inicial y la productividad verdadera para poder compararlos por día efectivo y generar la relación entre ambas cantidades de manera que se evidencie si existen valores positivos o negativos en el análisis.

Tabla 170. Cantidad efectiva de producción de la actividad.

Día	Productividad		
	real(hh/m)	base(hh/m)	
Dia01	11.25	12.5	0.90
Dia02	12.5	12.5	1.00
Dia03	10.625	12.5	0.85
Dia04	11.875	12.5	0.95
Dia05	11.875	12.5	0.95
Dia06	12.5	12.5	1.00

Fuente: Elaboración propia.

#### h.- Representación del índice

Se representará el índice obtenido en el paso anterior, lo cual indica de manera visual la variación de los índices de productividad e cada día desarrollados en la actividad analizada.



Figura 151. Representación de los índices de los días trabajados en la actividad.

Fuente: Autoría propia.

De acuerdo a los lineamientos de análisis de productividades de actividades, si el índice obtenido es igual a 1, esto quiere decir que lo esperado en el avance es igual a lo producido en el campo, por lo que no hay productividad baja ni alta, es un estado normal o estable.

### **Análisis de costos unitarios**

#### **a.- Determinación de la cantidad producida por día**

Se procede a determinar lo que se produce en el día a día de la actividad, para lo cual se extrae lo siguiente.

- Productividad verdadera : 11.7708 metros
- Cantidad de horas trabajadas : 8 horas
- Cantidad de personas involucradas: 1 persona

Por consiguiente, se presenta la tabla donde se indica el avance diario

*Tabla 171. Cantidad global de producción en la actividad.*

<b>Día</b>	<b>Productividad real(hh/m)</b>	<b>Productividad base(hh/m)</b>	<b>IP</b>
<i>Día01 al 06</i>	11.77	8	94.17

*Fuente: Elaboración propia.*

#### **b.- Proceso de análisis de precio unitario verdadero**

En este caso se indica los costos de manera detallada con la mano de obra, equipos, maquinaria y herramientas en la partida demolición de pavimento rígido.

- Cantidad de producción por día : 94.16666 metros por día
- Cantidad de horas trabajadas : 8 horas
- Cantidad de personas involucradas: 1 hombre

Luego de culminar el cálculo anterior se procede a analizar los costos directos unitarios.

Tabla 172. Análisis de precios unitarios de la actividad concreto premezclado.

Partida CONCRETO PREMEZCLADO F'C=280 KG/CM2						
Rendimiento	m/ Dia	MO. 94.166656	EQ. 94.16656	Costo unitario directo por m:		5.64
Descripción del Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>						
CAPATAZ	hh	1.000	0.0083	25.15	0.21	
OPERARIO	hh	2.000	0.08	20.96	3.35	
					0.00	
<b>Equipos</b>						<b>3.56</b>
AGUA			m3	0.0012	5.68	0.01
HERRAMIENTAS MANUALES CORTADORA DE PAVIMENTO CON DISCO	% MO			0.030	2.49	0.07
	hm			0.08	25	2.00

Fuente: Autoría propia.

Del análisis previo se obtiene que el precio real de la partida demolición de pavimento flexible es de 5.63 soles por metro lineal. Quiere decir que realizar el corte de pavimento en 1 metro lineal cuesta 5.63 soles, usando 1 capataz y 2 operarios, así como los porcentajes y cantidades de materiales indicados en el análisis.

### c.- Representación comparativa de precio por unidad verdadero y precio por unidad proyectado

En la siguiente figura se representa costo unitario base (anexo 4) y el costo unitario real de la partida *excavación a nivel de subrasante* (tabla 10).



Figura 152. Costo unitario de la concreto premezclado.

Fuente: Autoría propia.

De acuerdo a lo representado en el gráfico 159, se determina el costo por unidad básica de la actividad en 4.57 soles y el costo real de campo es de 5.63 soles, se evidencia un mayor costo en campo de lo esperado en el expediente, por lo que hay un sobre costo de 1.06 soles por metro línea de pavimento flexible cortado.

### Utilización tiempo

#### a.- Datos en campo (2da vez)

En este caso se procedió a determinar las actividades derivadas de la partida principal que se realizaron durante los días de ejecución, mediante la simulación Villego, para ello se necesitó de la ficha técnica N° 2 y de validación de los expertos para tomar registro de cada 2 minutos del tiempo que emplean por cada sub actividad desencadenada por el corte de pavimento flexible.

Tabla 173. Utilización del tiempo por día de la actividad.

Día	Trabajo Contributorio	Trabajo No Contributorio	Trabajo productivo
01	25 %	29 %	46 %
02	8 %	23 %	69 %
03	13 %	27 %	60 %
04	15 %	31 %	54 %
05	15 %	31 %	54 %

Fuente: Autoría propia.

#### b. Determinación de la utilización del tiempo

Para completar el proceso se debe tomar en cuenta el tiempo de las subactividades realizadas día a día, generando un lineamiento y tomando los siguientes datos:

- Promedio del trabajo productivo : 56 %
- Promedio de trabajo contributorio: 16%

- Promedio de trabajo no contributorio: 29%

Ya calculado lo anterior se procede a presentar lo obtenido en síntesis como la tabla siguiente

Tabla 174. Promedio de utilización de las horas laborales de la actividad.

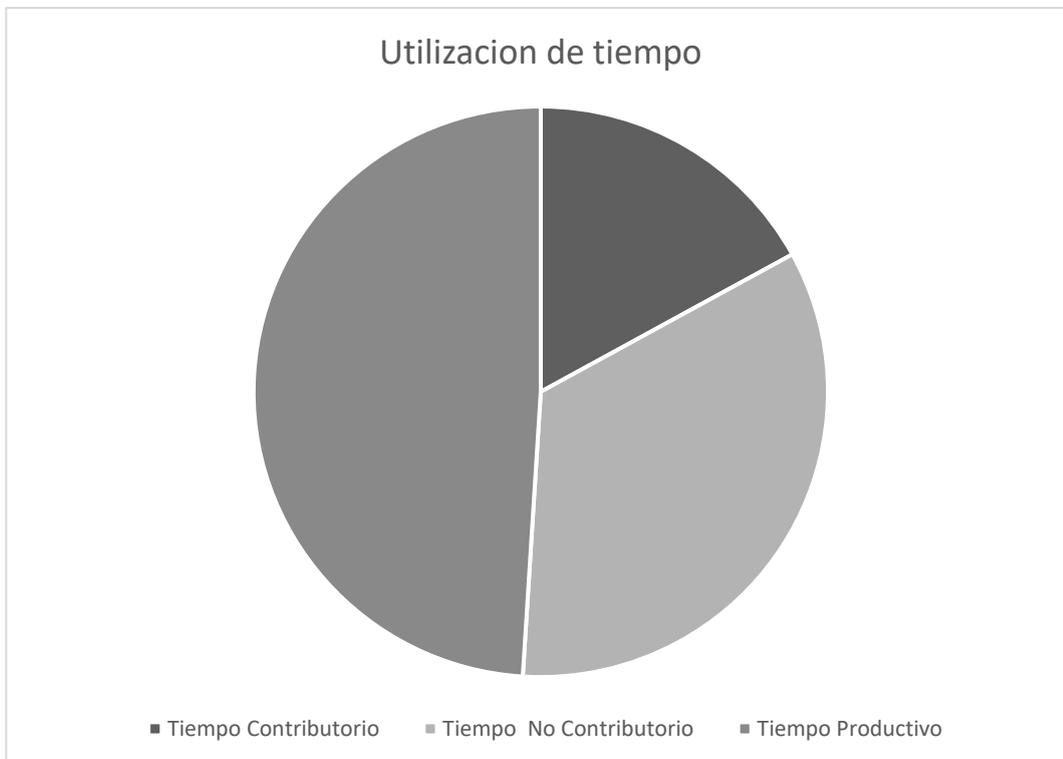
Día	Trabajo Contributorio	Trabajo No Contributorio	Trabajo productivo
Promedio	17 %	29 %	54 %

Fuente: Autoría propia.

En concordancia de la tabla, se ha obtenido un global de la utilización del tiempo de los 6 días que dura la actividad analizada, por lo que cada tipo de trabajo tiene un porcentaje calculado, por ejemplo, el trabajo productivo es de 54%, el trabajo contributorio es de 17% y el trabajo no contributorio de 29%.

Luego se procede a representar gráficamente la tabla calculada, mostrando los tiempos de la actividad., que se aprecia en la figura 153.

Figura 153. Promedio de utilización de tiempo de la actividad.



Fuente: Elaboración propia.

En concordancia con los valores obtenidos del cálculo de utilización de tiempo se visualiza un total de 8 horas trabajadas que representan el 100% del tiempo ocupado, este tiempo se subdivide en tres categorías, las cuales tienen su propio porcentaje de utilización; el caso de trabajo productivo es de 54% representando 4.3 horas, el trabajo contributorio tiene un 17% que representa 1.3 horas y finalmente el trabajo no contributorio con 29% que representa el 2.3 horas. Evidenciándose un porcentaje alto de trabajo no contributorio que debe ser optimizado para no generar ampliación de plazo ni sobrecostos.

### **Continuidad en el procedimiento constructivo**

#### **a.- Datos en campo (3ra vez)**

Es necesario utilizar la ficha técnica N° 3 para recolectar datos que logren obtener una muestra de la realidad de campo por la actividad de corte de pavimento flexible, la cual registraría la operación, inspección, transporte, demoras y almacenamiento de la partida analizada. Esto serviría para la identificación de los puntos de quiebre donde no hay fluidez de trabajo o embotellamiento por las diferentes restricciones que se puedan encontrar. Para lo que se necesitaría una matriz de análisis de restricciones que permita dar solución y registro de los impedimentos de avance de la partida durante el tiempo ejecución de la tarea.

### **5.12.2. Identificación de restricciones y mejoramiento con Lean Construction**

#### **a.-Restricción de horario laborable**

Tomando como base los datos que fueron obtenidos con la ficha técnica N° 2, se procede a mostrar los datos de la misma en una tabla, que indican la utilización del tiempo de un operario en la jornada laboral de 8 horas.

*Tabla 175. Utilización del tiempo de operario de actividad.*

<b>Día</b>	<b>Trabajo Contributorio</b>	<b>Trabajo No Contributorio</b>	<b>Trabajo productivo</b>
<i>Op 1</i>	17 %	29 %	54 %

*Fuente: Autoría propia.*

Lo que se muestra en la tabla 13 indica que el operario usa su tiempo en tres categorías, la productiva con 54%, la contributaria con 17% y la no contributaria con 29%, que significa que de las ocho horas laborables del día, lo pierde en ese porcentaje no contributivo que pueden ser diferentes actividades que agreguen valor a la partida como descanso prolongado, permiso para ir al baño, demora en el traslado de material, demora en el preparado de material, demora en la instalación del puesto de trabajo; lo cual afecta de manera directa a l trabajo productivo de la actividad desarrollada.

### 5.12.3. Después de la implementación de filosofía cero pérdidas

#### Productividad inicial

##### a. Datos de campo (4ta vez)

Se refiere a la cantidad producida durante un día laboral que se registra con la ficha técnica N°1, que recopila la producción diaria, tiempo trabajado y la cantidad de personas involucradas en la actividad. Este resumen se muestra en la tabla 176.

Tabla 176. Cantidad producida optimizada con Lean Construction.

Día	Producción (m)	Tiempo (Horas)	Cuadrilla (hombres)
06	97.12	6	1
07	93.00	6	1
08	91.00	6	1
09	91.07	6	1
10	95.00	6	1
11	94.00	6	1
12	90.00	6	1
13	98.00	6	1
14	91.00	6	1
15	96.00	6	1

Fuente: Elaboración propia.

## b. Determinación de la productividad inicial en el expediente

Para completar este proceso se debe determinar la cantidad producida por día de la actividad analizada, en este caso es la partida corte de pavimento flexible; del cual se extrajeron algunos datos como producción diaria, utilización del tiempo, cantidad de personas involucradas, mostradas en la siguiente tabla:

Tabla 177. Cantidad producida por día de la actividad

<b>Día</b>	<b>Producción (m)</b>	<b>Tiempo (Horas)</b>	<b>Cuadrilla (hombres)</b>	<b>Productividad</b>
06	97.12	6	1	16.19
07	93.00	6	1	15.5
08	91.00	6	1	15.17
09	91.07	6	1	15.18
10	95.00	6	1	15.83
11	94.00	6	1	15.67
12	90.00	6	1	15
13	98.00	6	1	16.33
14	91.00	6	1	15.17
15	96.00	6	1	16

*Fuente: Autoría propia.*

## c. Determinación inicial de la productividad verdadera (PIV)

Es necesario calcular la producción diaria verdadera tomando como base la productividad inicial de la partida corte de pavimento flexible, para lo cual se tomarán los siguientes datos:

- Cantidad producida por día: 936.19 metros lineales

- Cantidad de horas trabajadas: 6 horas
- Cantidad de personas involucradas: 10 hombres

Se representará de manera sintetizada los cálculos obtenidos en la tabla 178.

Tabla 178. Promedio de la productividad de la actividad.

<b>Día</b>	<b>Producción (m)</b>	<b>Tiempo (Horas)</b>	<b>Cuadrilla (hombres)</b>	<b>Productividad</b>
06 al 15	936.19	6	10	15.60

Fuente: Elaboración propia.

La sinterización presentada en la tabla 16, indica lo realizado desde el día 6 al día 25 de la partida analizada, mostrando que se realizó 936.19 metros lineales de corte con una productividad eficiente de 15.6031 metros lineales por hora en un jornal.

#### **d. Varianza de la productividad verdadera**

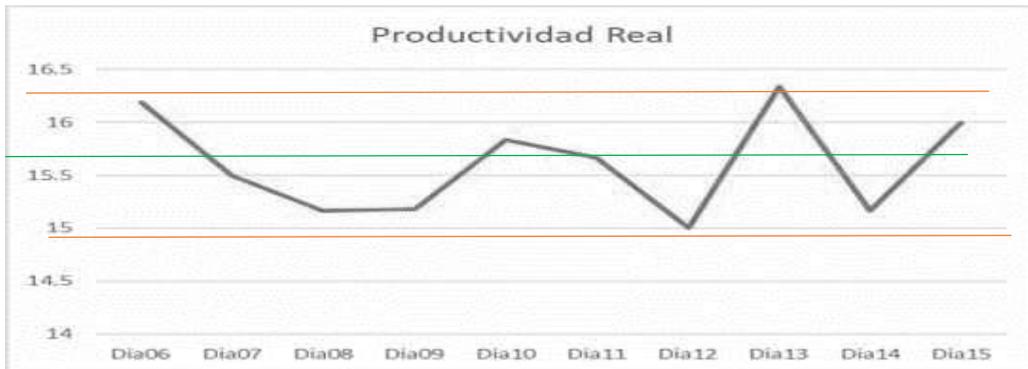
Para calcular la varianza de la productividad en la partida corte de pavimento flexible es necesario tomar dato de varianza estándar de los producido diariamente y compararlo con la cantidad producida en el jornal.

- Varianza de productividad: 0.2609 metros por hora.
- Productividad verdadera: 15.6031 metros por hora.

De acuerdo a lo calculado se representa de forma sintetizada, donde se muestra el cociente de variabilidad de lo producido en un día laborable:

Por lo determinado en la tabla 178 se infiere que la varianza de productividad es de 1.3 metros por hora hombre y el coeficiente calculado se encuentra en 4.067%, que significa que 15 a 16.3 horas hombre varían entre los días trabajados en corte de pavimento flexible.

Figura 154. Representación de la varianza de la productividad de la actividad.



Fuente: Elaboración propia.

En concordancia con la figura 154, se ha representado la productividad real con relación a la varianza obtenida de la actividad, en cada día de desarrollo de la misma.

#### e. Proceso comparativo de las producciones antes y después de implementar la filosofía sin pérdidas

Para determinar el comparativo se toma como base la producción referencial y la producción de campo de la actividad analizada que en este caso es el corte de pavimento flexible, que se representa en la figura 18.

Figura 155. Varianza de las productividades de la actividad..



Fuente: Autoría propia.

Lo representado en el grafico anterior, presenta una productividad base de 16.666 metros lineales por hora hombre y en el caso de la productividad real el valor es de 15.6031 metros

por hora hombre. Lo que significa que durante la jornada laboral se puede avanzar de manera planificada 16.666 metros en una hora, mientras que en campo o desarrollo constructivo de la partida se completan 15.6031 metros, generando un déficit de 1 metro menos por hora. Esto afectaría de manera directa a la duración de la actividad.

#### **f. Determinación del índice de productividad verdadero**

Este cálculo requiere de la productividad base, así como de la productividad diaria de la actividad de corte de pavimento flexible de e=2”, que se puede obtener datos de la tabla 5, de la cual se va a utilizar los datos como productividad inicial, productividad verdadera respectivamente.

*Tabla 179. Cálculo de índice diario de lo producido en la actividad.*

<b>Día</b>	<b>Productividad real(hh/m)</b>	<b>Productividad base(hh/m)</b>	<b>IP</b>
06	16.19	16.67	0.97
07	15.5	16.67	0.93
08	15.17	16.67	0.91
09	15.18	16.67	0.91
10	15.83	16.67	0.95
11	15.67	16.67	0.94
12	15	16.67	0.90
13	16.33	16.67	0.98
14	15.17	16.67	0.91
15	16	16.67	0.96

*Fuente: Elaboración propia.*

### g. Representación gráfica del índice

La representación del índice de productividad de la actividad analizada, en este caso la partida corte de pavimento rígido que tiene datos calculados y mostrados en la tabla 179 y cumpliendo con las condiciones de la productividad en la que en el caso que índice sea igual a uno, lo que significa que ambas productividades son iguales

Figure 156. Representación del índice de productividad diaria.



Fuente: Autoría propia.

En la representación gráfica se presenta la duración de la actividad analizada que fueron 9 días, tomados en cuenta desde el día 6 hasta el día 15, relacionado estos con el índice de productividad de la partida corte e pavimento flexible; además de las condiciones restrictivas que se da cuando el índice es menor a uno, quiere decir que la productividad base es mayor a la productividad real por lo que se determina que la productividad global es baja en esta partida.

### Análisis de precios unitarios

#### a. Determinación de la cantidad producida por día

Para el cálculo de la cantidad producida en un día laborable, es necesario tomar los datos de la tabla 16, de la cual se tomarán los siguientes datos:

- Productividad verdadera: 15.60 metros por hora hombre.
- Cantidad de horas trabajadas: 6 horas
- Cantidad de personas involucradas: 1 persona

Por lo que se sintetiza los cálculos realizados en la tabla 156.

Tabla 180. Producción por día trabajado de actividad.

Día	Producción (m)	Tiempo (Horas)	Cuadrilla (hombres)	Productividad
06 al 15	15.60	6	1	93.62

Fuente: Autoría propia.

#### b. Proceso de análisis de precios por unidad verdaderos

El análisis de precios unitario s a realizar de la actividad analizada, en este caso la partida carpeta asfáltica en caliente e=2” tomará los datos de la tabla 18 y determinará lo siguiente:

- Producción por día laborable: 93.619 m/hh
- Cantidad de horas trabajadas: 6 horas
- Cantidad de personas involucradas: 1 hombre

Figura 157. Determinación de precios unitarios de la actividad..

Partida CONCRETO PREMEZCLADO F’C=280 KG/CM2						
Rendimiento	m/ Día	MO. 94.166656	EQ. 94.16656	Costo unitario directo por m:		5.64
Descripción del Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de obra</b>						
CAPATAZ	hh	1.000	0.0083	25.15	0.21	
OPERARIO	hh	2.000	0.08	20.96	3.35	
						0.00
<b>Equipos</b>						
AGUA		m3	0.0012	5.68	0.01	
HERRAMIENTAS MANUALES CORTADORA DE PAVIMENTO CON DISCO	% MO		0.030	2.49	0.07	
	hm		0.08	25	2.00	

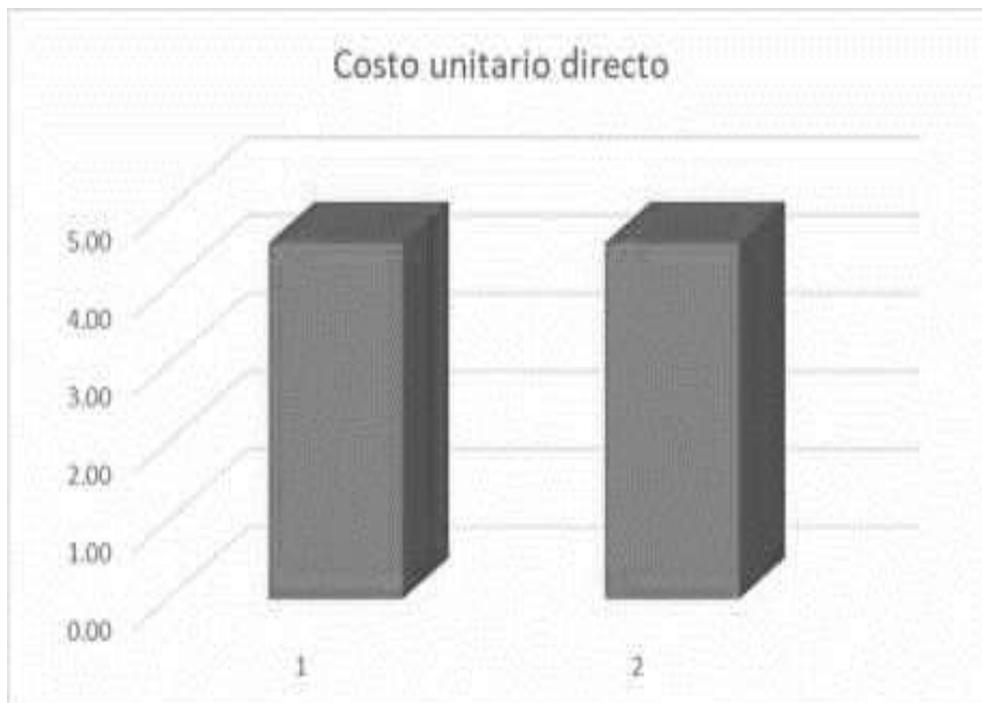
Fuente: Autoría propia.

En la representación gráfica de los precios unitarios se presenta la mano de obra a utilizar, los equipos, maquinaria y herramientas posibles a usar en la actividad por construir, indicando el costo individual y global de la partida, en este caso la partida tiene un costo de 4.57 soles por metro lineal de corte de pavimento flexible.

### c. Proceso comparativo de productividad inicial y productividad verdadera

Para la representación gráfica de la comparación de ambas productividades se debe tomar datos relevantes de la tabla 16 y tabla 17, las cuales muestran ambas productividades,

Figura 158. Costos unitarios referencial de actividad.



*Fuente: Autoría propia.*

## Utilización del tiempo

### a. Datos recolectados por campo.

Es necesario utilizar la ficha técnica N°2 que permite recolectar datos como el tipo de trabajo realidad por las personas involucradas en la actividad analizada, para luego sintetizarla en la tabla 181.

Tabla 181. Utilización del tiempo para la actividad.

<b>Día</b>	<b>Trabajo Contributorio</b>	<b>Trabajo No Contributorio</b>	<b>Trabajo Productivo</b>
06	17 %	33 %	51 %
07	18 %	36 %	46 %
08	18 %	35 %	48 %
09	17 %	34 %	48 %
10	17 %	34 %	48 %
11	17 %	34 %	49 %

Fuente: Elaboración propia.

#### **b. Determinación del uso de tiempo en la actividad**

Este paso requiere los datos de ocupación de tiempo por día en la partida corte de pavimento flexible e=2", que se encuentra en la tabla 19. Tomados desde el 6 al día 11, teniendo una muestra de 5 días trabajados.

- % Promedio de trabajo productivo: 49%
- % Promedio de trabajo contributorio: 17%
- % Promedio de trabajo no contributorio: 34%

Para lograr presentar los datos obtenidos se procede a resumirlo en la tabla 20.

Tabla 182. Utilización del tiempo de operario en la actividad.

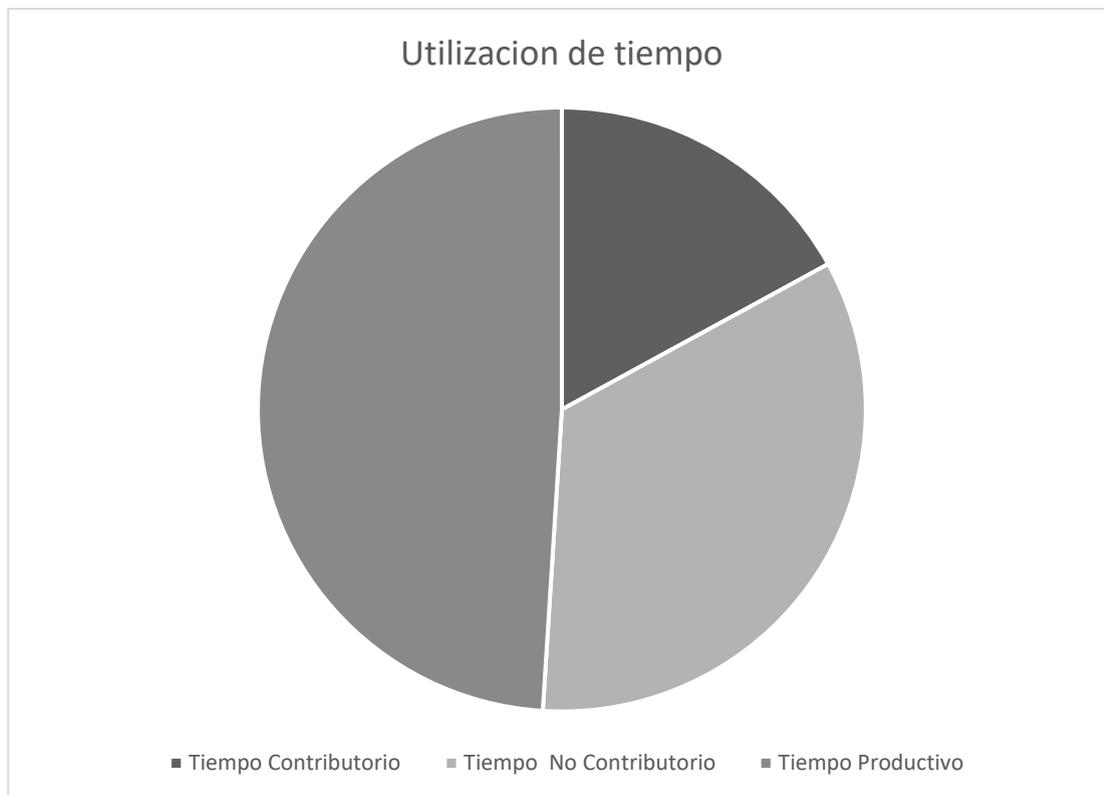
<b>Día</b>	<b>Trabajo Contributorio</b>	<b>Trabajo No Contributorio</b>	<b>Trabajo Productivo</b>
06	17 %	33 %	51 %

Fuente: Elaboración propia.

Los datos obtenidos del cálculo del tiempo utilizado por el operario Op 1 se subdivide en tres categorías, que son la productiva, contributoria y no contributoria, que tiene porcentaje

asignados en la ficha técnica empleada, siendo los valores los siguiente; 17% el contributorio, 34% no contributorio y 49% de productivo.

Figure 159. Utilización de tiempo por operario en la actividad concreto premezclado.



Fuente: Autoría propia.

Durante la representación gráfica de los resultados obtenidos por el cálculo del tiempo utilizado en una jornada de trabajo se determinó que el operario OP1 tuvo 49% de trabajo productivo representado en 2.94 horas, 17% de trabajo contributorio con 1.02 horas y finalmente 34% representado por 2.04 horas, infiriendo que se tiene mucho tiempo perdido.

## Proceso comparativo de las productividades después de implementar Lean

### Construction

#### a. Productividad inicial

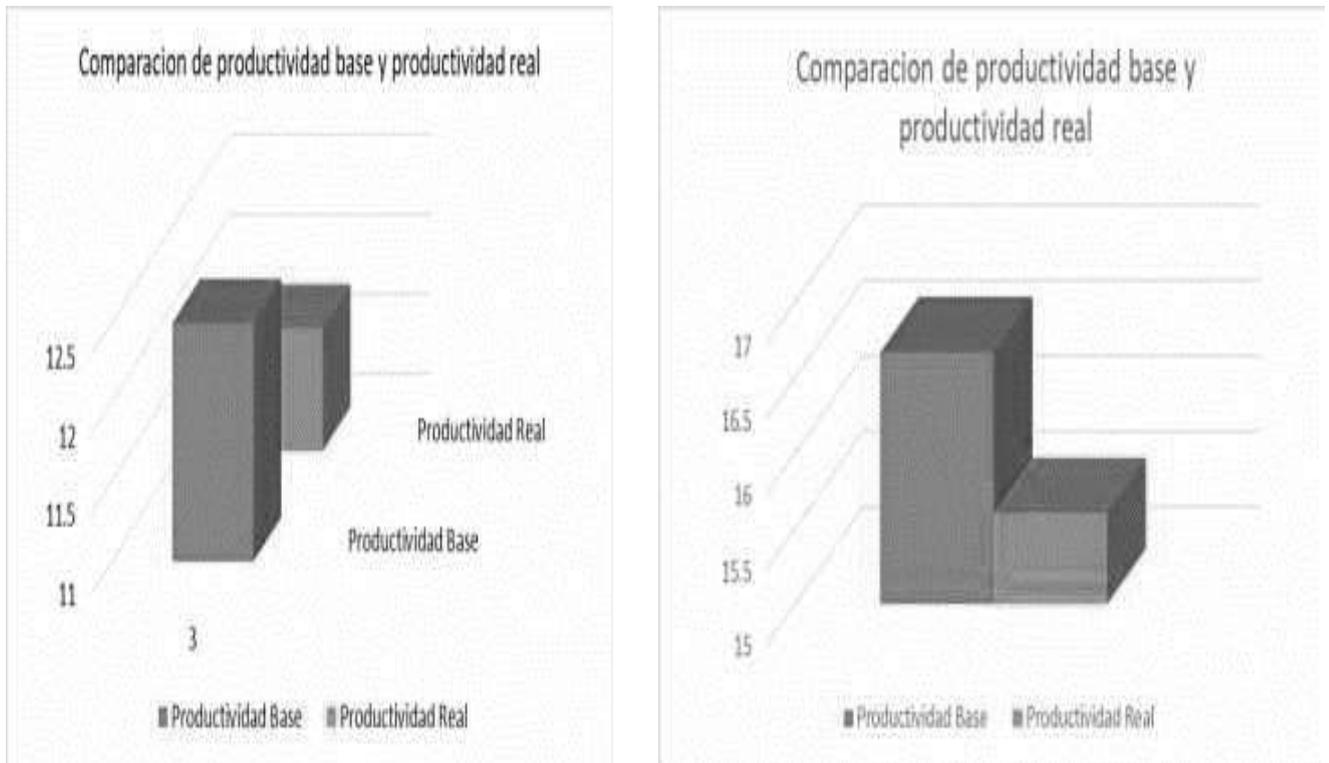


Figura 160. Comparación de productividades en la actividad.

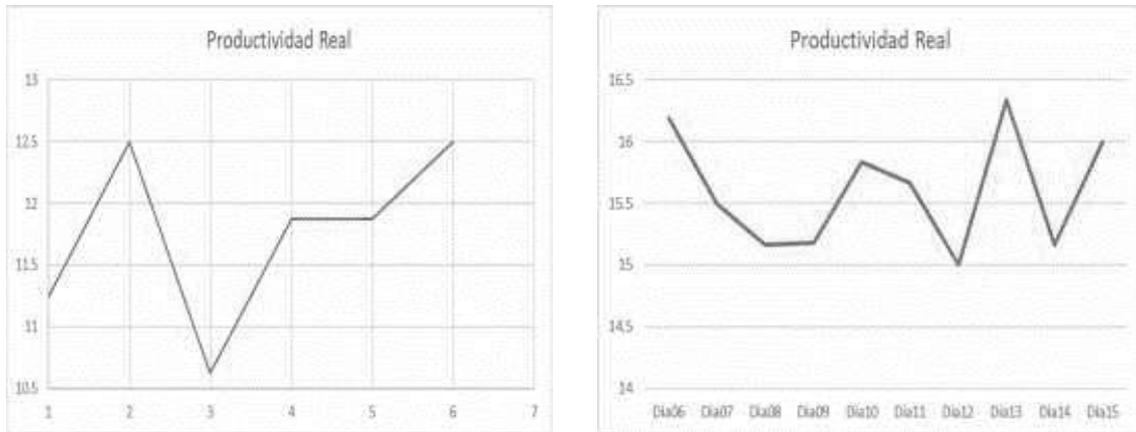
Fuente: Autoría propia.

De acuerdo a lo mostrado en la figura 23, se visualiza que previo a la implementación de la Filosofía Sin Pérdidas la productividad base es 11.5 metros por hora hombre y después de la implementación de la misma, esta productividad se incrementó en 15.5 metros por hora hombre. Lo que significa que la actividad analizada tiene una cantidad de personas involucradas en un jornal laboral realizando el corte de pavimento con sus respectivos rendimientos, indicando una mejora de 4 metros por hora hombre, Por lo que deduce que se logró optimizar esta partida.

## b. Varianza de la productividad verdadera

Figura 161. Comparativa de la varianza de la productividad del concreto premezclado.

Fuente: Autoría propia.



En la representación de la varianza de la figura 24, se visualiza el cambio optimizador de las productividades reales es de 0.0620732 metros por hora hombre; además de calcular un coeficiente de 6.21%, estos datos se obtuvieron antes de la implementación de la filosofía. Posteriormente a la implementación se realizan nuevos cálculos determinando que la varianza es de 0.2609 metros por hora hombre y el coeficiente de 26.092%. Lo que se puede deducir que las personas involucradas en la actividad de corte de pavimento flexible mantienen avance constante, es por ello que la varianza es estable.

## c. Índice de la Productividad

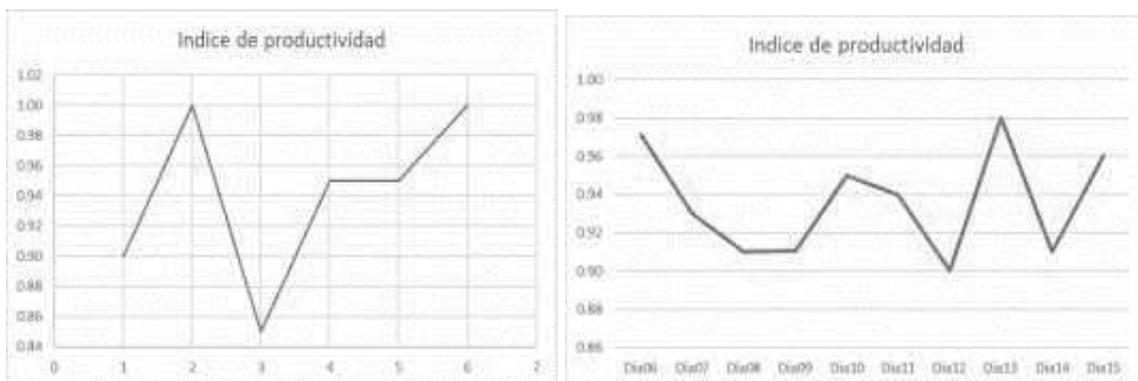


Figura 162. Representación de la comparación de los índices del concreto premezclado.

Fuente: Elaboración propia.

## Análisis de precios unitarios

### a. Costo por unidad.

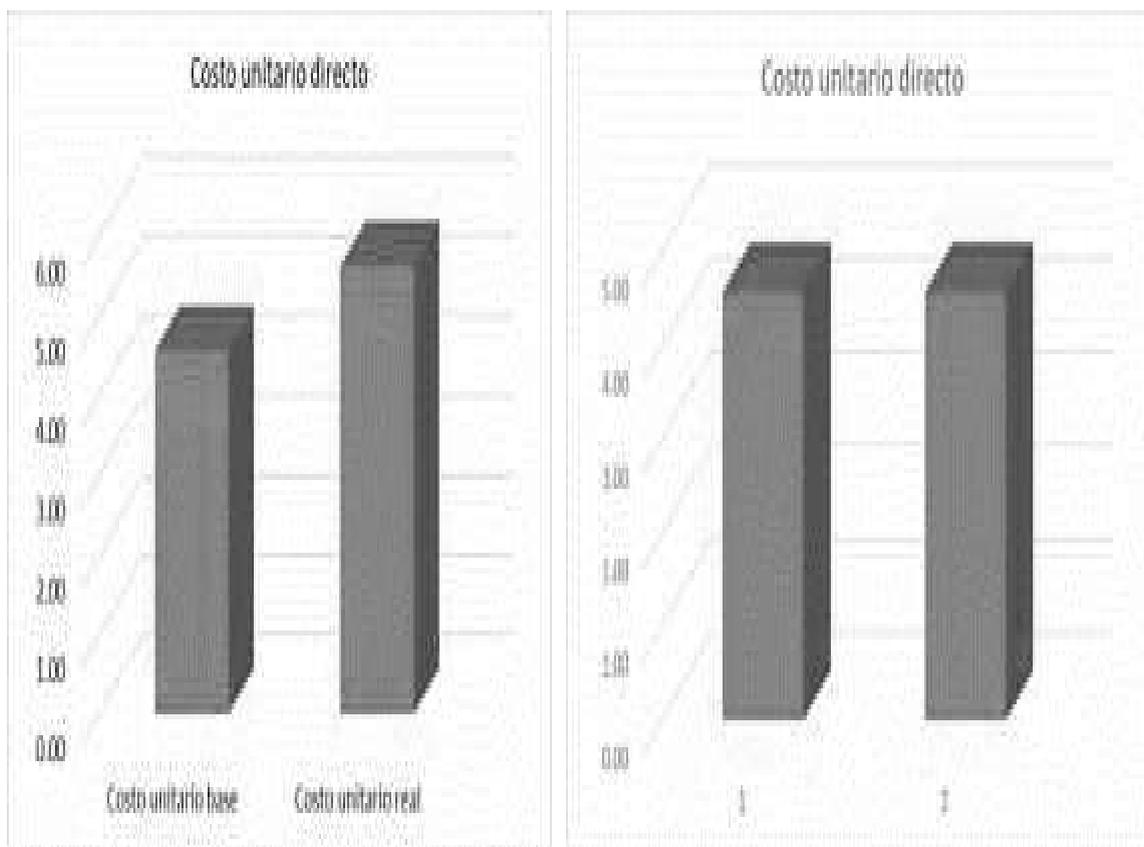


Figura 163. Representación gráfica de costo unitario antes de Lean C y después de aplicarlo.

Fuente: Elaboración propia.

Para la representación 26, es bastante claro que el costo unitario calculado para la partida antes de aplicar la Filosofía Cero Pérdidas es de 5.63 soles y posteriormente a su implementación se indica el valor de 4.57 soles. Lo que significa que en la partida *corte de pavimento flexible e=2"* realizar la tarea tuvo un costo de 5.63 soles por metro de pavimento flexible y al momento de la mejora este costo se reduce a 4.57 soles, por tanto, el costo se ha reducido en 0.06 soles por metro de pavimento flexible.

## Utilización de tiempo de actividad

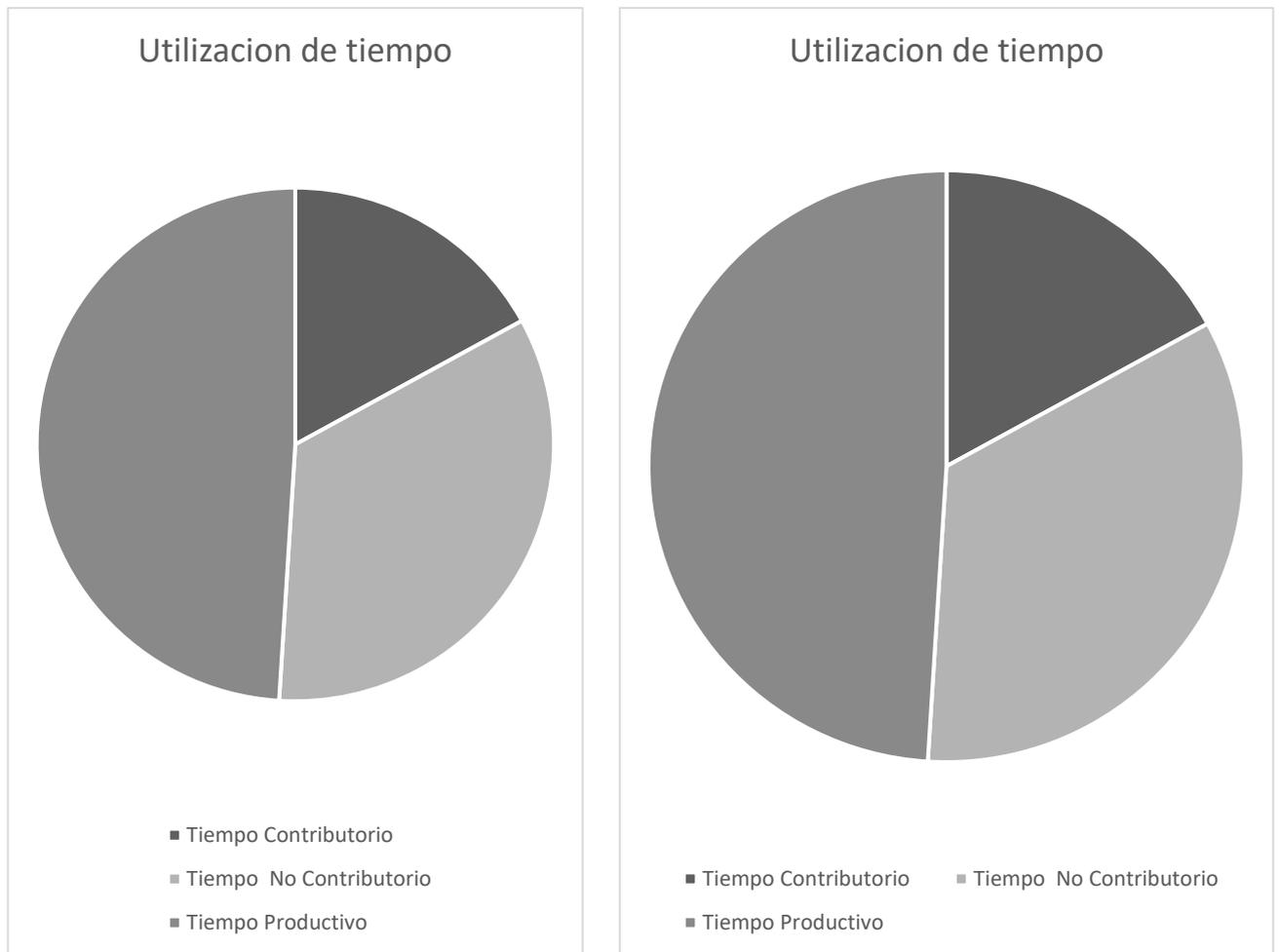


Figura 164. Representación gráfica de la utilización de tiempo para la actividad.

Fuente: Autoría propia.

Para la representación de la figura 164, se puede visualizar que en la actividad de corte de pavimento flexible de e=2", los tiempos son de tres tipos, productivo con 43 % , el contributorio con 38% y finalmente el no contributorio con 19% de toda la jornada laboral, estos valores fueron obtenidos antes de la implementación de la nueva metodología; luego de aplicar Lean se calculan nuevos datos, que son los siguiente; trabajo productivo con 49%, trabajo contributorio con 34% y finalmente el trabajo no contributorio con 1%.

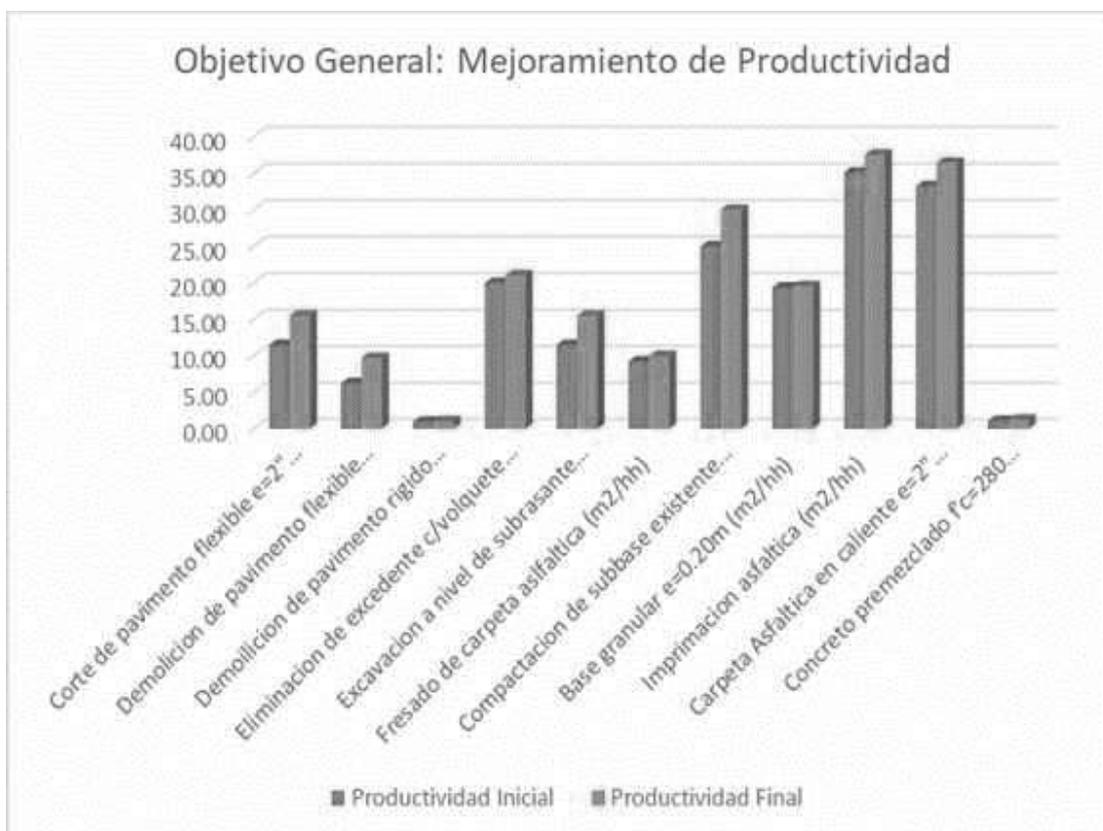
## Capítulo 6

### 6.1. Discusión de Resultados

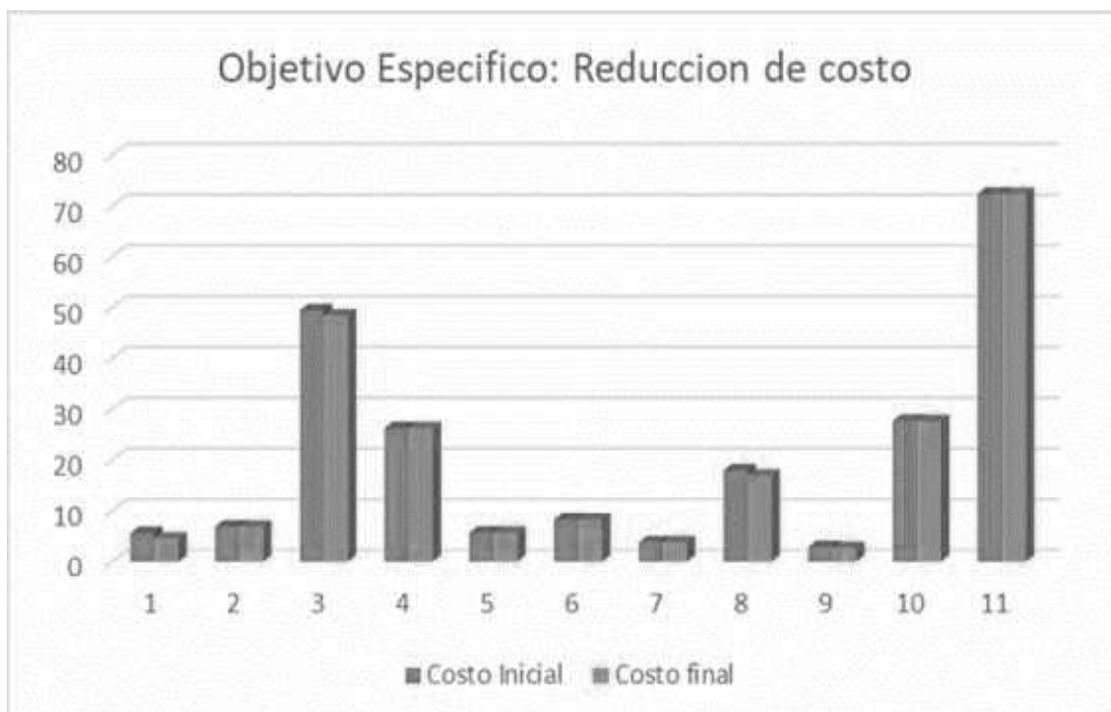
Objetivos	Antecedentes	Bases teóricas	Normas	Tesis
<p><b>Objetivo general:</b></p> <p>Determinar como la implementación de Lean Construction mejora la productividad del proyecto de rehabilitación de la “Av. Faucett” tramo Av. Morales Duárez- Av. Venezuela, Callao en el 2019.</p>	<p>Llegó a la conclusión que Lean Construction, es una teoría de mejora en la producción, sirve como plan de incremento productivo en las programaciones tradicionales de obras, como por ejemplo el PERT/CPM, motivo por el cual se vislumbró que, al aplicar esta teoría, a cada una de las actividades de la ruta crítica de una obra, se puede disminuir el tiempo de ejecución de un proyecto.</p>	<p>Aplicación de la teoría Lean Construction en actividades representativas de mantenimiento rutinario en carreteras asfaltadas. Macedo del Águila, Cesar.</p> <p>Introducción a Lean Construction. Juan Felipe Pons Achell.</p>	<p>Herramientas de Lean Construction . PMBOOK.</p> <p>Diseño Geometrico de Carreteras (2018).</p>	<p>Se concluye con los resultados que las partidas analizadas mejoraron la productividad, como por ejemplo corte de pavimento flexible de 11.5 m/hh a 15.5 m/hh.</p>
<p><b>Objetivo Especifico 1</b></p> <p>Detallar como la implementación de Lean Construction reduce el costo del proyecto de rehabilitación de la “Av. Faucett” tramo Av. Morales Duárez- Av. Venezuela, Callao en el 2019.</p>	<p>Expone las conclusiones que se obtuvieron después de aplicar la Filosofía Lean Construction en los 437.60 km de carretera en los departamentos de Piura y Tumbes:</p> <p>1.- Se determinó que existen mejoras en los tiempos de producción, así mismo también se mejoró la calidad y otros aspectos relevantes en obra.</p>	<p>Buenas prácticas en la Dirección y Gestión de proyectos. Gustavo Gabriel Maigua y Emmanuel Fernando López.</p> <p>Mejora de la productividad en el mantenimiento rutinario de una carretera aplicando la filosofía Lean Construction Burneo C del C.</p>	<p>Project Management Institute</p>	<p>Se concluye que los costos unitarios de las partidas analizadas se lograron optimizar, por ejemplo, corte de pavimento flexible costo s/.5.63 y luego al optimizar costo s/.4.57.</p>

<p><b>Ob. Especifico 2</b>  Enunciar como la implementación de Lean Construction optimiza el tiempo del proyecto de rehabilitación de la “Av. Faucett” tramo Av. Morales Duárez- Av. Venezuela, Callao en el 2019.</p>	<p>Se presentan dos métodos o enfoques que se complementan entre sí además de ellos se tomó como referencia la guía de las buenas prácticas en proyectos (PMBOK); cuya finalidad es el desarrollo de una guía práctica de aplicación Lean en la producción y la incorporación de innovación tecnológica en los procesos de construcción de pavimentos, dejando un hito o inicio de investigación para futuras generaciones que ayude a completar una guía completa de aplicación de metodología Lean en cualquier proyecto de infraestructura vial y de pavimentación</p>	<p>Propuesta de metodología para la implementación de la Filosofía Lean (Construcción Esbelta) en proyectos de construcción. Martínez Ribon, Guillermo</p> <p>Aplicación de metodologías construcción sin pérdidas e innovación tecnológica para mejora de productividad en proceso de pavimentación. Román Cabrera, Hugo</p>	<p>Lean Construction Institute Perú.</p>	<p>Se concluye que los tiempos productivos de las partidas analizadas fueron optimizados con la implementación de Lean Construction; por ejemplo, el corte de pavimento flexible de 43% a 49%.</p>
--	---	---	--	--

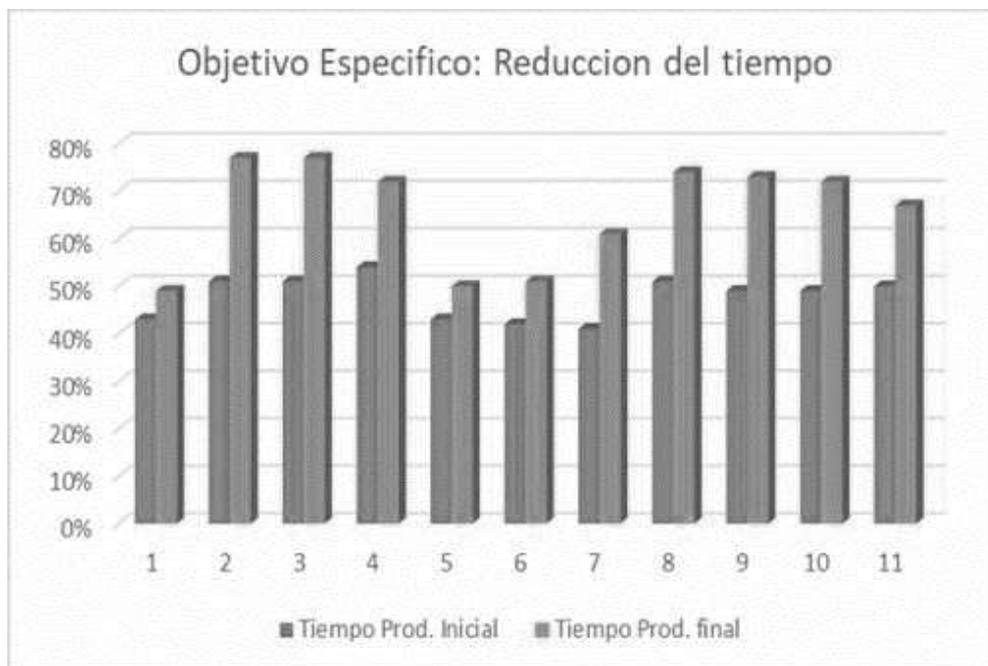
Partida	Productividad	
	Inicial	Final
Corte de pavimento flexible e=2"	11.5 m/hh	15.5 m/hh
Demolición de pavimento flexible e=0.05 m	6.25 m2/hh	9.722 m2/hh
Demolición de pavimento rígido e=20cm	0.972 m3/hh	1.0684 m3/hh
Eliminación de excedente c/volquete	20.00 m3/hh	21.04 m3/hh
Excavación a nivel de subrasante	11.5 m3/hh	15.5 m3/hh
Fresado de carpeta asfáltica	9.25 m2/hh	10.00 m2/hh
Compactación de subbase existente	25.00 m2/hh	30.00 m2/hh
Base granular e=0.20m	19.345 m2/hh	19.55 m2/hh
Imprimación asfáltica	35.1256 m2/hh	37.5544 m2/hh
Carpeta Asfáltica en caliente e=2"	33.25 m2/hh	36.45 m2/hh
Concreto premezclado f'c=280 kg/cm2	1.0876 m2/hh	1.26555 m2/hh



<b>Partida</b>	<b>Costo Inicial</b>	<b>Costo final</b>
Corte de pavimento flexible e=2"	5.63	4.57
Demolición de pavimento flexible e=0.05	6.91	6.9
Demolición de pavimento rígido e=20cm	49.49	48.49
Eliminación de excedente c/volquete	26.28	26.28
Excavación a nivel de subrasante	5.7	5.7
Fresado de carpeta asfáltica	8.31	8.3
Compactación de subbase existente	3.83	3.83
Base granular e=0.20m	17.95	16.95
Imprimación asfáltica	2.88	2.68
Carpeta Asfáltica en caliente e=2"	27.77	27.67
Concreto premezclado f'c=280 kg/cm <sup>2</sup>	72.48	72.46



Partida	Tiempo Prod.	Tiempo Prod.
	Inicial	final
Corte de pavimento flexible e=2"	43%	49%
Demolición de pavimento flexible e=0.05m		
	51%	77%
Demolición de pavimento rígido e=20cm	51%	77%
Eliminación de excedente c/volquete	54%	72%
Excavación a nivel de subrasante	43%	50%
Fresado de carpeta asfáltica	42%	51%
Compactación de subbase existente	41%	61%
Base granular e=0.20m	51%	74%
Imprimación asfáltica	49%	73%
Carpeta Asfáltica en caliente e=2"	49%	72%
Concreto premezclado f'c=280 kg/cm2	50%	67%



## Capítulo 7

### 7.1. Conclusiones

De acuerdo al objetivo general planteado en la investigación se concluyó que las partidas siguientes tuvieron una mejora en productividad; corte de pavimento flexible en 35%, demolición de pavimento flexible en 56%, demolición de pavimento rígido en 9%, eliminación de excedente de 5%, excavación a nivel de subrasante en 35%, fresado de carpeta asfáltica en 8%, compactación de subbase existente en 20%, base granular en 1% imprimación asfáltica en 7% carpeta asfáltica en caliente en 10% y finalmente concreto premezclado en 17%; lo que demuestra de manera positiva en cada partida analizada la optimización.

Primer objetivo específico, se determinó la reducción del costo en corte de pavimento en S/ 1.06, demolición de pavimento flexible en S/ 0.01, demolición de pavimento rígido en S/ 0.00; eliminación de fresado de carpeta asfáltica en S/ 0.01, base granular en S/ 1.00, imprimación asfáltica en S/ 0.20, carpeta asfáltica en S/ 0.10 y concreto premezclado en S/ 0.02.

Segundo objetivo específico, los tiempos productivos empleados en las partidas analizadas fueron optimizados, corte de pavimento flexible de 43% a 49%, demolición de pavimento flexible de 51% a 77%, demolición de pavimento rígido de 51% a 77%, eliminación de excedente de 54% a 72 %, excavación a nivel e subrasante de 43 % a 50% y fresado de carpeta asfáltica de 42% a 51%.

## Capítulo 8

### 8.1. Recomendaciones

De acuerdo a lo investigado en el objetivo general, se ha observado que la mejoría en la productividad de las partidas fue optima, por lo cual se recomienda aplicar la metodología propuesta para todo el proyecto, obteniendo mejoras inmediatas en los rendimientos de cada actividad a desarrollar.

Con respecto a la mejora de los costos de las partidas, es recomendable tener una matriz de restricciones y otras herramientas Lean que ayuden a mitigar los imprevistos o reducir la incertidumbre de completar las actividades planificadas en el proyecto de construcción, con esas herramientas es probable que se pueda optimizar los costos directos de toda la obra.

Finalmente, en relaciona los tiempos de desarrollo de las actividades analizadas, se recomienda control por parte de los lideres o encargados de las cuadrillas, así como la capacitación de los mismos, para obtener una mejor calidad de trabajo en la jornada, incrementando así el tiempo productivo de las partidas de toda la obra.

## Referencias Bibliográficas

- Alvarez, L. (2003). *Eficiencia y productividad en el proceso de obra, la construcción como industria. Tesis (Maestría en Arquitectura)*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Buleje, K. (2012). *Productividad en la construcción de un condominio aplicando conceptos de la filosofía Lean Construction. Tesis (Ingeniero civil)*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Chávez, J, & De la Cruz, C. (2014). *Aplicación de la filosofía Lean Construction en una obra de edificación. Caso: condominio casa Club Recrea, distrito de El Agustino. Tesis (Ingeniero Civil)*. Universidad San Martín de Porres, Lima.
- Fuentes, N. (2015). *Guía para la mejora de la productividad en la mano de obra en la industria de la construcción a través de los círculos de calidad. Tesis (Magister en Ingeniería)*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ghio, V. (2001). *Productividad en obras de construcción, diagnóstico, crítica y propuesta*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Gómez, A. (2004). *Productividad de la mano de obra en la construcción. Tesis (Magister en Ingeniería Civil)*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Gómez, S. (2012). *Metodología de la investigación*. Ciudad de México: Red Tercer Milenio.
- González, D., Bonora, J., Marlon, D., & Noyola, D. (2009). *Método del Camino Crítico CMP-PERT*. Santo Domingo: Instituto Tecnológico de Santo Domingo.

- Hamzeh, F., Ballard, G., & Tommelein, I. (2012). *Rethinking Look ahead Planning to Optimize Construction Workflow*. Washington D. C.: <https://www.leanconstruction.org>.
- Hernández, R., Fernández, C., & Bautista, P. (2010). *Metodología de la investigación* (5.a ed ed.). Ciudad de Mexico: Interamericana Editores.
- Huamán, J. (2017). *Análisis de la productividad aplicando Lean Construction en obras de contención, distrito de Comas, Lima, 2017. Tesis (Ingeniero Civil)*. Lima: Universidad César Vallejo.
- Ibarra, L. (2011). *Lean Construction. Tesis (Ingeniero Civil)*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- INEGI. (2015). *Cálculo de los índices de productividad laboral y del costo unitario de la mano de obra 2015*. Aguascalientes: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Koepsell, D., & Ruiz, M. (2015). *Ética de la investigación, Integridad Científica*. Ciudad de México: Editarte.
- MINAGRI. (2018). *Avance de ejecución de proyectos de inversión de riego (1er Informe trimestral)*. Lima.
- Municipalidad Provincial del Callao (2018). *Reparacion de pista en la Av. Elmer Faucett (Tramo: Av. Morales Duarez – Av. Venezuela), Distrito de Callao, Provincia de Callao, Departamento de Callao..*
- Ramón, J. (1992). *La planeación y el control de la producción*. Ciudad de México: Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco.
- Serpell, A., & Verbal, R. (1990). *Análisis de operaciones mediante cartas de balance*.
- UNINAV. (2017). *Metodología de la investigación*. Ciudad de México: Secretaría de marina.

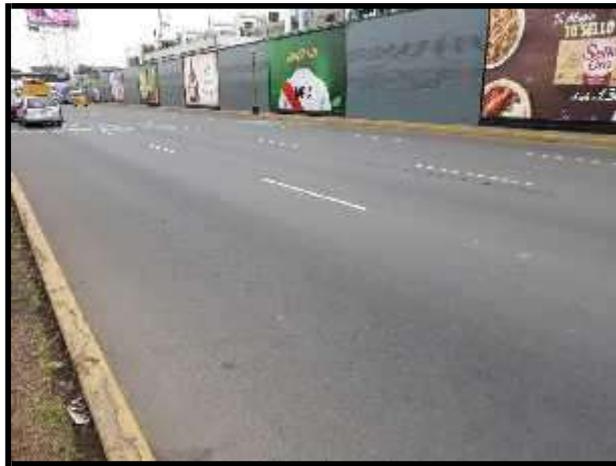
## Anexos

### Anexo 1: Panel fotográfico de situación actual de la Av. Faucett.

*Imágenes obtenidas en el tramo Av. Morales Duarez. Av. Venezuela (Estado actual)*



*Figura 7. Pista de Concreto con superficie deteriorada.*



*Figura 8. Vista de la Av. Faucett en dirección sur a norte antes del cruce con la Av.*

*Argentina.*



*Figura 9. Pista de concreto deteriorada, resanada por obras de interferencias de empresa de servicio público.*



*Figura 10. Presencia de fisuras longitudinales y transversales en la estructura del pavimento rígido.*



*Figura 11. Desgaste de la superficie de rodadura, con presencia de bache profundo.*



*Figura 12. Pista de concreto deteriorada, resanada por obras de interferencias de empresa de servicio público*



*Figura 13. Cruce de carril con carpeta asfáltica deteriorada, presenta grietas y hundimiento.*

*Figura 14.* Desgaste de superficie de rodadura en el carril de norte a sur de la Av. Faucett, a la altura del cruce con la Av. Venezuela



*Figura 15.* Presencia de grietas profundas en la estructura del pavimento rígido existente



*Figura 16.* Desgaste de superficie de rodadura, estructura mixta del pavimento dañado con presencia de bacheo profundo.

## Anexo 2: Metrados del proyecto de rehabilitación.

<b>RESUMEN DE METRADOS</b>			
OBRA	REPARACIÓN DE PISTA EN LA AV. ELMER FAUCETT (TRAMO: AV MORALES DUAREZ – AV VENEZUELA), DISTRITO DE CALLAO, PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO.		
ENTIDAD	FONDO MUNICIPAL DE INVERSIONES DEL CALLAO S.A.		
Codigo	PARTIDA	Und.	Total
01	OBRAS PROVISIONALES		
01.01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA DE 7.20 X 3.60 M..	und	1.00
01.02	OFICINA PROVISIONAL	m2	40.00
01.03	CASETA PROVISIONAL PARA ALMACEN Y GUARDIANA..	und	1.00
01.04	SERVICIOS HIGIENICOS PORTATILES..	mes	3.00
01.05	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQ	glb	1.00
02	SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA		
02.01	EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL OBREROS...	glb	1.00
02.02	EQUIPOS DE PROTECCION COLECTIVA...	glb	1.00
02.03	MANTENIMIENTO DE TRANSITO Y SEGURIDAD VIAL...	glb	1.00
03	DEMOLICIONES		
03.01	CORTE DE PAVIMENTO FLEXIBLE E=2"	m	2.264.90
03.02	DEMOLICION DE PAVIMENTO FLEXIBLE C/EQUIPO E=0.05	m2	6.685.32
03.03	DEMOLICION DE PAVIMENTO RIGIDO E=0.20M	m2	1.268.38
03.04	ELIMINACION DE EXCEDENTES C/VOLQ. 10 M3 D=10 KM..	m3	881.91
04	TRABAJOS PRELIMINARES		
04.01	TRAZO Y REPLANTEO DURANTE LA OBRA.	m2	43.852.62
05	MOVIMIENTO DE TIERRAS		
05.01	EXCAVACION A NIVEL DE SUBRASANTE		
05.01.01	EXCAVACION A NIVEL DE SUB-RASANTE	m3	1.590.74
05.02	ELIMINACION DE EXCEDENTES		
05.02.01	ELIMINACION DE EXCEDENTES C/VOLQ. 10 M3 D=10 KM.	m3	2.067.96
06	FRESADO DE CARPETA ASFALTICA		
06.01	FRESADO DE e = 5.00 cm (inc. Eliminación)	m2	35.898.92
07	PAVIMENTOS		
07.01	BASE		
07.01.01	COMPACTACION DE SUB BASE EXISTENTE..	m2	8.265.05
07.01.02	BASE GRANULAR E= 0.20 M (AFIRMADO PRODUCIDO) C/	m2	7.953.70
07.02	IMPRIMACION		
07.02.01	IMPRIMACION ASFALTICA	m2	33.375.66
07.03	RIEGO DE LIGA		
07.03.01	RIEGO DE LIGA	m2	179.490.46
07.04	CARPETA ASFALTICA		
07.04.01	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E=2" C/EQUIPO. ME	m2	212.866.12
07.05	PISTAS DE CONCRETO		
07.05.01	CONCRETO PREMEZCLADO F'C=280 kg/cm2 - PARA PAVIM	m2	6.286.19
07.06	NIVELACION DE BUZONES		
07.06.01	NIVELACION DE TAPAS DE BUZON..	und	5.00
08	SEÑALIZACION		
08.01	SEÑALIZACION HORIZONTAL		
08.01.01	PINTADO DE PAVIMENTOS (SIMBOLOS Y LETRAS)..	m2	1.908.94
08.01.02	PINTADO DE PAVIMENTOS (LINEA CONTINUA)..	m	1.731.40
08.01.03	PINTADO DE PAVIMENTOS (LINEA DISCONTINUA)..	m	504.00
08.01.04	PINTADO DE SARDINELES..	m	4.799.93
08.01.05	TACHAS RETROREFLECTIVAS	und	2.472.00
08.02	SEÑALIZACION VERTICAL		
08.02.01	SEÑALIZACION VERTICAL PREVENTIVA..	und	17.00
08.02.02	SEÑALIZACION VERTICAL INFORMATIVA..	und	7.00
08.02.03	SEÑALIZACION VERTICAL REGLAMENTARIA..	und	18.00
09	PLAN DE SEGURIDAD Y MANEJO AMBIENTAL		
09.01	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL..	und	1.00
09.02	CAPACITACION EN SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	und	1.00

Metrado del expediente técnico del proyecto de rehabilitación.

### Anexo 3: Presupuesto del proyecto de rehabilitación

Presupuesto				13/07/2018
REPARACIÓN DE PISTA EN LA AV. ELMER FAUCETT (TRAMO: AV MORALES DUAREZ - AV VENEZUELA), DIST RIT O DE CALLAO, PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO.				
Item	Descripción	Und.	Metrado	Preci Parcial S/.
01	<b>OBRAS PROVISIONALES</b>			<b>9719.97</b>
1.01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA DE 7.20 X 3.60 M..	1	1319.42	1319.42
1.02	OFICINA PROVISIONAL	40	67.09	2683.6
1.03	CASETA PROVISIONAL PARA ALMACEN Y GUARDIANIA..	1	488.98	488.98
1.04	SERVICIOS HIGIENICOS PORTATILES..	3	1200.00	3600
1.05	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	1	1627.97	1627.97
2	<b>SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA</b>			<b>5000.00</b>
2.01	EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL OBREROS...	1	1000.00	1000.00
2.02	EQUIPOS DE PROTECCION COLECTIVA...	1	1000.00	1000.00
2.03	MANTENIMIENTO DE TRASNITO Y SEGURIDAD VIAL...	1	3000.00	3000.00
3	<b>DEMOLICIONES</b>			<b>142494.88</b>
3.01	CORTE DE PAVIMENTO FLEXIBLE E=2"	2264.900	4.57	10350.59
3.02	DEMOLICION DE PAVIMENTO FLEXIBLE C/EQUIPO E=0.05 M..	6685.32	6.91	46195.56
3.03	DEMOLICION DE PAVIMENTO RIGIDO E=0.20M	1268.38	49.49	62772.13
3.04	ELIMINACION DE EXCEDENTES C/VOLQ. 10 M3 D=10 KM..	881.91	26.28	23176.59
4	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>			<b>107877.45</b>
4.01	TRAZO Y REPLANTEO DURANTE LA OBRA.	43852.62	2.46	107877.45
5	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>			<b>64201.61</b>
5.01	<b>EXCAVACION A NIVEL DE SUBRASANTE</b>			<b>9067.22</b>
05.01.01	EXCAVACION A NIVEL DE SUB-RASANTE	1590.74	5.7	9067.22
5.02	<b>ELIMINACION DE EXCEDENTES</b>			<b>55134.39</b>
05.02.01	ELIMINACION DE EXCEDENTES C/VOLQ. 10 M3 D=10 KM..	2097.96	26.28	55134.39
6	<b>FRESADO DE CARPETA ASFALTICA</b>			<b>226522.19</b>
6.01	FRESADO DE e = 5.00 cm (Incl. Eliminación)	35,898.92	6.31	226522.19
7	<b>PAVIMENTOS</b>			<b>1,532,043.77</b>
7.01	<b>BASE</b>			<b>164,506.00</b>
07.01.01	COMPACTACION DE SUBBASE EXISTENTE..	8265.05	2.63	21737.08
07.01.02	BASE GRANULAR E= 0.20 M (AFIRMADO PRODUCIDO) C/EQUIPO..	7953.7	17.95	142768.92
7.02	<b>IMPRIMACION</b>			<b>17865.50</b>
07.02.01	IMPRIMACION ASFALTICA	6666.23	2.68	17865.50
7.03	<b>RIEGO DE LIGA</b>			<b>77970.44</b>
07.03.01	RIEGO DE LIGA	32,898.92	2.37	77970.44
7.04	<b>CARPETA ASFALTICA</b>			<b>1178305.92</b>
07.04.01	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E=2" C/EQUIPO, MEZCLA ADQ..	42584.24	27.67	1178305.92
7.05	<b>PISTAS DE CONCRETO</b>			<b>91906.81</b>
07.05.01	CONCRETO PREMEZCLADO F'c=280 kg/cm2 - PARA PAVIMENTO E=0.20M, C/TIPO	1268.38	72.46	91906.81
7.06	<b>NIVELACION DE BUZONES</b>			<b>1,489.10</b>
07.06.01	NIVELACION DE TAPAS DE BUZON..	5	297.82	1,489.10
8	<b>SEÑALIZACION</b>			<b>212061.17</b>
8.01	<b>SEÑALIZACION HORIZONTAL</b>			<b>193161.17</b>
08.01.01	PINTADO DE PAVIMENTOS (SIMBOLOS Y LETRAS)..	1,908.94	35.68	68110.98
08.01.02	PINTADO DE PAVIMENTOS (LINEA CONTINUA)..	1,731.40	10.14	17556.40
08.01.03	PINTADO DE PAVIMENTOS (LINEA DISCONTINUA)..	504	10.14	5110.56
08.01.04	PINTADO DE SARDINELES..	4,799.93	14.29	68591.00
08.01.05	TACAS RETROREFLECTIVAS	2,472.00	13.67	33792.24
8.02	<b>SEÑALIZACION VERTICAL</b>			<b>18900</b>
08.02.01	SEÑALIZACION VERTICAL PREVENTIVA..	und	17.00	450.00
08.02.02	SEÑALIZACION VERTICAL INFORMATIVA..	und	7	450
08.02.03	SEÑALIZACION VERTICAL REGLAMENTARIA..	und	18	450
9	<b>PLAN DE SEGURIDAD Y MANEJO AMBIENTAL</b>			<b>3000</b>
9.01	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL..	und	1	1,500.00
9.02	CAPACITACION EN SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.	und	1	1,500.00
	<b>COSTO DIRECTO</b>			<b>2,302,921.03</b>
	<b>GASTOS GENERALES (10%CD)</b>			<b>230292.1026</b>
	<b>UTILIDAD (10%CD)</b>			<b>230,292.10</b>
	<b>SUB TOTAL</b>			<b>2,763,505.23</b>
	<b>IGV (18%)</b>			<b>497430.9417</b>
	<b>COSTO TOTAL</b>			<b>3,260,936.17</b>

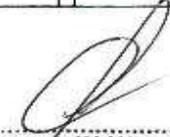
Presupuesto del expediente técnico del proyecto de rehabilitación.

## Anexo 4: Instrumentos validados.

FORMATO DE RECOLECCION DE DATOS Nº 3			
Título	Implementación de Lean Construction en el proyecto de rehabilitación de la Av. Faucett, tramo Av. Morales Duarez- Av. Venetuela.		
Autor	Rony Richard Cordova Escajadillo.		
Partida			
Fecha de inicio:	04/02/2019	Fecha de término:	20/02/2019

CONTROL DE PRODUCCION DIARIA (Caso LC)					
Día	Progresiva Inicial	Progresiva final	Producción (m <sup>3</sup> )	Tiempo de trabajo (horas)	Cuadrilla (Hombres)
Día 01					
Día 02					
Día 03					
Día 04					
Día 05					
Día 06					
Día 07					
Día 08					
Día 09					
Día 10					
Día 11					
Día 12					
Día 13					
Día 14					
Día 15					
Día 16					
Día 17					
Día 18					
Día 19					
Día 20					
Día 21					
Día 22					

CONTROL DE PRODUCCION DIARIA (Caso LC)					
Día	Progresiva Inicial	Progresiva final	Producción ()	Tiempo de trabajo (horas)	Cuadrilla (Hombres)
Día 23					
Día 24					
Día 25					
Día 26					
Día 27					
Día 28					
Día 29					
Día 30					
Día 31					
Día 32					
Día 33					
Día 34					
Día 35					
Día 36					
Día 37					
Día 38					
Día 39					
Día 40					
Día 41					
Día 42					
Día 43					
Día 44					

  
 CESAR AUGUSTO CERNA ALTAMIRA  
 INGENIERO RESIDENTE  
 Reg. CIP N° 65275

  
 SANTOS KEVIN  
 RUBINOS BARTERS  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 248266

  
 Dr. Feliciano Córdova Salcedo  
 Ingeniero Civil  
 CIP. 36631

**ESTIMACIÓN DE RECURSOS DE FONDO N° 1**

**Título:** Implementación del Plan Estratégico de programas de rehabilitación de la Av. Farión, Tramo Av. Miraflores hasta Av. Venezuela

**Auto:** Dvny Richard Corchero Escobar

**Proyecto:** F.A. Obras Complementarias

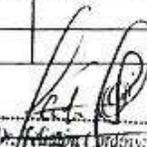
**Fecha:** 05/08/2011

MAYOR GRUPO (Código)		SUBGRUPO (Código) (M)		MAYOR GRUPO (Código) (M)	
A		J		H	
B		D		B	
C		I		I	
D		M		M	
E		N		N	
F		O		O	
G		P		P	
H		Q		Q	
I		R		R	

CANTOS (CANTON)													
MENA	Par 1	Par 2	Par 3	Par 4	Par 5	Par 6	Par 7	Par 8	Par 9	Par 10	Par 11	Par 12	Par 13
07.01													
07.02													
07.03													
07.04													
07.05													
07.06													
07.07													
07.08													
07.09													
07.10													
07.11													
07.12													
07.13													
07.14													
07.15													
07.16													
07.17													
07.18													
07.19													
07.20													
07.21													
07.22													
07.23													
07.24													
07.25													
07.26													
07.27													
07.28													
07.29													
07.30													
07.31													
07.32													
07.33													
07.34													
07.35													
07.36													
07.37													
07.38													
07.39													
07.40													
07.41													
07.42													
07.43													
07.44													
07.45													
07.46													
07.47													
07.48													
07.49													
07.50													

  
**R. AUGUSTO CERNA ALTAMIRANO**  
 INGENIERO RESIDENTE  
 CIP N° 65275

  
**SANTOS KEVIN RUBINOS BARTENS**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 245291

  
**Dr. Feliciano Cordero S.**  
 Ingeniero Civil  
 336 36631

FORMATO DE DECLARACION DE

Título: Implementación de Obras Construcción en el proyecto de rehabilitación de la Av. Fátima,  
Tramo Av. Morales Suárez Av. Venezuela.

Autor: Rony Richard Cortés Escudillo.

Partida: 0

Programa: C/S Gran Construcción

Fecha: 02/02/2020

Operación	Inspección	Transporte
Operación e Inspección de obra	Almacenamiento	Retorno

DIAGRAMA DE PROCESOS

N°	Descripción	Símbolos						Tiempo	Distancia
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									

  
**AGUSTO CERNA ALTAMIRANO**  
 INGENIERO RESIDENTE  
 Rég. CIP N° 65275

  
**SANTOS KEVIN**  
 RUBEN BARTENE  
 Ingeniero CIVIL  
 CIP N° 245205

  
 RONY RICHARD CORTÉS ESCUDILLO  
 INGENIERO RESIDENTE  
 Rég. CIP N° 65275