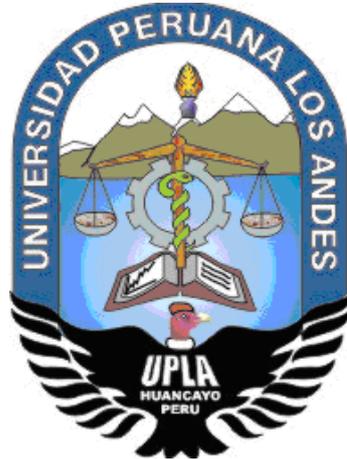


UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**“APLICACIÓN DE LA FILOSOFIA LEAN CONSTRUCTION PARA
EVALUAR LA PRODUCTIVIDAD DEL PROYECTO DE PAVIMENTACION
RIGIDA JR. TACNA, CARHUAMAYO – JUNIN”**

PRESENTADO POR:

Bach. FRANK CARLOS ACLARI HIDALGO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

HUANCAYO – PERÚ

2021

HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

Dr. RUBEN DARIO TAPIA SILGUERA

Presidente

Jurado Revisor

Jurado Revisor

Jurado Revisor

Mg. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA

Secretario Docente

Dedicatoria

A mi madre que incondicionalmente me apoyo y a mi familia hijo y esposa que siempre estuvieron a mi lado.

Frank Carlos Aclari Hidalgo.

Agradecimiento

*A los docentes de la Universidad Peruana
Los Andes, quienes con su conocimiento y
experiencia me apoyaron a ser un mejor
profesional*

Frank Carlos Aclari Hidalgo.

Índice

Índice de tablas	7
Índice de figuras	9
Resumen	11
Introducción	13

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Problema	14
1.2. Problema general	14
1.3. Problemas específicos	14
1.4. Objetivos	15
1.5. Objetivo general	15
1.6. Objetivos específicos	15
1.7. Justificación	15
1.8. Delimitación	16

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes	17
2.2. Marco conceptual	19
2.2.1. Lean construction (LC)	19
2.2.2. Herramientas de lean construction	20
2.2.3. Análisis de pérdidas	22

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Tipo de estudio	24
3.2. Nivel de estudio	24
3.3. Diseño del estudio	24
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	25

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DEL INFORME

4.1. Resultados	26
-----------------	----

4.1.1. Descripción del proyecto	26
4.1.2. Aplicación de la filosofía lean construction	27
4.2. Discusiones	54
CONCLUSIONES	57
RECOMENDACIONES	59
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
ANEXOS	61
ANEXO N° 01: PRODUCTIVIDAD DEL PERSONAL	62
ANEXO N° 02: PANEL FOTOGRÁFICO	76

Índice de tablas

Tabla 1. Procesos para la planificación intermedia.	21
Tabla 2. Consideraciones para la planificación semanal.	22
Tabla 3. Tren de la sectorización.	30
Tabla 4. Dinámica de la sectorización.	31
Tabla 5. Lookahead plan considerando losa de concreto.	33
Tabla 6. Lookahead plan considerando losa de concreto, con restricciones y recursos.	34
Tabla 7. Programación de la semana 1.	35
Tabla 8. Programación de la semana 2.	36
Tabla 9. Programación de la semana 3.	37
Tabla 10. Programación diaria, día 1 y 2.	38
Tabla 11. Programación diaria, día 3 y 4.	39
Tabla 12. Programación diaria, día 5 y 6.	40
Tabla 13. Programación diaria, día 7 y 8.	40
Tabla 14. Programación diaria, día 9.	41
Tabla 15. Niveles de productividad en el encofrado y desencofrado de pavimento rígido.	41
Tabla 16. Niveles de productividad en dowells de pavimento rígido.	43
Tabla 17. Niveles de productividad en concreto en pavimento rígido.	45
Tabla 18. Niveles de productividad en curado de pavimento rígido.	48
Tabla 19. Rendimiento en el encofrado y desencofrado de pavimento rígido.	50
Tabla 20. Rendimiento en dowells de pavimento rígido.	51
Tabla 21. Rendimiento en concreto para pavimento rígido.	52

Índice de figuras

Figura 1. Sistema de planificación.	20
Figura 2. Tres formas de uso del tiempo por los obreros.	23
Figura 3. Organigrama de la obra.	27
Figura 4. Proceso de sectorización de la obra de pisos y pavimentos.	28
Figura 5. Proceso de sectorización de la partida losa de concreto.	29
Figura 6. Planificación maestra de la obra.	32
Figura 7. Trabajo productivo en el encofrado y desencofrado de pavimento rígido.	42
Figura 8. Trabajo contributivo en el encofrado y desencofrado de pavimento rígido.	42
Figura 9. Trabajo no contributivo en el encofrado y desencofrado de pavimento rígido.	43
Figura 10. Niveles de productividad en encofrado y desencofrado de pavimento rígido.	43
Figura 11. Trabajo productivo en dowells de pavimento rígido.	44
Figura 12. Trabajo contributivo en dowells de pavimento rígido.	44
Figura 13. Trabajo no contributivo en dowells de pavimento rígido.	45
Figura 14. Niveles de productividad de dowells en pavimento rígido.	45
Figura 15. Trabajo productivo en concreto en pavimento rígido.	46
Figura 16. Trabajo contributivo en concreto en pavimento rígido.	46
Figura 17. Trabajo no contributivo en concreto en pavimento rígido.	47
Figura 18. Niveles de productividad en concreto para pavimento rígido.	47
Figura 19. Trabajo productivo en curado de pavimento rígido.	48

Figura 20. Trabajo contributivo en curado de pavimento rígido.	49
Figura 21. Trabajo no contributivo en curado de pavimento rígido.	49
Figura 22. Niveles de productividad en curado de pavimento rígido.	50
Figura 23. Rendimiento en el encofrado y desencofrado de pavimento rígido.	51
Figura 24. Rendimiento en dowells de pavimento rígido.	52
Figura 25. Rendimiento en concreto para pavimento rígido.	53
Figura 26. Rendimiento en el curado de pavimento rígido.	54

RESUMEN

La investigación tubo como problema general: ¿Cuál es el resultado de la aplicación de la filosofía lean construction para evaluar la productividad del proyecto de pavimentación rígida Jr. Tacna, Carhuamayo – Junín?, el objetivo general fue: Establecer el resultado de la aplicación de la filosofía lean construction para evaluar la productividad del proyecto de pavimentación rígida Jr. Tacna, Carhuamayo – Junín.

El tipo de estudio fue aplicada, nivel descriptivo y el diseño fue experimental.

Producto de la investigación se concluyo que: La aplicación de la filosofía lean construction al proyecto: específicamente a la partida de losa de concreto, determinó los niveles de productividad para el proyecto de pavimentación rígida en la partida de encofrado y desencofrado de pavimento rígido, obteniéndose un trabajo productivo de 56 %, trabajo contributivo de 35 % y trabajo no contributivo de 9 %, en la partida de colocación de dowells se presentó un 67 % de trabajo productivo, 14 % de trabajo contributivo y 19 % de trabajo no contributivo, en la partida de vaciado de concreto se obtuvo un 57 % de trabajo productivo, un 36 % de trabajo contributivo y un 7 % de trabajo no contributivo; mientras que, en la partida de concreto se presentó un 73 % de trabajo productivo, 14 % de trabajo contributivo y 13 % de trabajo no contributivo.

Palabras claves: Filosofía lean construction, productividad, pavimentación rígida

ABSTRACT

The research had as a general problem: What is the result of the application of the lean construction philosophy to evaluate the productivity of the Jr. Tacna, Carhuamayo - Junín rigid paving Project, The general objective was: To establish the result of the application of the lean construction philosophy to evaluate the productivity of the Jr. Tacna, Carhuamayo - Junín rigid paving Project.

The type of study was applied, descriptive level and the design was experimental.

As a result of the research, it was concluded that: The application of the lean construction philosophy to the project: specifically to the concrete slab item, it determined the productivity levels for the rigid paving project in the rigid pavement formwork and stripping item, obtaining a productive work of 56%, contributory work of 35% and non-contributory work of 9%, in the dowells placement item there were 67% of productive work, 14% of contributory work and 19% of non-contributory work, in The concrete pouring item resulted in 57% of productive work, 36% of contributory work and 7% of non-contributory work; while, in the concrete item, 73% of productive work, 14% of contributory work and 13% of non-contributory work were presented.

Keywords: Lean construction philosophy, productivity, rigid paving

INTRODUCCIÓN

El presente informe técnico titulado “APLICACIÓN DE LA FILOSOFIA LEAN CONSTRUCTION PARA EVALUAR LA PRODUCTIVIDAD DEL PROYECTO DE PAVIMENTACION RIGIDA JR. TACNA, CARHUAMAYO – JUNIN”, consideró al proyecto: “Mejoramiento de la calle del Jr. Tacna, tramo Jr. Maravilla – Jr. 28 de julio en la localidad de Carhuamayo, distrito de Carhuamayo – Junín” para analizar la aplicación de esta filosofía; cabe señalar que se estudió específicamente a la partida de losa de concreto, la cual involucra las tareas de encofrado y desencofrado, colocación de dowells, vaciado de concreto y curado correspondiente; en el desarrollo se tomó en cuenta la sectorización de tareas, el tren de actividades, el last planner, los niveles de productividad y rendimientos.

Para mayor comprensión se ha considerado los siguientes capítulos:

Capítulo I, concerniente al planteamiento del problema, donde especifica los problemas (tanto general y específicos) y los objetivos (general y específicos).

Capítulo II, el marco teórico, donde se ha considerado aspectos concernientes a la filosofía lean construction.

Capítulo III, la metodología considerando el tipo, el nivel, el diseño y las técnicas e instrumentos de recolección en el estudio.

Capítulo IV, el desarrollo del informe, donde se muestra los resultados y discusión.

Como parte final se tiene las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y los anexos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Problema

1.1.1. Problema general

¿Cuál es el resultado de la aplicación de la filosofía lean construction para evaluar la productividad del proyecto de pavimentación rígida Jr. Tacna, Carhuamayo – Junín?

1.1.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuál es la sectorización para evaluar la productividad del proyecto de pavimentación rígida?
- b) ¿Cuáles son los trenes de actividades para evaluar la productividad del proyecto de pavimentación rígida?
- c) ¿Cuál fue la aplicación del Last planner para evaluar la productividad del proyecto de pavimentación rígida?
- d) ¿Cuáles fueron los niveles de productividad para evaluar la productividad del proyecto de pavimentación rígida?

e) ¿Cuáles son los rendimientos obtenidos para evaluar la productividad del proyecto de pavimentación rígida?

1.2. Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Establecer el resultado de la aplicación de la filosofía lean construction para evaluar la productividad del proyecto de pavimentación rígida Jr. Tacna, Carhuamayo – Junín

1.3. Objetivos específicos

- a) Determinar la sectorización para evaluar la productividad del proyecto de pavimentación rígida
- b) Especificar los trenes de actividades para evaluar la productividad del proyecto de pavimentación rígida
- c) Determinar la aplicación del last planner para evaluar la productividad del proyecto de pavimentación rígida
- d) Determinar los niveles de productividad para evaluar la productividad del proyecto de pavimentación rígida
- e) Calcular los rendimientos obtenidos para evaluar la productividad del proyecto de pavimentación rígida

1.4. Justificación

1.4.1 Justificación práctica

Con la aplicación de la filosofía Lean Construction se pretendió solucionar un problema real, el cual es la deficiente productividad en las partidas que involucra pisos y pavimentos del proyecto:

“Mejoramiento de la calle Jr. Tacna tramo Jr. Maravilla – Jr. 28 de julio en la localidad de Carhuamayo, distrito de Carhuamayo – Junín – Junín”.

1.4.2 Justificación metodológica

Con el presente informe se pretende dejar un precedente para la aplicación de la filosofía Lean Construction en proyectos de pavimentación rígida, estableciendo cada uno de los pasos a seguir y los criterios considerados.

1.5. Delimitación

1.5.1 Delimitación espacial

Se desarrolló en la localidad de Carhuamayo, distrito de Huancayo, provincia y región Junín; específicamente en el Jr. Tacna entre el Jr. Maravilla y el Jr. 28 de julio.

1.5.2 Delimitación temporal

Se ejecutó durante los meses de junio y julio de 2018.

1.5.3 Delimitación económica

Los gastos que involucre realizar los estudios en el presente informe técnico serán cubiertos en su integridad por el bachiller.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Ortega (2017) realizó la investigación: “Aplicación de los conceptos de la filosofía Lean Construction para mejorar la productividad de pavimentos rígidos”, para lo cual analizó el proceso constructivo de muros de contención y pavimentos, estableciendo las pérdidas en obra y llegando a controlar la producción con el sistema Last Planner, para lo cual desarrolló una programación maestra, programación por fases, programación intermedia, programación semanal, programación diaria y la optimización de procesos; así llegó a las siguientes conclusiones: De acuerdo a la obra analizada, el personal que integra cada cuadrilla presentó porcentajes altos de trabajo no contributorios (TNC), demostrando la influencia de factores externos negativos, uno de estos factores fue la demora en la reanudación del vaciado; asimismo, refiere que, dos del personal presentó 0 % de trabajo productivo, donde la opción para optimizar las partidas es la

reducción de personal que no aporte valor; otro aspecto, considerado fue la modificación de la forma de vaciado del concreto en franjas reduciendo así la función de lampeo y dejando el frente casi listo para los regleadores, necesitando así menor personal para el acabado de losa y realizando las tareas con mayor eficiencia.

Araque (2010) desarrolló la investigación: “Planeación e implementación de la filosofía Lean Construction en base al estudio de pérdidas y aplicación del sistema Last Planner en un proyecto constructivo de la empresa Marval S.A.”, para lo cual en primera instancia analizó las actividades constructivas más representativas del proyecto considerando los tiempos y las pérdidas, con ello estableció planes de acción para la reducción de estas que se representaban en los tiempos no contributivos, consecutivamente realizó el seguimiento y control de las actividades constructivas con una planificación semanal, con lo que planificó a medio plazo para solucionar diversos problemas en la obra, referidos a equipos, materiales y diseños; las conclusiones más relevantes a las que abordó fueron que, el análisis de las pérdidas en los procesos constructivos permite a los proyectos controlar las actividades que no generan valor considerando los tiempos no contributivos representados en reprocesos, esperas por falta de material, desplazamiento y descansos inadecuados, etc.; asimismo menciona que, esto permite la evaluación de factores que perjudican el rendimiento facilitando planificar para reducir pérdidas relacionadas a la mano de obra, materiales y maquinaria; por último señala que, los indicadores de desempeño (tiempos productivos, tiempos contributivos, tiempos no

contributivos, evaluación semanal y acumulada del porcentaje de asignaciones completadas, índice de gravedad, etc.) permite al ingeniero controlar el comportamiento de las actividades y poder sí realizar las correcciones y contribuir al mejoramiento anticipadamente controlando las fallas que se presenten.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Lean construction (LC)

Es una filosofía que va orientada a la administración de la producción en construcción, siendo su principal objetivo la reducción o eliminación de las actividades que no agregan valor a un proyecto y la optimización de las actividades que sí contribuyen; situación por la cual se enfoca en la creación de herramientas para aplicarlas en el proceso de ejecución del proyecto; asimismo, el LC clasifica los residuos de la construcción en siete categorías de la siguiente manera (Porrás, Sánchez y Galvis, 2014):

- Defectos.
- Demoras.
- Excesos de procesado.
- Exceso de producción.
- Inventarios excesivos.
- Transporte innecesario.
- Movimiento no útil de personas.

2.2.2. Herramientas de lean construction

Según Porras et al. (2014) para que funcione el lean construction es necesario la utilización de herramientas siendo estas:

➤ Sistema del último planificador – SUP (last planner system)

Es un sistema de planificación y control de la producción para mejorar la variabilidad en las obras de construcción y reducir la incertidumbre en las diversas actividades que se programen, la estructura del SUP considera tres niveles de planificación, empezando desde lo más general hacia lo más específico; asimismo considera que, las tareas tienen tres categorías: deben, pueden y se harán, reflejándose en cada nivel de planificación (Porras et al., 2014):

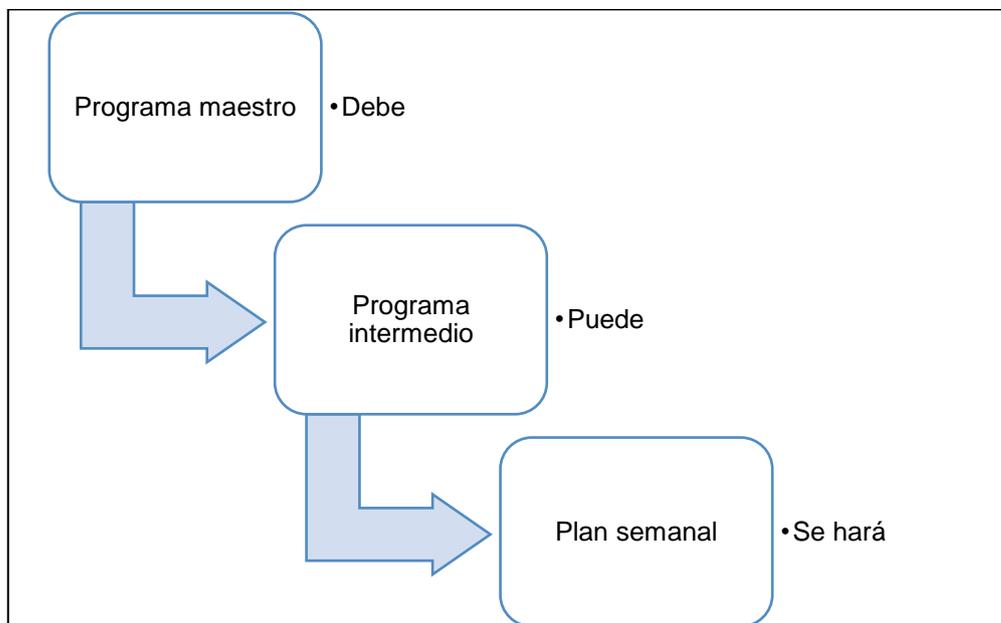


Figura 1. Sistema de planificación.
Fuente: Porras et al. (2014).

Asimismo, se tiene:

➤ **Planificación general o programa maestro**

Corresponde a la programación de todas las actividades necesarias para la realización de la construcción, este se hace en forma de diagrama de Gantt, considerando los tiempos de cada una de las tareas (Porrás et al., 2014).

➤ **Planificación intermedia**

Consiste en desglosar la planificación general a fin de evitar la pérdida de tiempos y materiales, considerando los siguientes procesos (Porrás et al., 2014):

Tabla 1. Procesos para la planificación intermedia.

Proceso	Descripción
Definición del intervalo de tiempo	Se mide por semana.
Definición de las actividades que serán parte del plan intermedio	Explorar minuciosamente cada actividad que será contenida en cada intervalo de tiempo.
Análisis de restricciones	Se debe cumplir con dos etapas: - Revisión del estado de tareas, considerando las restricciones y la probabilidad de mover la tarea antes del tiempo. - Preparar las restricciones a fin de considerar las acciones para iniciar la actividad en el tiempo planeado; desarrollándose en tres fases: confirmación de los tiempos de respuesta de los proveedores, certeza que el proveedor todo listo y si los tiempos de respuesta son los adecuados.
Intervalo de trabajo ejecutable	Compuesto por las tareas que tienen la mayor probabilidad de ser ejecutadas; es decir, aquellas que pasaron el proceso de revisión y están libres de restricciones.

Fuente: En base a lo considerado por Porrás et al. (2014).

➤ **Planificación semanal**

Presenta mayor nivel de detalle, donde se mide porcentaje de actividades completadas (PAC) a fin de medir la efectividad de la planificación semanal y asimismo tabular las causas por las

cuales la PAC no llega al 100 % (Porras et al., 2014). Las consideraciones que se debe tomar en cuenta son:

Tabla 2. Consideraciones para la planificación semanal.

Proceso	Descripción
Formación del programa de trabajo semanal	Contiene las tareas que se realizaran durante la semana, considerando los intervalos de tiempos ejecutables.
Porcentaje de programa cumplido	Se fundamenta en: $PPC = \frac{\text{Total de actividades cumplidas}}{\text{Total actividades programadas}} \times 100$
Reunión de planificación semanal	Se debe realizar reuniones para planear y discutir asuntos de planificación semanal.

Fuente: En base a lo considerado por Porras et al. (2014).

2.2.3. Análisis de pérdidas

Corresponde al estudio cuantitativo del tiempo de permanencia de los trabajadores en obra, a fin de estimar la productividad de las cuadrillas; para ello se utiliza un formato llamado “Medición de pérdidas” o “Prueba de los cinco minutos”, este procedimiento consiste en muestrear aleatoriamente a la población de estudio en las actividades que realizan y analizar a qué se dedica en un intervalo de cinco minutos/obrero, pudiendo determinarse así las formas de utilización del tiempo (Porras et al., 2014):

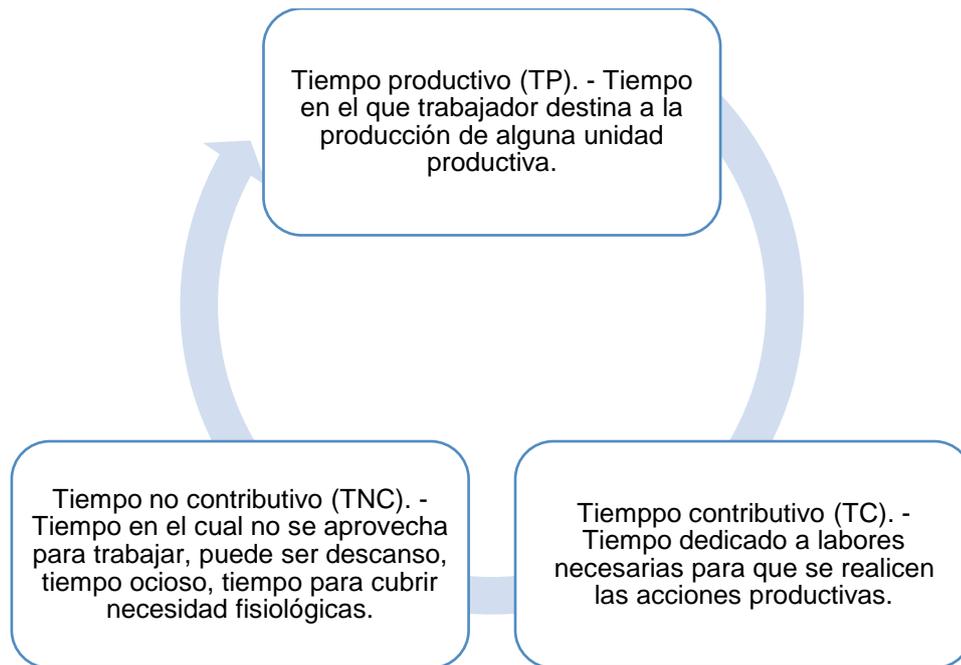


Figura 2. Tres formas de uso del tiempo por los obreros.
Fuente: En base a lo considerado por Porras et al. (2014).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Tipo de estudio

Se consideró el tipo aplicado, puesto que se consideró los conocimientos adquiridos por las investigaciones básicas para solución de un problema real.

3.2. Nivel de estudio

El nivel fue el descriptivo, pues se caracterizó el fenómeno de estudio a fin de generar un sentido de entendimiento.

3.3. Diseño del estudio

El diseño del estudio fue el experimental considerando que, se manipuló el fenómeno de estudio aplicando la filosofía lean construction y corroborar su repercusión en la productividad de un proyecto de pavimentación rígida, específicamente en la partida de losa de concreto.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Técnicas de recolección de datos

- Observación
- Análisis documentario

3.4.2 Instrumentos de recolección de datos

- Ficha de observación
- Revisión bibliográfica de libros, normas, manuales, entre otros

3.4.3 Instrumentos de procesamiento de datos

Para la elaboración y procesamiento de la información se utilizarán modelos tabulares numéricos y gráficos además de softwares aplicativos de ingeniería donde se consideró.

- Microsoft Excel 2016
- Microsoft Word 2016

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DEL INFORME

4.1. Resultados

4.1.1. Descripción del proyecto

El proyecto se denominó: “APLICACIÓN DE LA FILOSOFIA LEAN CONSTRUCTION PARA EVALUAR LA PRODUCTIVIDAD DEL PROYECTO DE PAVIMENTACION RIGIDA JR. TACNA, CARHUAMAYO – JUNIN” siendo ejecutada por la empresa multiservicios Jaguar L&C S.A.C; donde los datos generales son:

- Modalidad de ejecución : Contrata.
- N° de contrato : 017 – 2018 – A/MDC.
- Monto del valor referencial : S/ 603,396.02 soles.
- Monto del contrato : S/ 603,396.02 soles.
- Suscripción del contrato : 19 – 04 – 2018.

- Fecha de entrega de terreno : 22 – 04 – 2018.
- Plazo de ejecución : 120 días calendarios.
- Vencimiento de plazo contractual : 29 – 08 – 2018.
- Meta física : Pavimento rígido f'c: 210 kg/cm² de espesor 20 cm (449.53 m), sardineles de f'c: 175 kg/cm² y badenes en cruce de vías.

Asimismo, en la Figura 3 se detalla el organigrama de la obra:

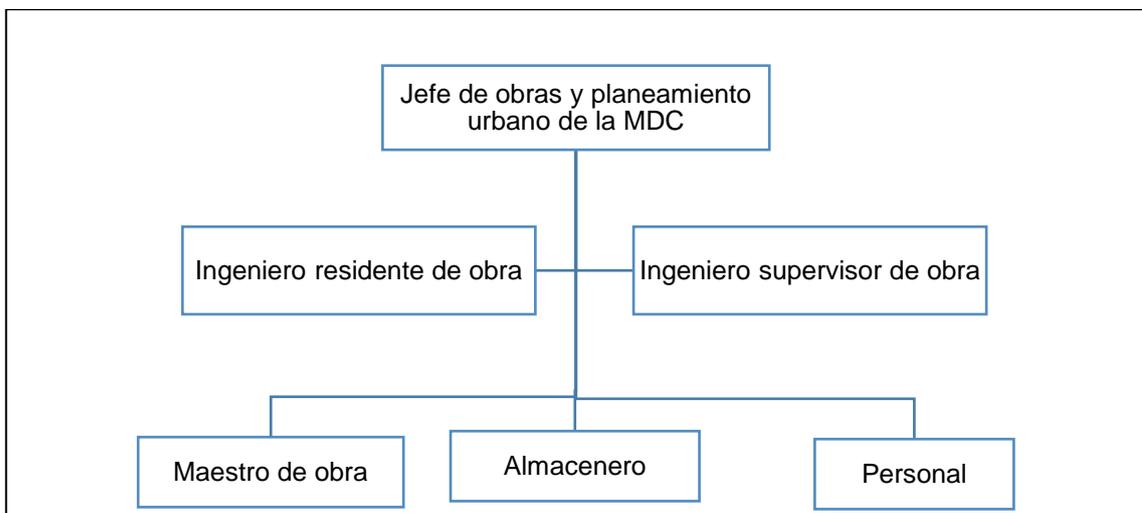


Figura 3. Organigrama de la obra.

4.1.2. Aplicación de la filosofía lean construction

De acuerdo a lo estipulado por Guzmán (2014) se consideró las siguientes fases:

Sectorización

Se inició la sectorización contando con los metrados, esto a fin de realizar los trenes de trabajo, la planificación, la programación, el dimensionamiento de las cuadrillas, entre otros; en la Figura 4 se muestra la sectorización concerniente a las obras de pisos y pavimentos:

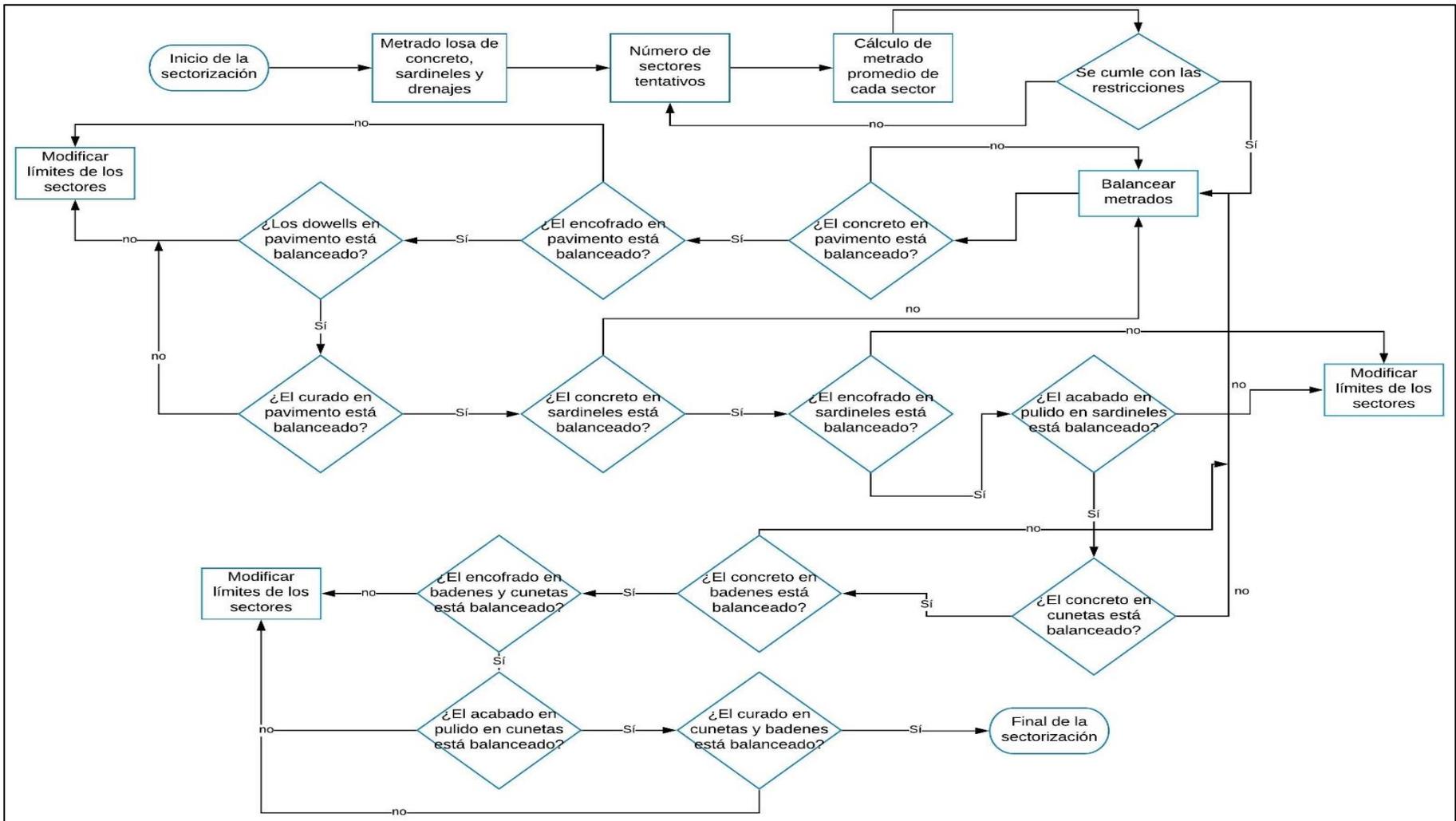


Figura 4. Proceso de sectorización de la obra de pisos y pavimentos.

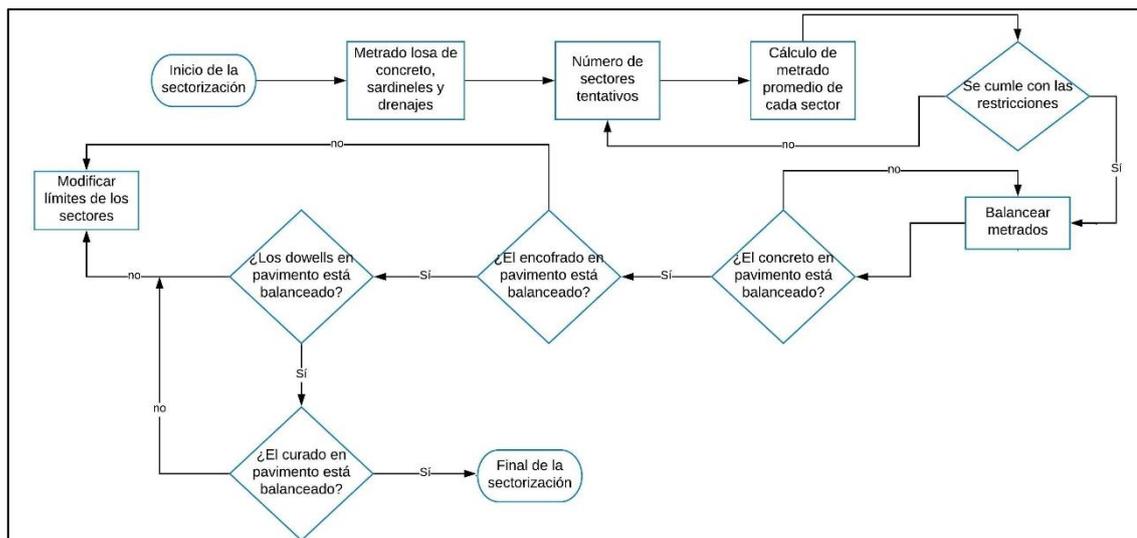


Figura 5. Proceso de sectorización de la partida losa de concreto.

Del mismo modo en la Figura 5 se especifica la sectorización de la losa de concreto, este sigue una secuencia lógica sobre todo procurando el balance de los metrados; luego de describir el procedimiento para este sector en particular se procede a la división de las actividades por día, siendo estas:

Del primer al cuarto día:

- Encofrado y desencofrado de pavimento rígido.
- Dowells (junta transversal).
- Concreto f'c: 210 kg/cm² en pavimento, e: 0.20 m.
- Curado de concreto de losa.

Del quinto al octavo día:

- Dowells (junta transversal).
- Concreto f'c: 210 kg/cm² en pavimento, e: 0.20 m.
- Curado de concreto de losa.

El noveno día:

- Concreto f'c: 210 kg/cm² en pavimento, e: 0.20 m.
- Curado de concreto de losa.

Tabla 3. Tren de la sectorización.

Partida	Junio												Julio			
	Semana 1						Semana 2						Semana 3			
	L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S	L	M	M	J
	04-jun	05-jun	06-jun	07-jun	08-jun	09-jun	11-jun	12-jun	13-jun	14-jun	15-jun	16-jun	18-jun	19-jun	20-jun	21-jun
Losa de concreto																
Concreto f'c: 210 kg/cm ² en pavimento, e: 0.20 m	1A	1B	1C	1D	2A	2B	2C	2D	3A							
Encofrado y desencofrado de pavimento rígido	1A	1B	1C	1D												
Dowells (junta transversal)	1A	1B	1C	1D	2A	2B	2C	2D								
Curado de concreto de losa	1A	1B	1C	1D	2A	2B	2C	2D	3A	3B	3C	3D	4A	4B	4C	4D

En la Tabla 3 se muestra la división de las actividades por día, cabe mencionar que sólo se contó con un sector, debido a la envergadura del proyecto.

Tren de actividades

Considerando que, el trabajo repetitivo lleva a una especialización que mejora la productividad en mencionado trabajo, es necesario utilizar el tren de actividades después de la sectorización.

Tabla 4. Dinámica de la sectorización.



En la Tabla 4 se muestra el tren de actividades para la losa de concreto.

Last planner

A fin de controlar la obra desde el planeamiento general hasta cada una de las actividades de la obra, se tiene las siguientes etapas:

Planificación maestra

Corresponde a la planificación general de la obra en base a la metodología tradicional.

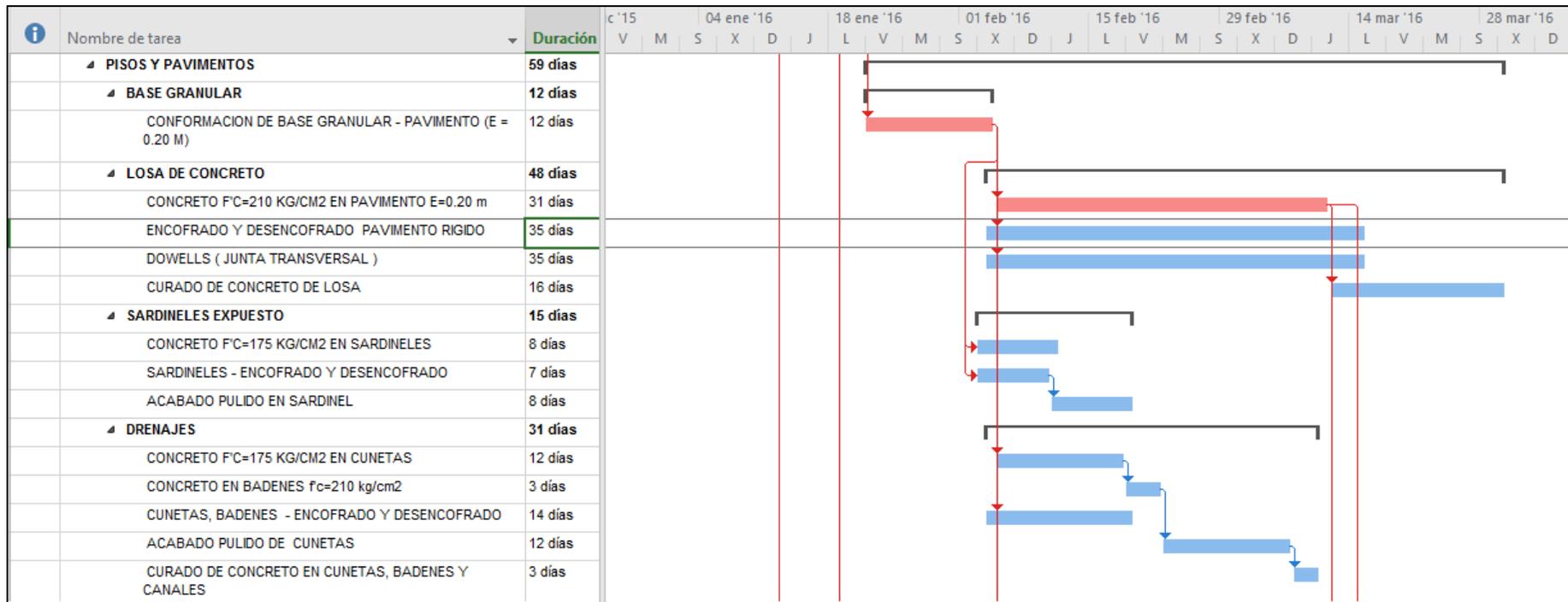


Figura 6. Planificación maestra de la obra.

Lookahead plan

Corresponde a la programación intermedia, siendo su distribución semanal y diaria.

Tabla 5. Lookahead plan considerando losa de concreto.

Partida	Junio												Julio			
	Semana 1						Semana 2						Semana 3			
	L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S	L	M	M	J
	04-jun	05-jun	06-jun	07-jun	08-jun	09-jun	11-jun	12-jun	13-jun	14-jun	15-jun	16-jun	18-jun	19-jun	20-jun	21-jun
Losa de concreto																
Concreto f'c: 210 kg/cm ² en pavimento, e: 0.20 m	1A	1B	1C	1D	2A	2B	2C	2D	3A							
Encofrado y desencofrado de pavimento rígido	1A	1B	1C	1D												
Dowells (junta transversal)	1A	1B	1C	1D	2A	2B	2C	2D								
Curado de concreto de losa	1A	1B	1C	1D	2A	2B	2C	2D	3A	3B	3C	3D	4A	4B	4C	4D

Tabla 6. Lookahead plan considerando losa de concreto, con restricciones y recursos.

Descripción de la tarea/restricción/recursos	Responsable	Junio										Julio					
		Semana 1					Semana 2					Semana 3					
		L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S	L	M	M	J
	04- jun	05- jun	06- jun	07- jun	08- jun	09- jun	11- jun	12- jun	13- jun	14- jun	15- jun	16- jun	18- jun	19- jun	20- jun	21- jun	
Encofrado y desencofrado de pavimento rígido		1A	1B	1C	1D												
<i>Alambre negro recocido # 8</i>	UB																
<i>Clavos para madera con cabeza de 3"</i>	VC																
<i>Madera para encofrado</i>	PA																
<i>Herramientas manuales</i>	VP																
Dowells (junta transversal)		1A	1B	1C	1D	2A	2B	2C	2D								
Preparación del acero corrugado	GC																
<i>Alambre negro # 16</i>	EI																
<i>Herramientas manuales</i>	MA																
Concreto f'c: 210 kg/cm ² en pavimento, e: 0.20 m		1A	1B	1C	1D	2A	2B	2C	2D	3A							
Provisión de piedra chancada de 1/2"	LA																
Provisión de cemento portland tipo I	CA																
Traslado de mezcladora de concreto de 11 p ³	AZ																
Vibrador de concreto 4 HP	IP																
Curado de concreto de losa		1A	1B	1C	1D	2A	2B	2C	2D	3A	3B	3C	3D	4A	4B	4C	4D
Provisión de arena gruesa	LZ																
Herramientas manuales	MP																

Programación semanal

Obtenidas del Lookahead, se realizaron los sábados en reunión con los involucrados de la obra; en cada reunión se establecieron las actividades a programar en la semana teniendo en cuenta el levantamiento de restricciones.

Tabla 7. Programación de la semana 1.

Descripción de la tarea	Ud.	Junio						Seguimiento del levantamiento de restricciones								
		Semana 1						Inf.	Actividad precedente	Espacio	MO	Mat.	Eq.	Cond.	Estado	
		L	M	M	J	V	S									
Encofrado y desencofrado de pavimento rígido		04-jun	05-jun	06-jun	07-jun	08-jun	09-jun									
		1A	1B	1C	1D			Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Liberado
<i>Alambre negro recocido # 8</i>	kg	1A	1B	1C	1D			Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Liberado
<i>Clavos para madera con cabeza de 3"</i>	kg	1A	1B	1C	1D			Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Liberado
<i>Madera para encofrado</i>	m ²	1A	1B	1C	1D			Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Liberado
Dowells (junta transversal)		1A	1B	1C	1D	2A	2B	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Liberado
<i>Preparación del acero corrugado</i>	kg	1A	1B	1C	1D	2A	2B	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Liberado
<i>Alambre negro # 16</i>	kg	1A	1B	1C	1D	2A	2B	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Liberado
Concreto f'c: 210 kg/cm ² en pavimento, e: 0.20 m		1A	1B	1C	1D	2A	2B	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Liberado
<i>Provisión de piedra chancada de 1/2"</i>	m ³	1A	1B	1C	1D	2A	2B	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Liberado
<i>Provisión de cemento portland tipo I</i>	Bolsa	1A	1B	1C	1D	2A	2B	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Liberado
Curado de concreto de losa		1A	1B	1C	1D	2A	2B	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Liberado
<i>Provisión de arena gruesa</i>	m ³	1A	1B	1C	1D	2A	2B	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Liberado

La Tabla 7 muestra la programación de la semana 1, considerando las partidas de involucradas en losa de concreto.

Tabla 8. Programación de la semana 2.

Descripción de la tarea	Ud.	Junio						Seguimiento del levantamiento de restricciones							
		Semana 2						Información	Actividad precedente	Espacio	Mano de obra	Mat.	Eq.	Cond.	Estado
		L	M	M	J	V	S								
11-jun	12-jun	13-jun	14-jun	15-jun	16-jun										
Encofrado y desencofrado de pavimento rígido															
<i>Alambre negro recocido # 8</i>	kg														
<i>Clavos para madera con cabeza de 3"</i>	kg														
<i>Madera para encofrado</i>	m ²														
Dowells (junta transversal)		2C	2D					Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Libera do
<i>Preparación del acero corrugado</i>	kg	2C	2D					Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Libera do
<i>Alambre negro # 16</i>	kg	2C	2D					Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Libera do
Concreto f'c: 210 kg/cm ² en pavimento, e: 0.20 m		2C	2D	3A				Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Libera do
<i>Provisión de piedra chancada de 1/2"</i>	m ³	2C	2D	3A				Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Libera do
<i>Provisión de cemento portland tipo I</i>	Bolsa	2C	2D	3A				Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Libera do
Curado de concreto de losa		2C	2D	3A	3B	3C	3D	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Libera do
<i>Provisión de arena gruesa</i>	m ³	2C	2D	3A	3B	3C	3D	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Libera do

La Tabla 8 muestra la programación de la semana 2, considerando las partidas de involucradas en losa de concreto.

Tabla 9. Programación de la semana 3.

Descripción de la tarea	Ud.	Junio				Seguimiento del levantamiento de restricciones							
		Semana 3				Información	Actividad precedente	Espacio	MO	Material	Equipos	Condiciones	Estado
		L	M	M	J								
18-jun	19-jun	20-jun	21-jun										
Encofrado y desencofrado de pavimento rígido													
<i>Alambre negro recocado # 8</i>	kg												
<i>Clavos para madera con cabeza de 3"</i>	kg												
<i>Madera para encofrado</i>	m ²												
Dowells (junta transversal)													
<i>Preparación del acero corrugado</i>	kg												
<i>Alambre negro # 16</i>	kg												
Concreto f'c: 210 kg/cm ² en pavimento, e: 0.20 m													
<i>Provisión de piedra chancada de 1/2"</i>	m ³												
<i>Provisión de cemento portland tipo I</i>	Bolsa												
Curado de concreto de losa		4A	4B	4C	4D	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Libera do
<i>Provisión de arena gruesa</i>	m ³	4A	4B	4C	4D	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Libera do

La Tabla 9 muestra la programación de la semana 3, considerando las partidas de involucradas en losa de concreto.

Programación detallada u horaria

Considerando el sector analizado se requiere cumplir con las actividades, siendo necesario la programación diaria:

Tabla 10. Programación diaria, día 1 y 2.

Horas	1° día				2° día			
07:00 - 08:00	Encofrado y desencofrado	Dowells			Encofrado y desencofrado	Dowells	Vaciado de concreto	
08:00 - 09:00	Encofrado y desencofrado	Dowells	Vaciado de concreto		Encofrado y desencofrado	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto
09:00 - 10:00	Encofrado y desencofrado	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto	Encofrado y desencofrado	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto
10:00 - 11:00	Encofrado y desencofrado	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto	Encofrado y desencofrado	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto
11:00 - 12:00	Encofrado y desencofrado	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto	Encofrado y desencofrado	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto
12:00 - 13:00	Receso				Receso			
13:00 - 14:00	Encofrado y desencofrado	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto	Encofrado y desencofrado	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto
14:00 - 15:00	Encofrado y desencofrado	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto	Encofrado y desencofrado	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto
15:00 - 16:00	Encofrado y desencofrado	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto	Encofrado y desencofrado	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto
16:00 - 17:00	Encofrado y desencofrado	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto	Encofrado y desencofrado	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto
17:00 - 18:00	Encofrado y desencofrado	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto	Encofrado y desencofrado	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto

La Tabla 10 muestra la programación diaria correspondiente al día 1 y 2.

Tabla 11. Programación diaria, día 3 y 4.

Horas	3° día				4° día			
07:00 - 08:00	Encofrado y desencofrado	Dowells	Vaciado de concreto		Encofrado y desencofrado	Dowells	Vaciado de concreto	
08:00 - 09:00	Encofrado y desencofrado	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto	Encofrado y desencofrado	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto
09:00 - 10:00	Encofrado y desencofrado	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto	Encofrado y desencofrado	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto
10:00 - 11:00	Encofrado y desencofrado	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto	Encofrado y desencofrado	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto
11:00 - 12:00	Encofrado y desencofrado	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto	Encofrado y desencofrado	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto
12:00 - 13:00	Receso				Receso			
13:00 - 14:00	Encofrado y desencofrado	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto	Encofrado y desencofrado	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto
14:00 - 15:00	Encofrado y desencofrado	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto	Encofrado y desencofrado	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto
15:00 - 16:00	Encofrado y desencofrado	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto	Encofrado y desencofrado	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto
16:00 - 17:00	Encofrado y desencofrado	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto	Encofrado y desencofrado	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto
17:00 - 18:00	Encofrado y desencofrado	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto	Encofrado y desencofrado	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto

La Tabla 11 muestra la programación diaria correspondiente al día 3 y 4.

Tabla 12. Programación diaria, día 5 y 6.

Horas	5° día			6° día		
07:00 - 08:00	Dowells	Vaciado de concreto		Dowells	Vaciado de concreto	
08:00 - 09:00	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto
09:00 - 10:00	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto
10:00 - 11:00	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto
11:00 - 12:00	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto
12:00 - 13:00	Receso			Receso		
13:00 - 14:00	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto
14:00 - 15:00	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto
15:00 - 16:00	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto
16:00 - 17:00	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto
17:00 - 18:00	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto

La Tabla 12 muestra la programación diaria correspondiente al día 5 y 6.

Tabla 13. Programación diaria, día 7 y 8.

Horas	7° día			8° día		
07:00 - 08:00	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto	Dowells	Vaciado de concreto	
08:00 - 09:00	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto
09:00 - 10:00	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto
10:00 - 11:00	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto
11:00 - 12:00	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto
12:00 - 13:00	Receso			Receso		
13:00 - 14:00	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto
14:00 - 15:00	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto
15:00 - 16:00	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto
16:00 - 17:00	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto
17:00 - 18:00	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto	Dowells	Vaciado de concreto	Curado de concreto

La Tabla 13 muestra la programación diaria correspondiente al día 7 y 8.

Tabla 14. Programación diaria, día 9.

Horas		9° día	
07:00	- 08:00	Vaciado de concreto	
08:00	- 09:00	Vaciado de concreto	Curado de concreto
09:00	- 10:00	Vaciado de concreto	Curado de concreto
10:00	- 11:00	Vaciado de concreto	Curado de concreto
11:00	- 12:00	Vaciado de concreto	Curado de concreto
12:00	- 13:00	Receso	
13:00	- 14:00	Vaciado de concreto	Curado de concreto
14:00	- 15:00	Vaciado de concreto	Curado de concreto
15:00	- 16:00	Vaciado de concreto	Curado de concreto
16:00	- 17:00	Vaciado de concreto	Curado de concreto
17:00	- 18:00	Vaciado de concreto	Curado de concreto

Por último la Tabla 14 muestra la programación diaria correspondiente al día 9.

Niveles de productividad

Para ello se determinó la distribución de trabajo en la obra, es decir el trabajo productivo, trabajo contributivo y trabajo no contributivo, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 15. Niveles de productividad en el encofrado y desencofrado de pavimento rígido.

Trabajo productivo	%	Trabajo contributivo	%	Trabajo no contributivo	%
Colocación del encofrado	85%	Instrucciones	15%	Esperas	60%
Nivelado	15%	Preparación de materiales	12%	Descansos	25%
		Transporte	4%	Simulación de trabajo	4%
		Amarrado	34%	Trabajo rehecho	5%
		Desencofrado	32%	Viajes	4%
		Mediciones	2%	Búsqueda de material	2%
		Seguridad y limpieza	1%		

La Tabla 15 muestra los niveles de productividad concerniente al encofrado y desencofrado de pavimento rígido.

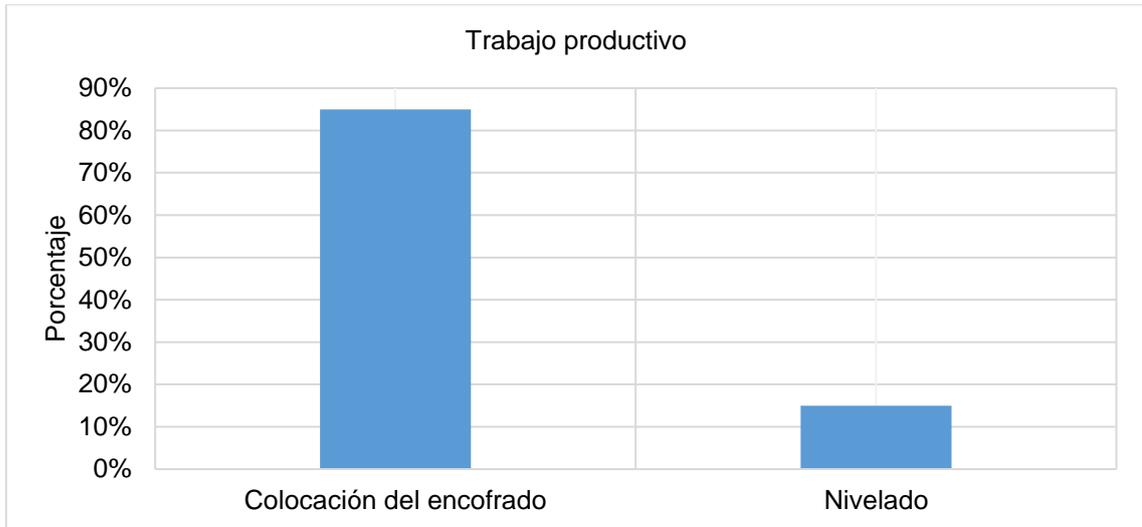


Figura 7. Trabajo productivo en el encofrado y desencofrado de pavimento rígido.

La Figura 7 representa el trabajo productivo en el encofrado y desencofrado de pavimento rígido.

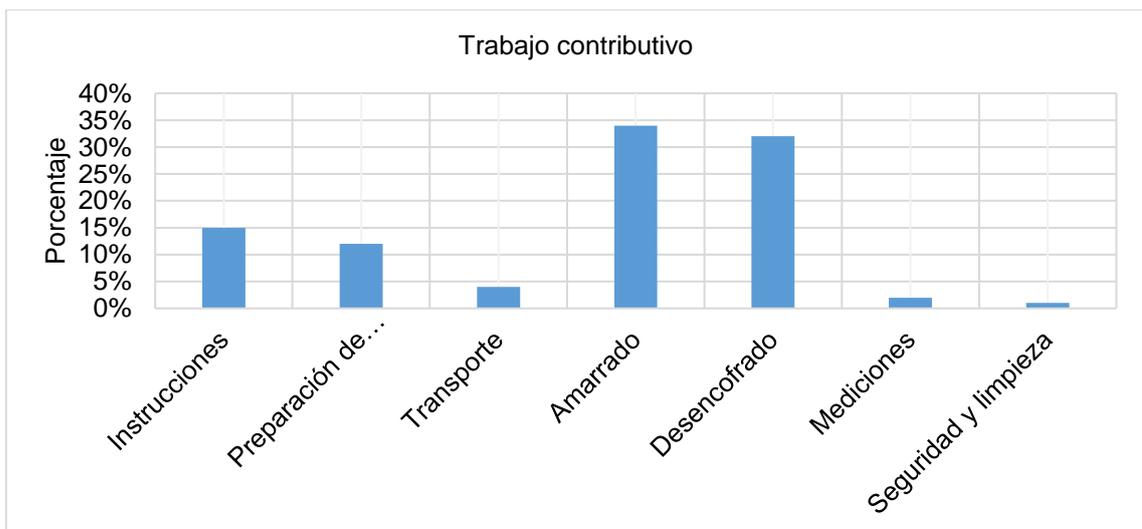


Figura 8. Trabajo contributivo en el encofrado y desencofrado de pavimento rígido.

En la Figura 8 se representa el trabajo contributivo en el encofrado y desencofrado de pavimento rígido.

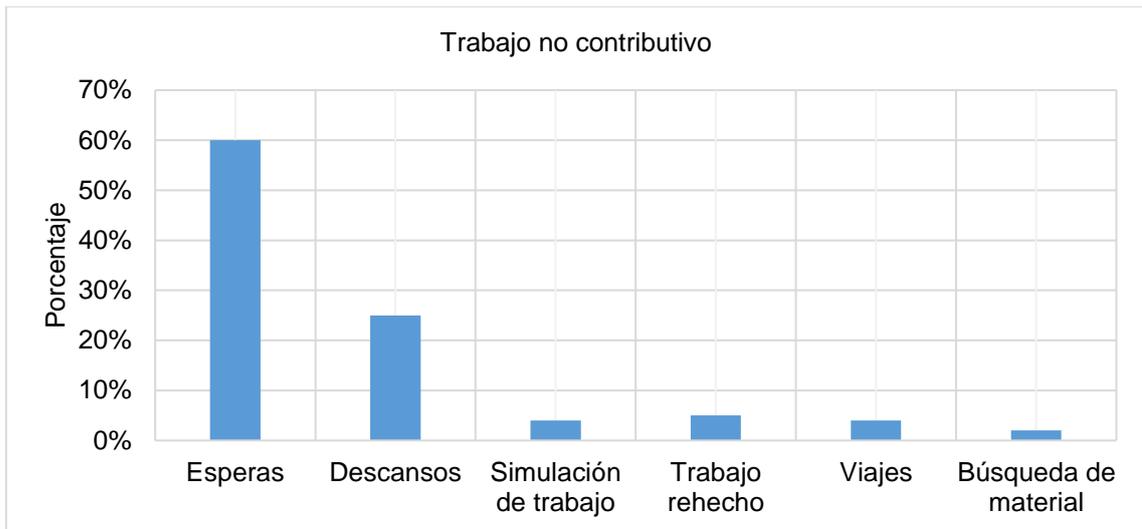


Figura 9. Trabajo no contributivo en el encofrado y desencofrado de pavimento rígido.

En la Figura 9 se representa el trabajo contributivo en el encofrado y desencofrado de pavimento rígido.

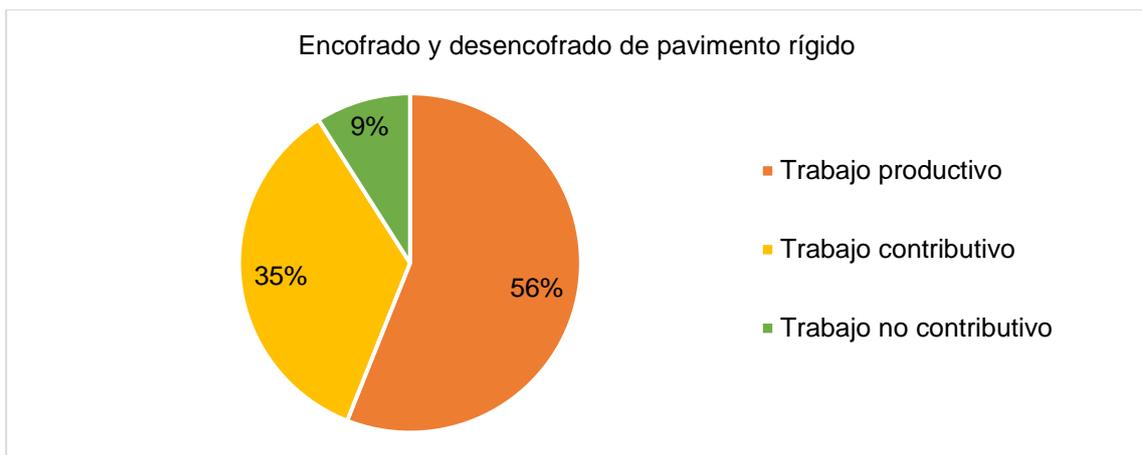


Figura 10. Niveles de productividad en encofrado y desencofrado de pavimento rígido.

Por último en la Figura 10 se consigna los niveles de productividad en el encofrado y desencofrado de pavimento rígido.

Tabla 16. Niveles de productividad en dowells de pavimento rígido.

Trabajo productivo	%	Trabajo contributivo	%	Trabajo no contributivo	%
Colocación de dowells	100%	Instrucciones	26%	Esperas	53%
		Preparación de materiales	42%	Descansos	34%
		Transporte	2%	Simulación de trabajo	2%
		Amarrado	26%	Trabajo rehecho	5%

Mediciones	3%	Viajes	4%
Seguridad y limpieza	1%	Búsqueda de material	2%

La Tabla 15 muestra los niveles de productividad concerniente al encofrado y desencofrado de pavimento rígido.

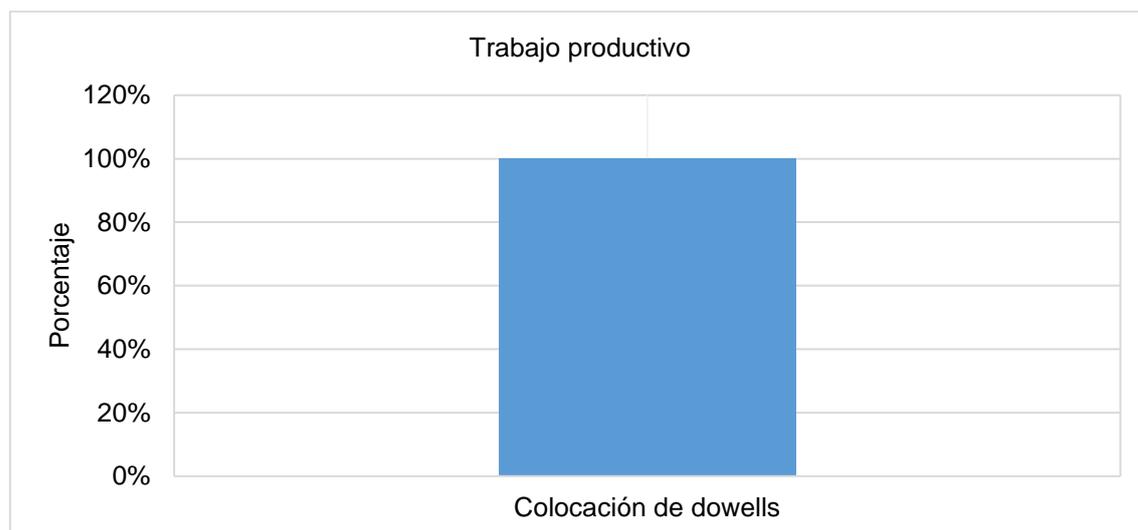


Figura 11. Trabajo productivo en dowells de pavimento rígido.

En la Figura 11 se representa el trabajo productivo en dowells de pavimento rígido.

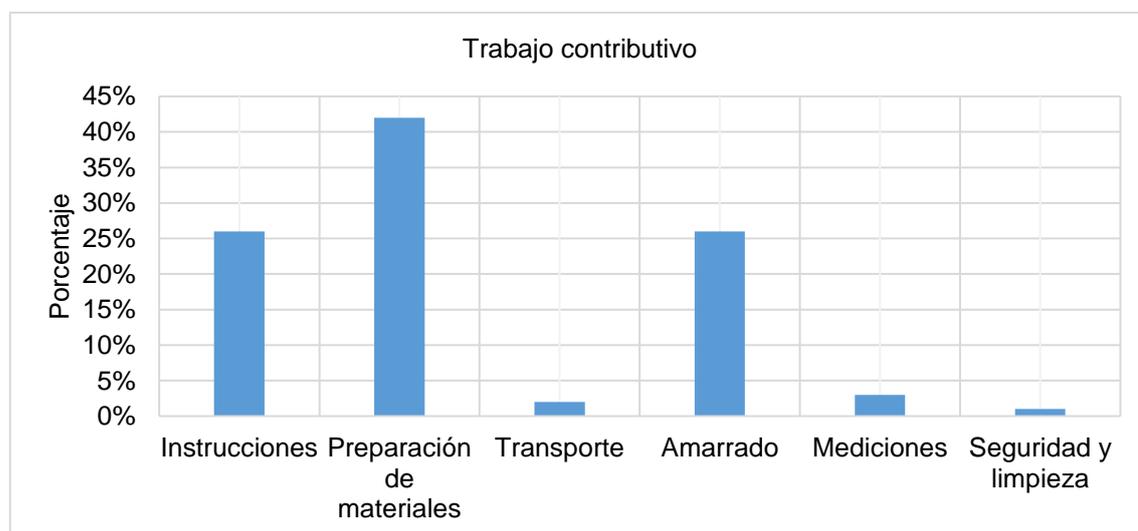


Figura 12. Trabajo contributivo en dowells de pavimento rígido.

En la Figura 12 se representa el trabajo contributivo en dowells de pavimento rígido.

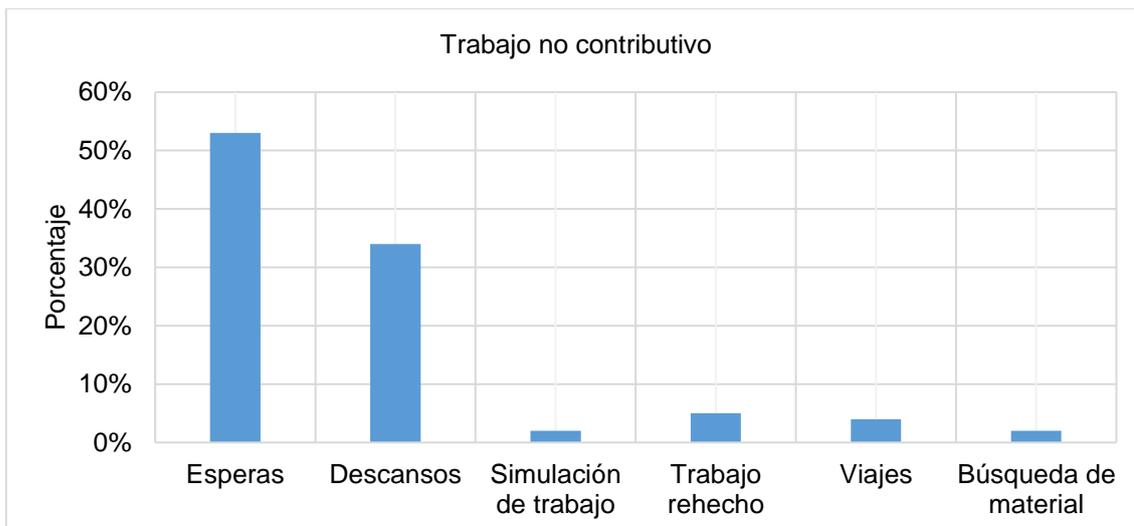


Figura 13. Trabajo no contributivo en dowells de pavimento rígido.

En la Figura 13 se representa el trabajo no contributivo en dowells de pavimento rígido.

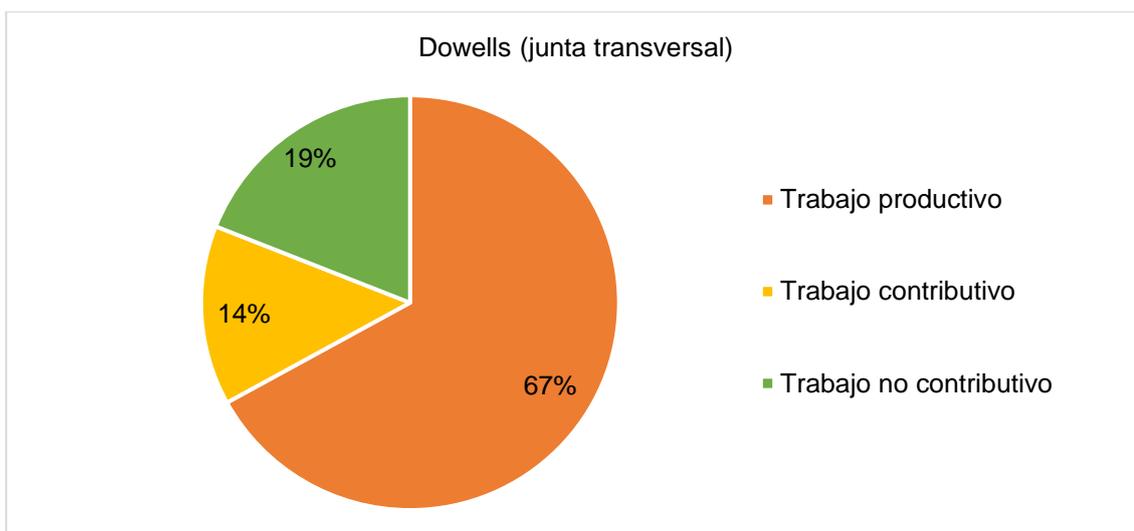


Figura 14. Niveles de productividad de dowells en pavimento rígido.

Por último en la Figura 14 se consigna los niveles de productividad en dowells de pavimento rígido.

Tabla 17. Niveles de productividad en concreto en pavimento rígido.

Trabajo productivo	%	Trabajo contributivo	%	Trabajo no contributivo	%
Vaciado de concreto	65%	Instrucciones	43%	Esperas	48%
Nivelado	16%	Preparación de materiales	31%	Descansos	13%

Acabado en losa	19%	Transporte	4%	Simulación de trabajo	7%
		Seguridad y limpieza	22%	Trabajo rehecho	6%
				Viajes	24%
				Búsqueda de material	2%

La Tabla 17 muestra los niveles de productividad concerniente al concreto en pavimento rígido.

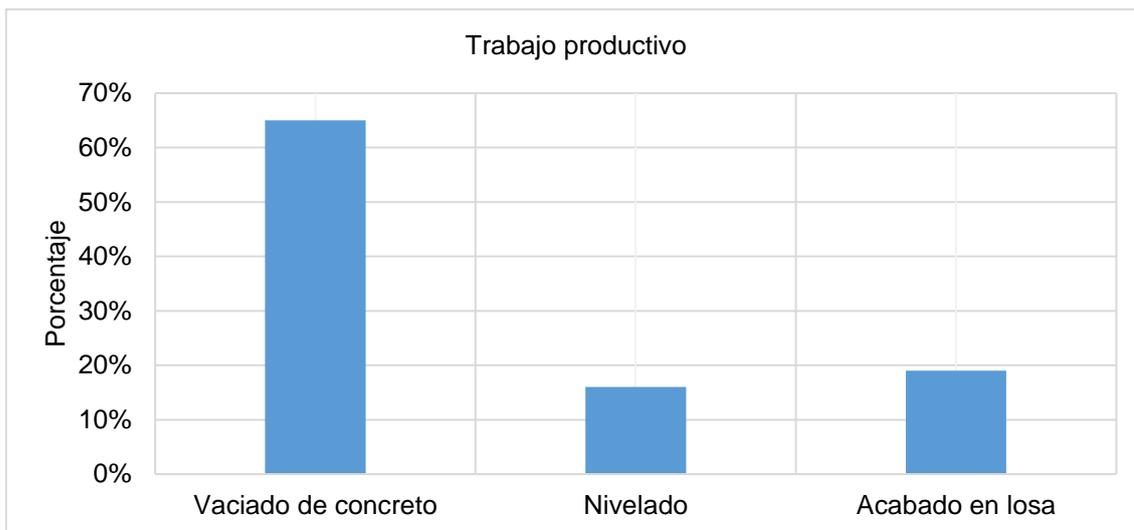


Figura 15. Trabajo productivo en concreto en pavimento rígido.

En la Figura 15 se representa el trabajo productivo en concreto de pavimento rígido.

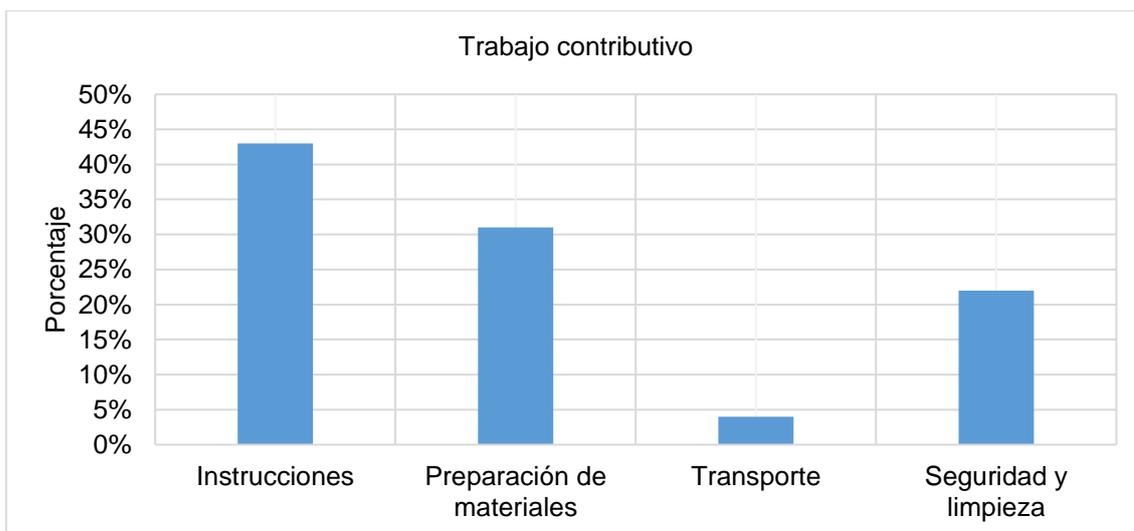


Figura 16. Trabajo contributivo en concreto en pavimento rígido.

En la Figura 16 se representa el trabajo contributivo en concreto de pavimento rígido.

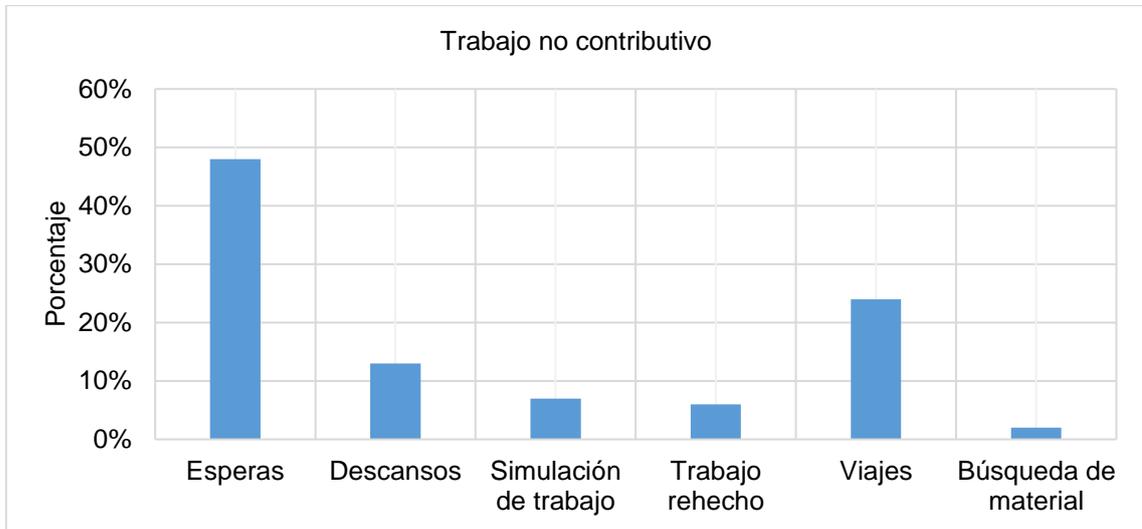


Figura 17. Trabajo no contributivo en concreto en pavimento rígido.

En la Figura 17 se representa el trabajo no contributivo en concreto de pavimento rígido.

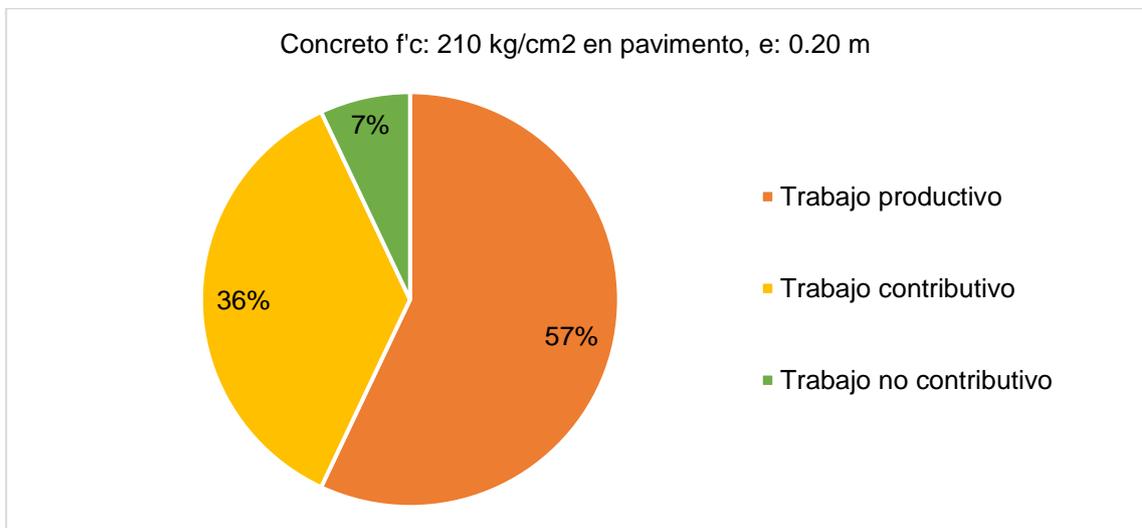


Figura 18. Niveles de productividad en concreto para pavimento rígido.

Por último en la Figura 18 se consigna los niveles de productividad en concreto para pavimento rígido.

Tabla 18. Niveles de productividad en curado de pavimento rígido.

Trabajo productivo	%	Trabajo contributivo	%	Trabajo no contributivo	%
Curado del concreto	100%	Instrucciones	30%	Esperas	63%
		Preparación de materiales	54%	Descansos	24%
		Transporte	4%	Simulación de trabajo	4%
		Seguridad y limpieza	12%	Trabajo rehecho	5%
				Viajes	4%

La Tabla 18 muestra los niveles de productividad concerniente al curado en pavimento rígido.

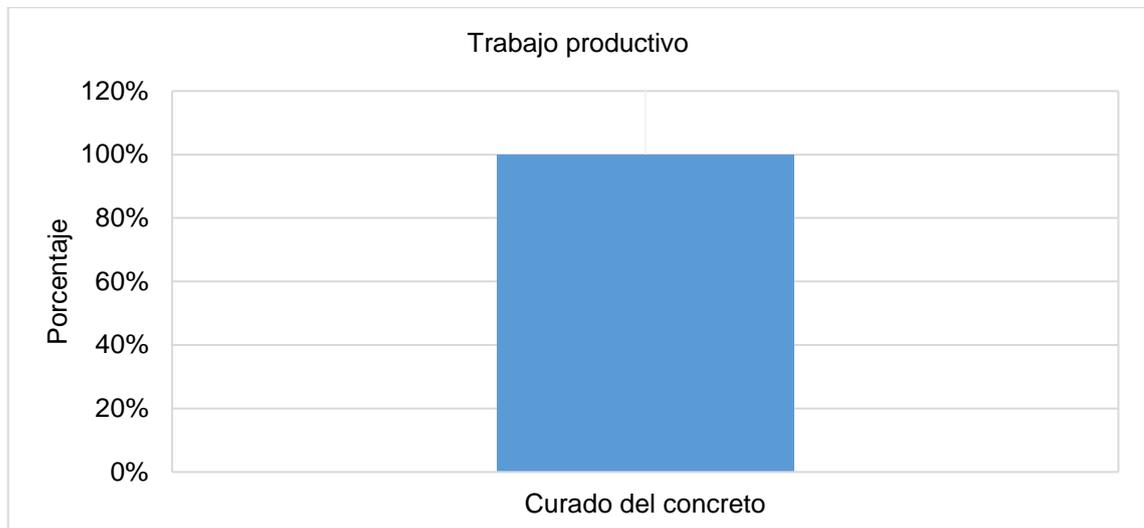


Figura 19. Trabajo productivo en curado de pavimento rígido.

En la Figura 19 se representa el trabajo productivo en curado de pavimento rígido.

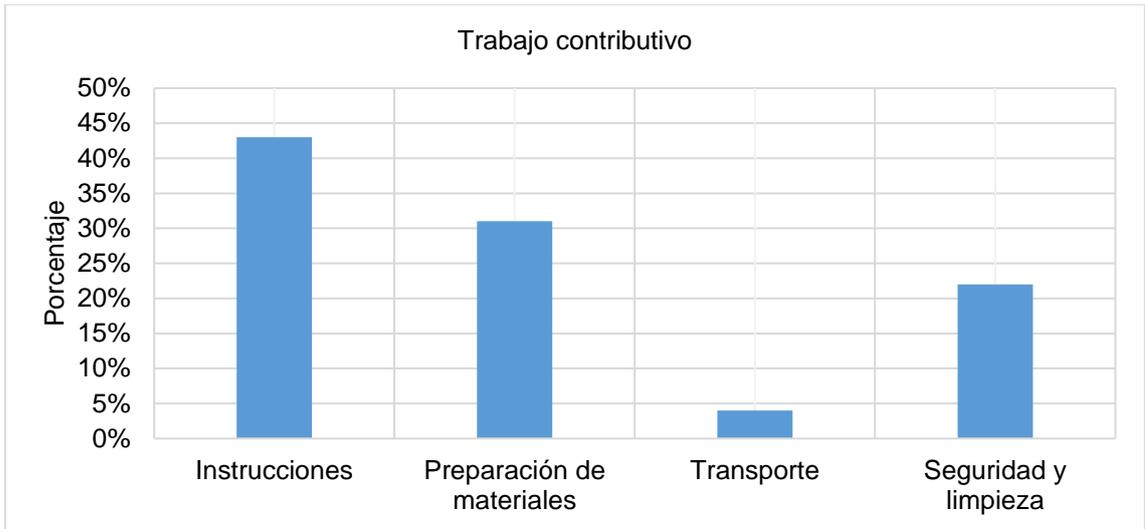


Figura 20. Trabajo contributivo en curado de pavimento rígido.

En la Figura 20 se representa el trabajo contributivo en curado de pavimento rígido.

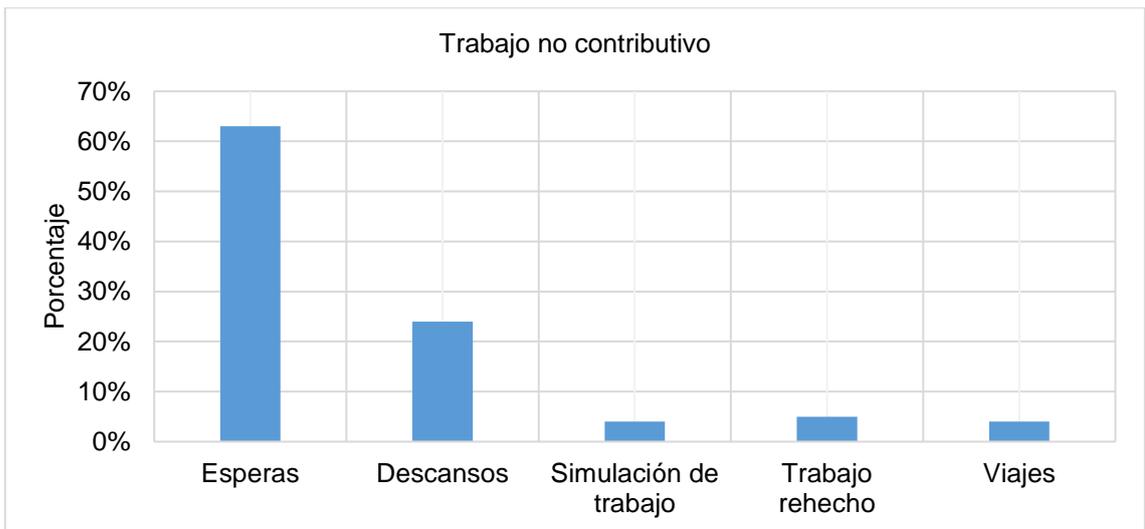


Figura 21. Trabajo no contributivo en curado de pavimento rígido.

En la Figura 21 se representa el trabajo no contributivo en curado de pavimento rígido.

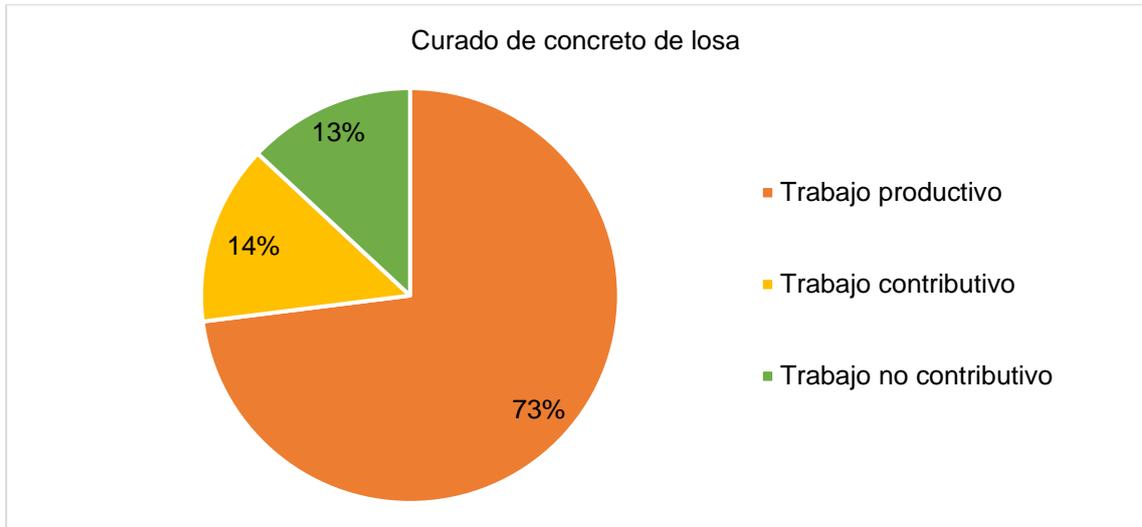


Figura 22. Niveles de productividad en curado de pavimento rígido.

Por último en la Figura 22 se consigna los niveles de productividad en el curado para pavimento rígido.

Rendimientos

Tabla 19. Rendimiento en el encofrado y desencofrado de pavimento rígido.

Partida		Encofrado y desencofrado de pavimento rígido			
Rendimiento según presupuesto		1			
Inicio		Día 1			
Fin		Día 4			
Día	Rendimiento acumulado	% de avance	Rendimiento teórico	Avance teórico	
Día 1	0.29		0.29		
Día 2	0.26		0.29		
Día 3	0.32	100%	0.29	100%	
Día 4	0.13		0.13		

En la Tabla 19 se muestra el rendimiento tanto en campo y teórico del encofrado y desencofrado de pavimento rígido.

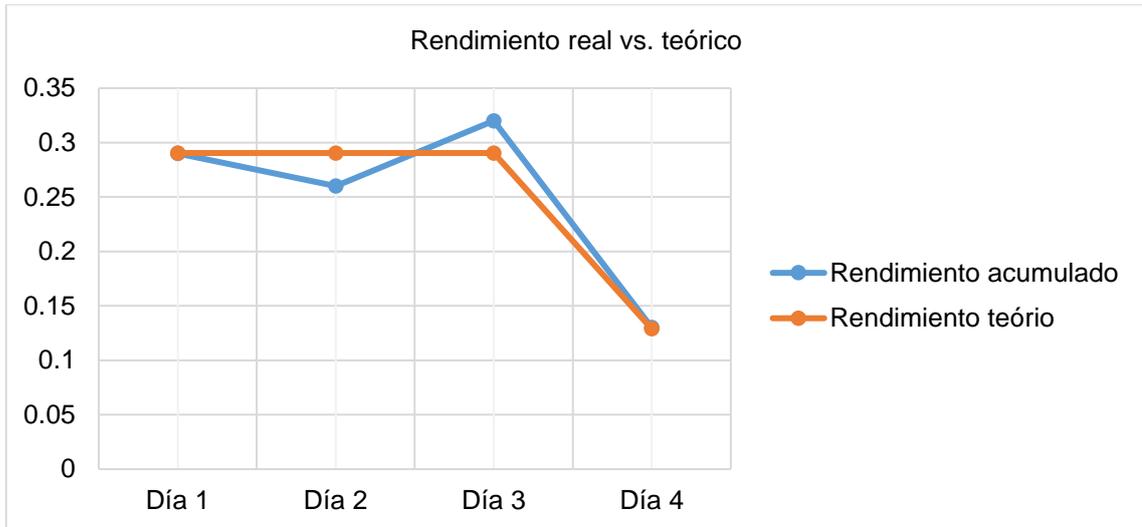


Figura 23. Rendimiento en el encofrado y desencofrado de pavimento rígido.

Del mismo modo en la Figura 23 se muestra la variación del rendimiento en campo y el teórico.

Tabla 20. Rendimiento en dowells de pavimento rígido.

Partida	Dowells (junta transversal)			
Rendimiento según presupuesto	1			
Inicio	Día 1			
Fin	Día 8			
Semana	Rendimiento acumulado	% de avance	Rendimiento teórico	Avance teórico
Día 1	0.11		0.11	
Día 2	0.16		0.11	
Día 3	0.06		0.11	
Día 4	0.08		0.11	
Día 5	0.1	100%	0.11	100%
Día 6	0.12		0.11	
Día 7	0.14		0.11	
Día 8	0.23		0.23	

En la Tabla 20 se muestra el rendimiento tanto en campo y teórico del de dowells en el pavimento rígido.

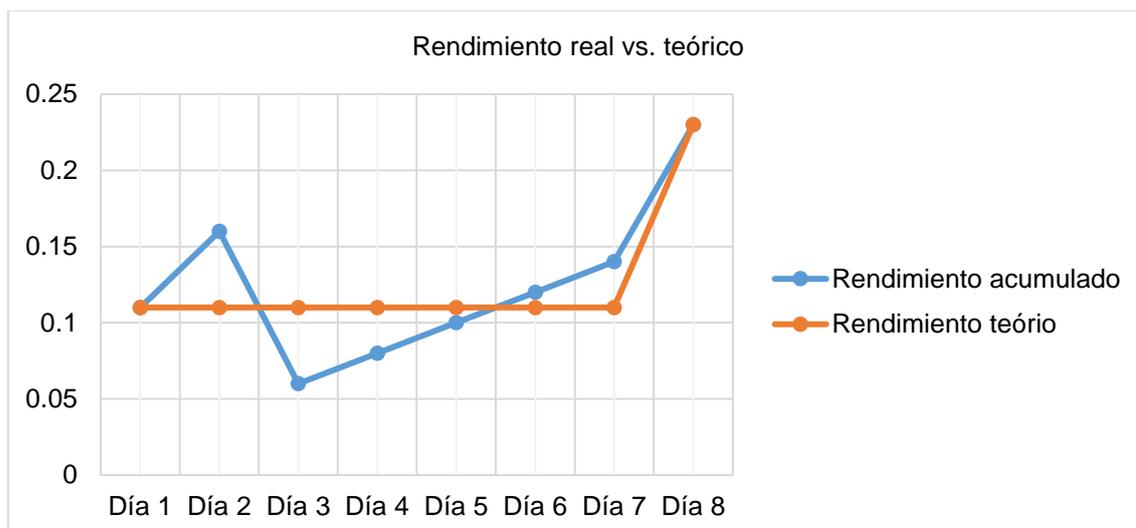


Figura 24. Rendimiento en dowells de pavimento rígido.

Del mismo modo en la Figura 24 se muestra la variación del rendimiento en campo y el teórico.

Tabla 21. Rendimiento en concreto para pavimento rígido.

Partida		Concreto f'c: 210 kg/cm ² en pavimento		
Rendimiento según presupuesto		1		
Inicio		Día 1		
Fin		Día 9		
Semana	Rendimiento acumulado	% de avance	Rendimiento teórico	Avance teórico
Día 1	0.11		0.11	
Día 2	0.19		0.11	
Día 3	0.09		0.11	
Día 4	0.13		0.11	
Día 5	0.07	100%	0.11	100%
Día 6	0.08		0.11	
Día 7	0.09		0.11	
Día 8	0.16		0.11	
Día 9	0.08		0.08	

En la Tabla 21 se muestra el rendimiento tanto en campo y teórico del concreto para pavimento rígido.

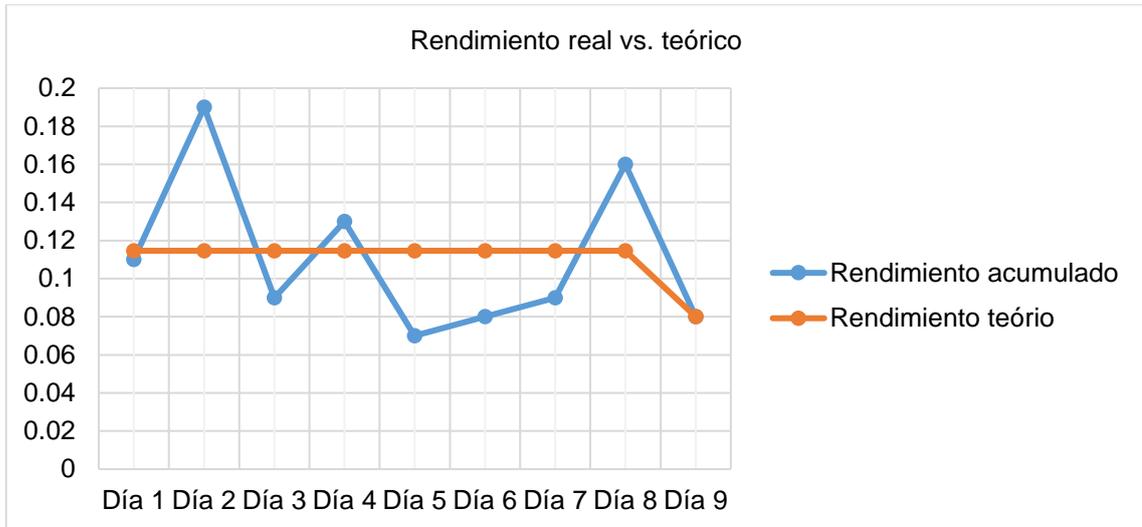


Figura 25. Rendimiento en concreto para pavimento rígido.

Del mismo modo en la Figura 25 se muestra la variación del rendimiento en campo y el teórico.

Tabla 22. Rendimiento en el curado de pavimento rígido.

Partida	Curado de concreto de losa			
Rendimiento según presupuesto	1			
Inicio	Día 1			
Fin	Día 9			
Semana	Rendimiento acumulado	% de avance	Rendimiento teórico	Avance teórico
Día 1	0.11		0.11	
Día 2	0.17		0.11	
Día 3	0.1		0.11	
Día 4	0.12		0.11	
Día 5	0.08	100%	0.11	100%
Día 6	0.07		0.11	
Día 7	0.11		0.11	
Día 8	0.16		0.11	
Día 9	0.08		0.08	

En la Tabla 22 se muestra el rendimiento tanto en campo y teórico del curado de pavimento rígido.

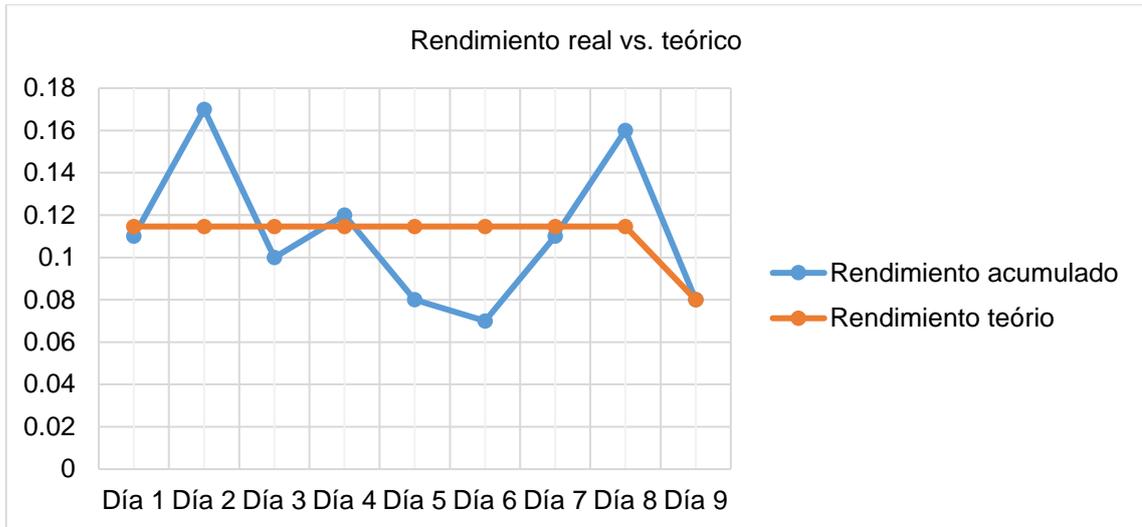


Figura 26. Rendimiento en el curado de pavimento rígido.

Del mismo modo en la Figura 26 se muestra la variación del rendimiento en campo y el teórico.

4.2. Discusiones

Es dable mencionar que se aplicó la filosofía lean construction a la partida de losa de concreto del proyecto denominado: “Mejoramiento de la calle del Jr. Tacna, tramo Jr. Maravilla – Jr. 28 de julio en la localidad de Carhuamayo, distrito de Carhuamayo – Junín”, el mismo que fue ejecutado en modalidad de contrata durante los meses de abril a agosto de 2018, para ello se contó como responsables al jefe de obras y planeamiento urbano de la municipalidad distrital de Carhuamayo, al ingeniero residente y supervisor de obra, al maestro de obra, al almacenero y al personal tal como se muestra en el organigrama de la obra (Figura 3); como parte inicial de la aplicación de la filosofía lean construction se tiene a la sectorización, la misma que permitirá realizar los trenes de trabajo y demás planificación (Guzmán, 2014), el proceso de esta se muestra en la Figura 5 mediante un diagrama de flujo, de ello se llegó a que, del primer al cuarto día se realizaría los trabajos de encofrado y desencofrado de pavimento rígido, la

colocación de dowells, el vaciado de concreto y el curado correspondiente del mismo, del quinto al octavo día se propuso continuar con la colocación de dowells, el vaciado y curado de concreto, el noveno día el vaciado de concreto y los 7 días siguientes se continuaría con el curado del concreto (ver Tabla 3), como paso siguiente se tuvo al tren de actividades bajo el supuesto que, el trabajo repetitivo lleva a una especialización que mejora la productividad en mencionado trabajo (Guzmán, 2014; Ortega, 2017) esta dinámica se muestra en la Tabla 4 donde el primer paso es el encofrado, seguido de la colocación de dowells, el vaciado de concreto y el curado.

Una vez determinado el tren de trabajo y con el objeto de controlar la ejecución del proyecto se recurrió a otra de las herramientas de la filosofía lean construction la cual es el last planner (Ortega, 2017), iniciando con la planificación maestra que se basa en la metodología tradicional tal como detalla en la Figura 6; seguido se realizó el lookahead plan que es la programación intermedia resumiéndose en la programación semanal y diaria, la primera se muestra en la Tabla 5; no obstante, Guzmán (2014) recomienda la consideraciones de las restricciones y recursos presente en cada una de las tareas, por lo cual se tiene la Tabla 6, Tabla 7, Tabla 8 y Tabla 9 donde se consideró cada una de estas a fin de proseguir con la programación diaria tal como se muestra en la Tabla 10 hasta la Tabla 14.

Realizada la planificación, ya en la ejecución del proyecto se midió la productividad en cada una las tareas siguiendo lo estipulado por Porras et al., (2014) en lo denominado medición de pérdidas reflejadas en el trabajo contributivo, trabajo no contributivo y trabajo productivo; estos resultados se

especifican en la Tabla 15 hasta la Tabla 18 resumiéndose que, en la partida de encofrado y desencofrado de pavimento rígido se obtuvo un trabajo productivo de 56 %, trabajo contributivo de 35 % y trabajo no contributivo de 9 %, en la partida de colocación de dowells se presentó un 67 % de trabajo productivo, 14 % de trabajo contributivo y 19 % de trabajo no contributivo, en la partida de vaciado de concreto se obtuvo un 57 % de trabajo productivo, un 36 % de trabajo contributivo y un 7 % de trabajo no contributivo; mientras que, en la partida de concreto se presentó un 73 % de trabajo productivo, 14 % de trabajo contributivo y 13 % de trabajo no contributivo respectivamente.

Lo referido a los rendimientos, estos se detallan por partida en la Tabla 19 hasta la Tabla 22 y también la comparación de lo considerado teóricamente en el expediente técnico en cada una de las figuras adjuntas representándose así que, existe gran variabilidad entre lo planeados teóricamente y los realizados en campo.

CONCLUSIONES

1. Se evaluó la productividad aplicando la filosofía lean construction al proyecto: “Mejoramiento de la calle del Jr. Tacna, tramo Jr. Maravilla – Jr. 28 de julio en la localidad de Carhuamayo, distrito de Carhuamayo – Junín”, específicamente a la partida de losa de concreto y a las que involucra la misma.
2. Se determinó la sectorización para el proyecto de pavimentación rígida, considerando la partida de losa de concreto, correspondiendo este sector a la totalidad de esta partida (encofrado y desencofrado, colocación de dowells, concreto para pavimento rígido y curado de concreto).
3. Se especificó el tren de actividades para el proyecto de pavimentación rígida, en lo referido a la partida de losa de concreto, resultando este en primera instancia el encofrado para losa, seguido de la colocación de dowells, prosiguiendo con el vaciado de concreto y por último el curado de la losa.
4. Se aplicó el last planner para el proyecto de pavimentación rígida, específicamente para la partida de losa de concreto considerando la planificación maestra, el lookahead plan, programación semanal y diaria, considerando las restricciones de recursos.
5. Se determinó los niveles de productividad para el proyecto de pavimentación rígida en la partida de encofrado y desencofrado de pavimento rígido, obteniéndose un trabajo productivo de 56 %, trabajo contributivo de 35 % y trabajo no contributivo de 9 %, en la partida de colocación de dowells se presentó un 67 % de trabajo productivo, 14 % de trabajo contributivo y 19 % de trabajo no contributivo, en la partida de vaciado de concreto se obtuvo un

57 % de trabajo productivo, un 36 % de trabajo contributivo y un 7 % de trabajo no contributivo; mientras que, en la partida de concreto se presentó un 73 % de trabajo productivo, 14 % de trabajo contributivo y 13 % de trabajo no contributivo

6. Se estimó los rendimientos en el proyecto de pavimentación rígida, para la partida de losa de concreto concluyendo que, lo considerado en el expediente técnico (planeados teóricamente) y los realizado en campo presenta variabilidad.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la aplicación de la filosofía lean construction en diversos proyectos de ingeniería pues representa un modelo de gestión en la construcción.
2. Se sugiere utilizar las mediciones de productividad pues generalmente el dimensionamiento de las cuadrillas es teórico.
3. Para la medición de rendimientos se recomienda contar con un equipo especializado a fin de evitar la alteración de datos.
4. Se sugiere el control de la productividad en la ejecución de los proyectos, pues mediante ello se analizará la distribución de horas hombres en cada una de las fases de ejecución permitiendo así la toma de decisiones.
5. A fin de comparar los rendimientos y cuadrillas en los proyectos de pavimentación rígida se recomienda la aplicación de la filosofía lean construction en los diversos proyectos lo cual ayudaría a comparar lo propuesto en los expedientes técnicos.
6. Por último, se sugiere que para realizar una planificación correcta se debería contar con la participación continua de cada uno de los involucrados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

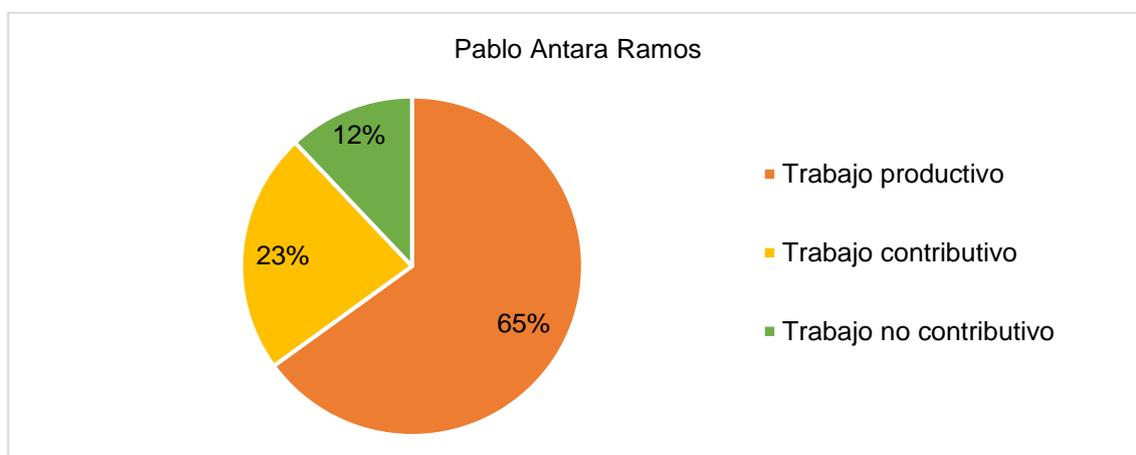
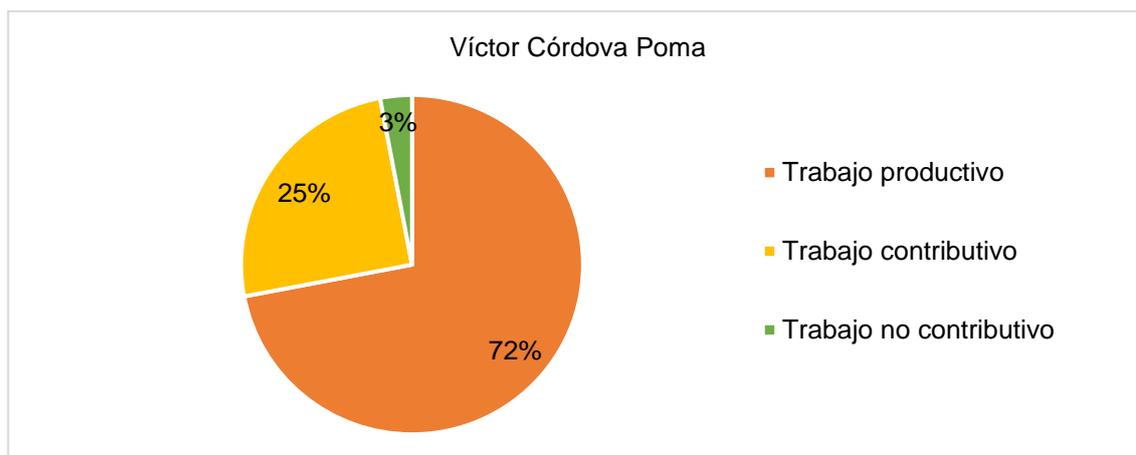
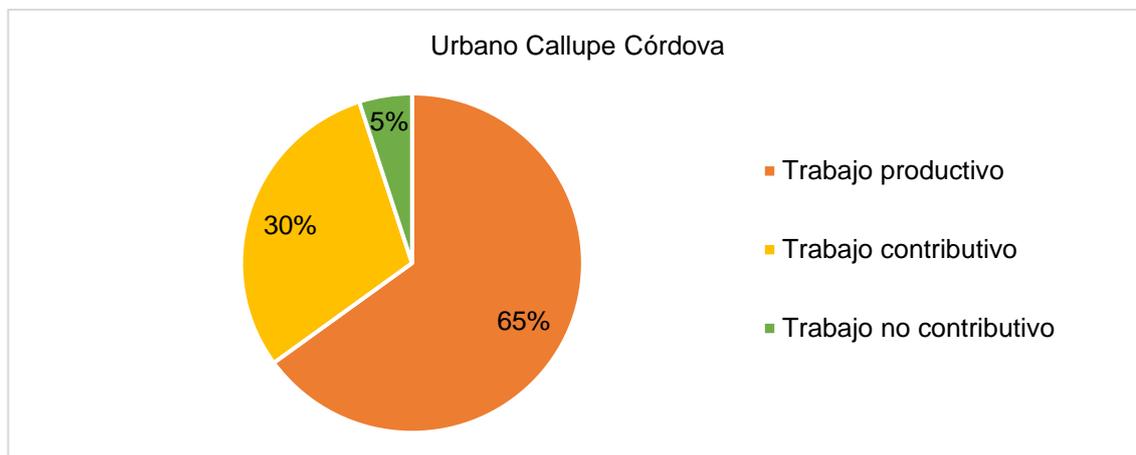
1. Araque, G. (2010). *Planeación e implementación de la filosofía Lean Construction en base al estudio de pérdidas y aplicación del sistema Last Planner en un proyecto constructivo de la empresa Marval S.A.* Universidad Pontificia Bolivariana.
2. Guzmán, A. (2014). *Aplicación de la filosofía lean construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos.* Pontificia Universidad Católica del Perú.
3. Ortega, C. (2017). *Aplicación de los conceptos de la filosofía Lean Construction para mejorar la productividad de pavimentos rígidos.* Universidad Nacional Hermilio Valdizán.
4. Porras, H., Sánchez, O., & Galvis, J. (2014). Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual. *Avances*, 11(1), 32-53.

ANEXOS

ANEXO N° 01: PRODUCTIVIDAD DEL PERSONAL

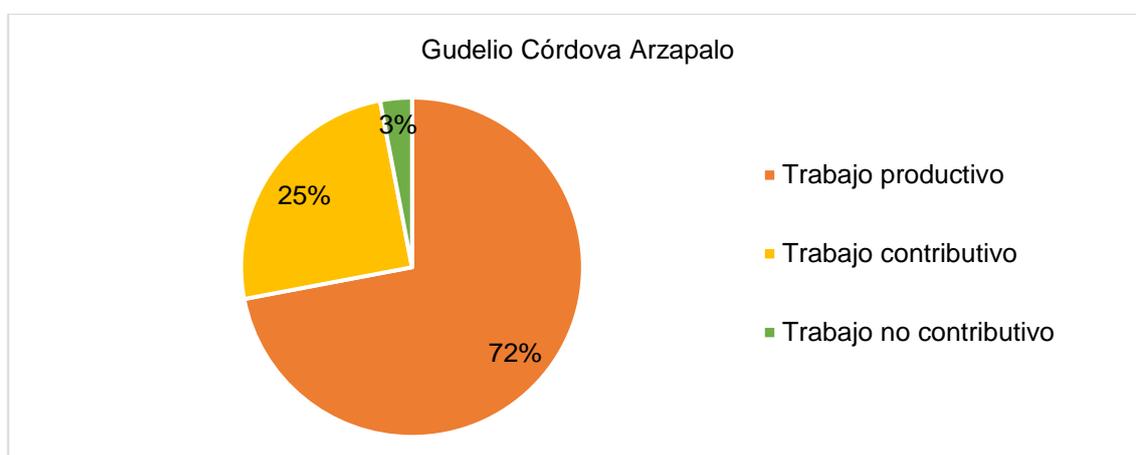
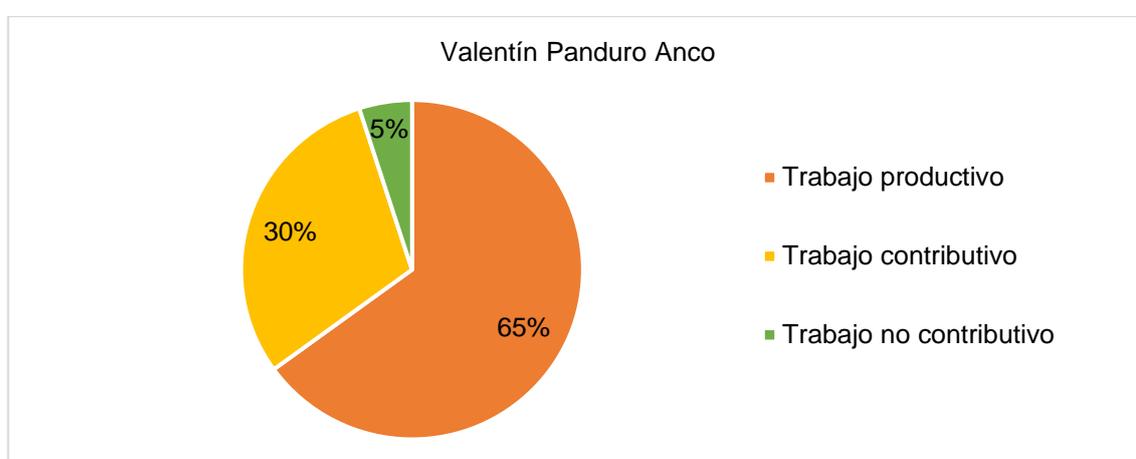
Personal encargado del encofrado y desencofrado

Cargo	Nombre	Trabajo productivo	Trabajo contributivo	Trabajo no contributivo
Operario	Urbano Callupe Córdova	65%	30%	5%
Peón	Víctor Córdova Poma	72%	25%	3%
Peón	Pablo Antara Ramos	65%	23%	12%

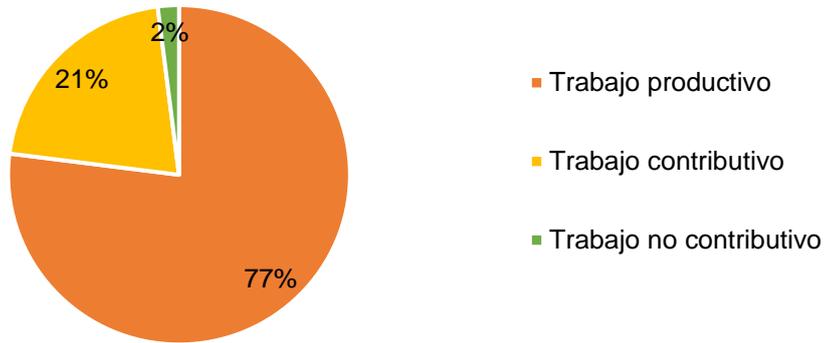


Personal encargado de la colocación de dowells

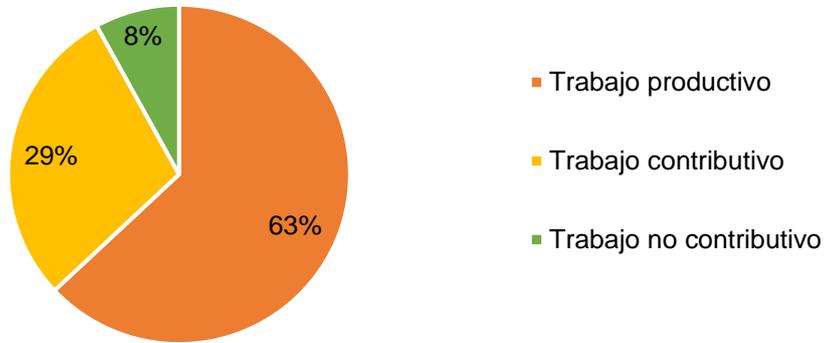
Cargo	Nombre	Trabajo productivo	Trabajo contributivo	Trabajo no contributivo
Oficial	Valentín Panduro Anco	65%	30%	5%
Oficial	Gudelio Córdova Arzapalo	72%	25%	3%
Oficial	Esther Inche Arias	77%	21%	2%
Operario	Melitón Arzapalo	63%	29%	8%
Operario	Liz Arias Campos	75%	23%	2%
Operario	Claudio Atahuamán	69%	22%	9%
Operario	Andrés Zuñiga Arias	72%	25%	3%
Operario	Indira Ponce Arias	65%	33%	2%
Operario	Luis Zuñiga Arias	57%	35%	8%



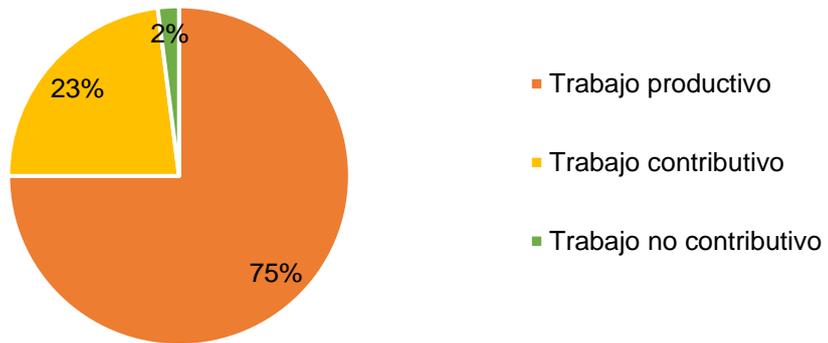
Esther Inche Arias



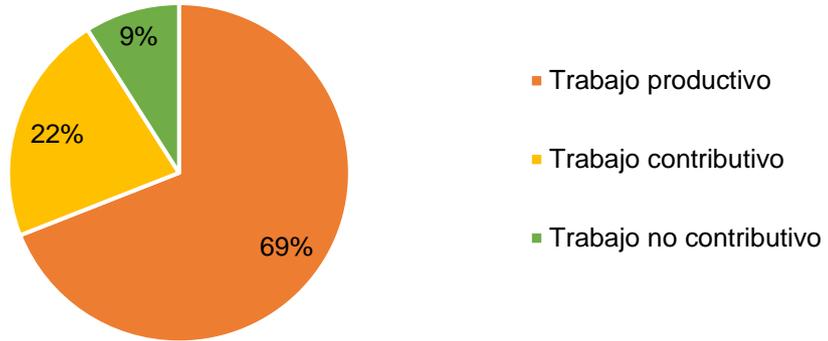
Melitón Arzapalo



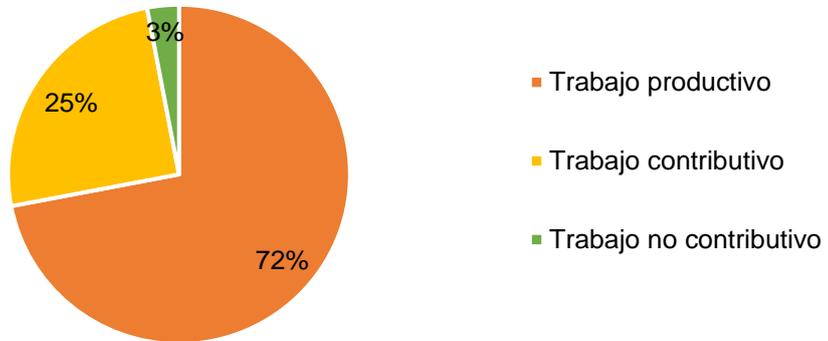
Liz Arias Campos



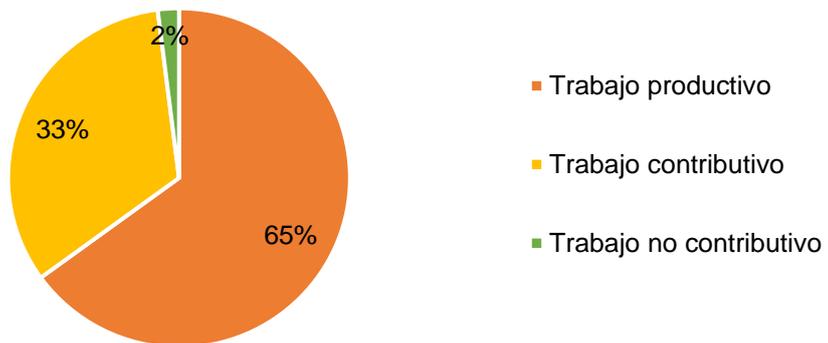
Claudio Atahumán

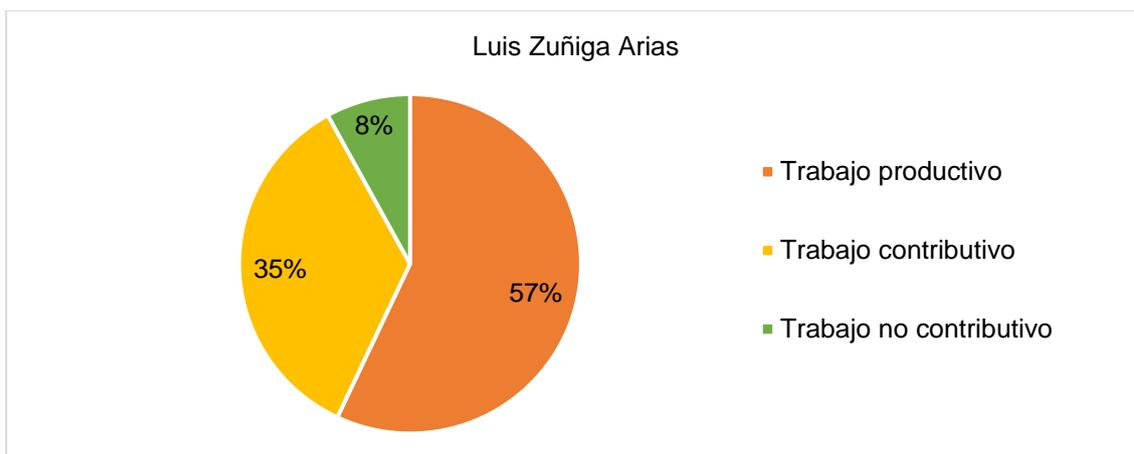


Andrés Zuñiga Arias



Indira Ponce Arias

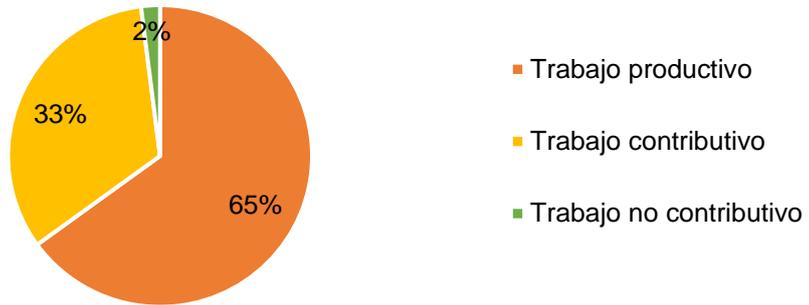




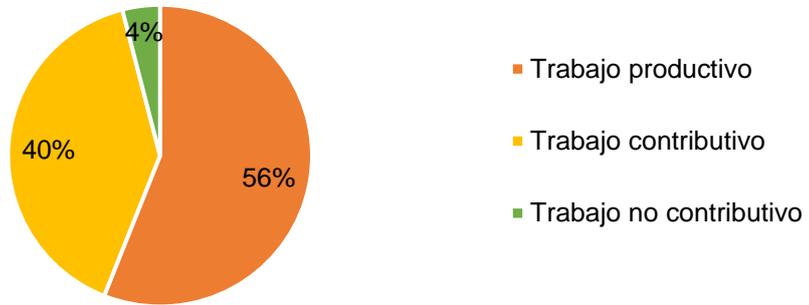
Personal encargado del vaciado de concreto

Cargo	Nombre	Trabajo productivo	Trabajo contributivo	Trabajo no contributivo
Peón	Misael Ponce Arias	65%	33%	2%
Peón	Nicolás Camaulca	56%	40%	4%
Peón	Antonio Llana Cajahuanca	75%	20%	5%
Peón	Francisco Arzapalo Guerra	66%	28%	6%
Peón	Milán Gallardo Espinoza	63%	34%	3%
Peón	Yhon Campos Arroyo	59%	37%	4%
Peón	Yolanda Cajahuanca	62%	27%	11%
Peón	Kevin Vega Correa	72%	21%	7%
Peón	Pedro Inche Arias	74%	18%	8%
Peón	Ruben Córdova	81%	7%	12%
Peón	Luis Reyes	73%	23%	4%
Peón	Alex Campos Romero	66%	26%	8%
Peón	Alberto Timba Calero	75%	20%	5%
Peón	Mauricio Rojas Córdova	66%	23%	11%
Peón	Pedro Machacuay Cóndor	53%	39%	8%
Peón	Ulises Cóndor Camavilca	57%	34%	9%
Oficial	Hugo Roque Chávez	62%	36%	2%
Oficial	David Camavilca	65%	30%	5%
Oficial	Mauro Inche Atahuaman	68%	18%	14%
Oficial	Carlos Correa Arias	72%	11%	17%
Operario	Orlando Inche Romero	74%	21%	5%
Operario	Fredy Atahuaman Reyes	73%	21%	6%

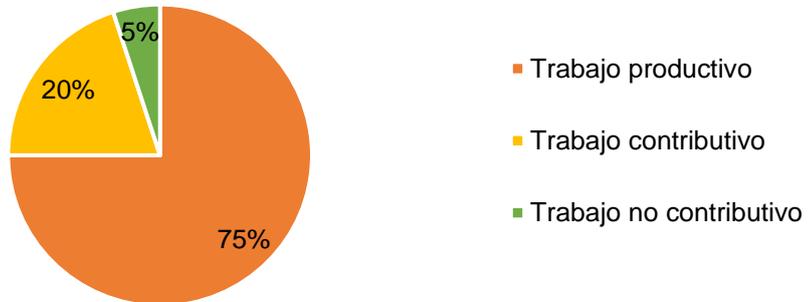
Misael Ponce Arias



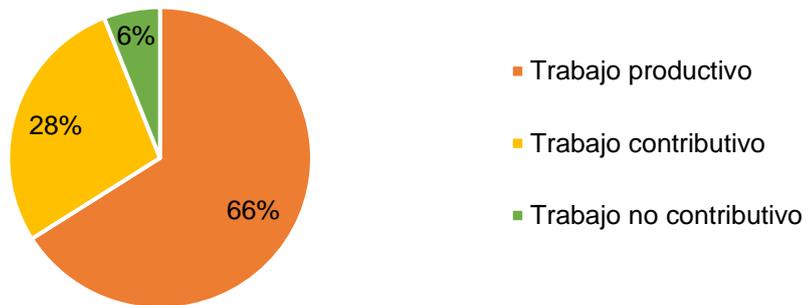
Nicolás Camaulca



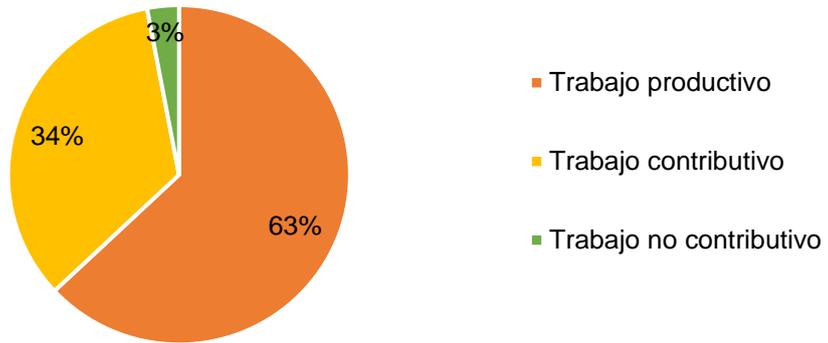
Antonio Llana Cajahuanca



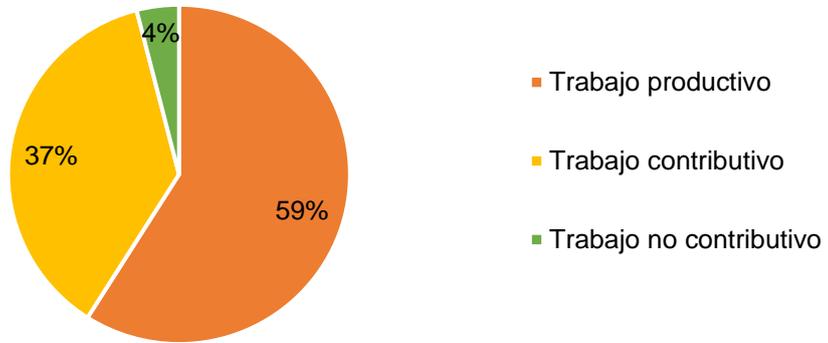
Francisco Arzapalo Guerra



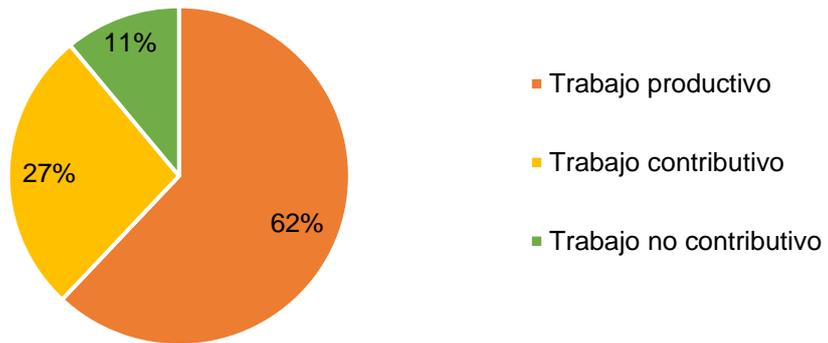
Milán Gallardo Espinoza



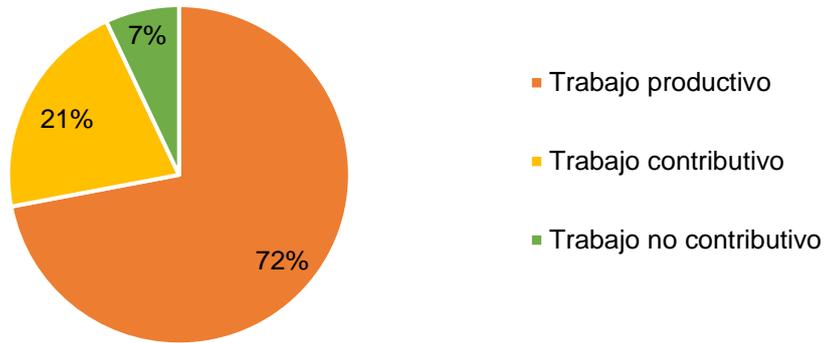
Yhon Campos Arroyo



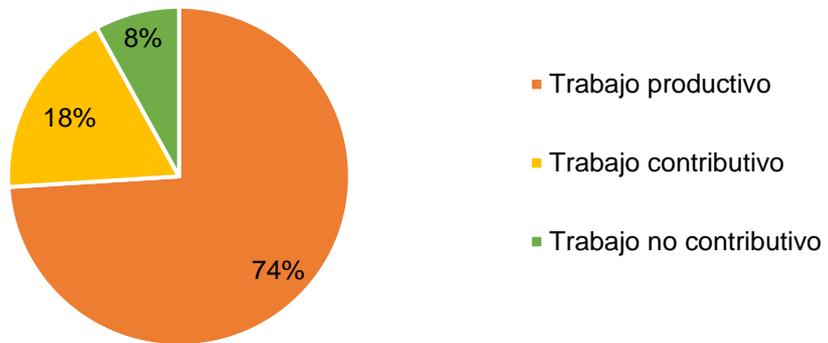
Yolanda Cajahuanca



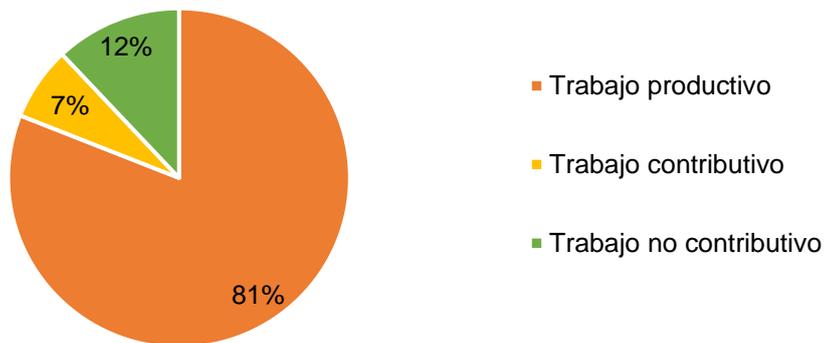
Kevin Vega Correa

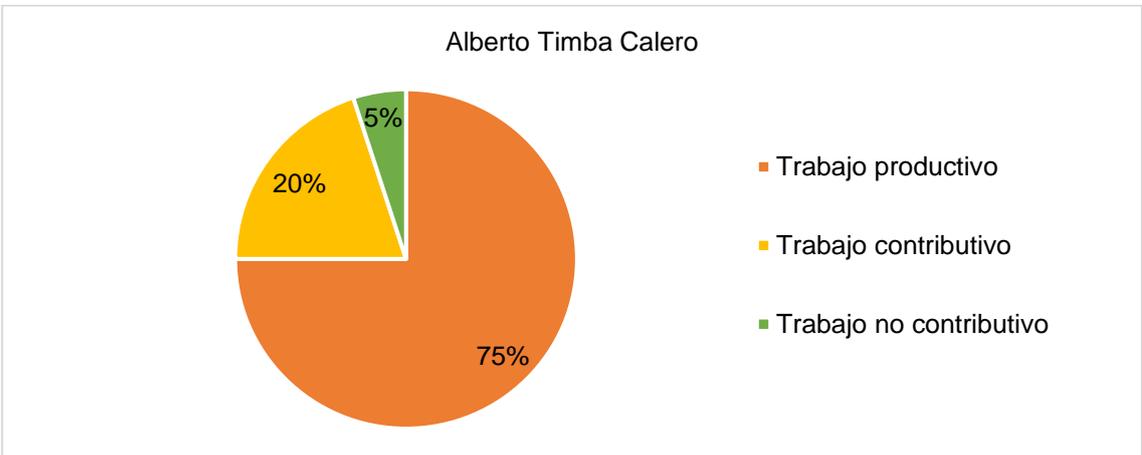
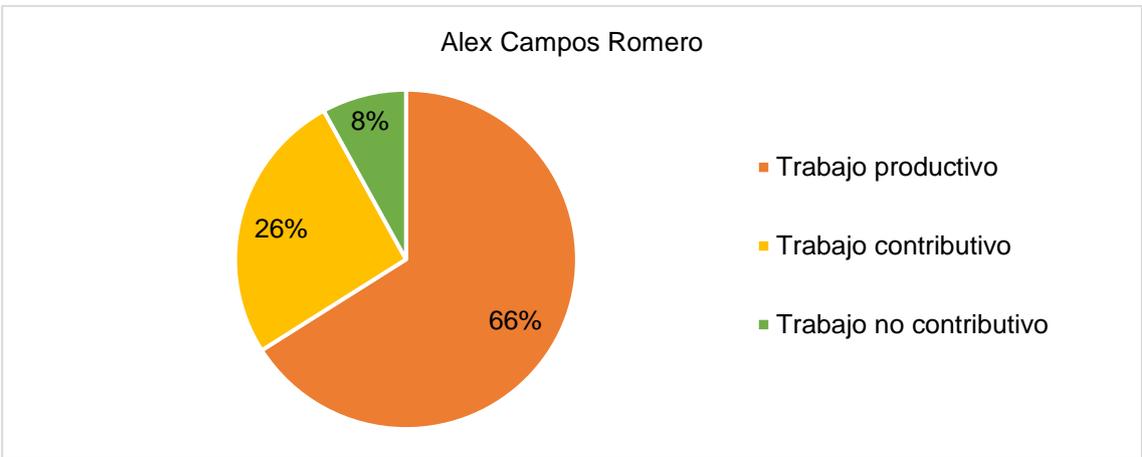
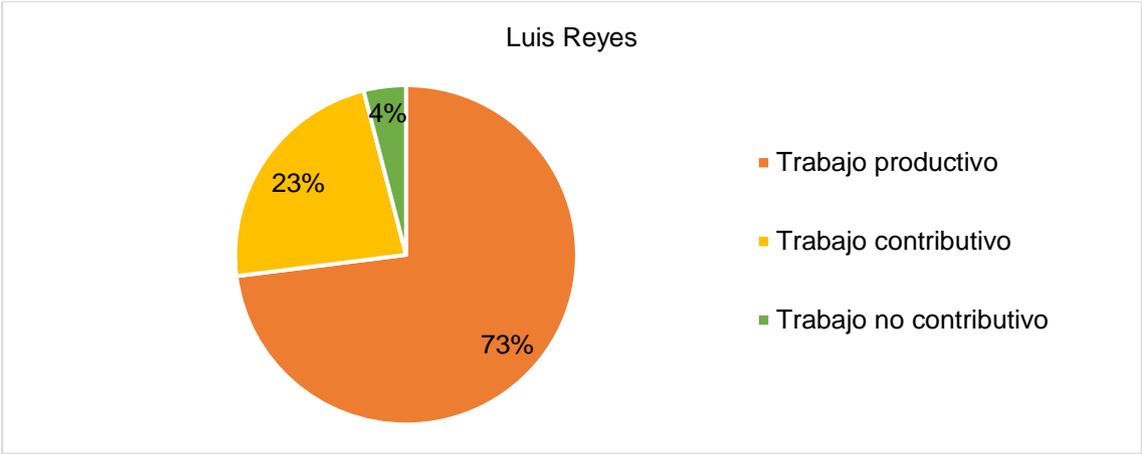


Pedro Inche Arias

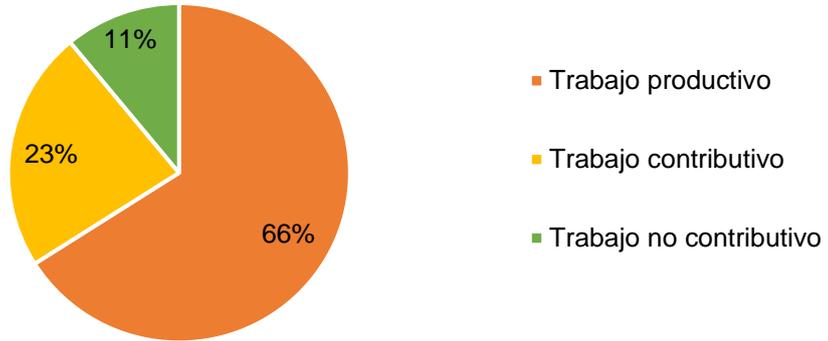


Ruben Córdova

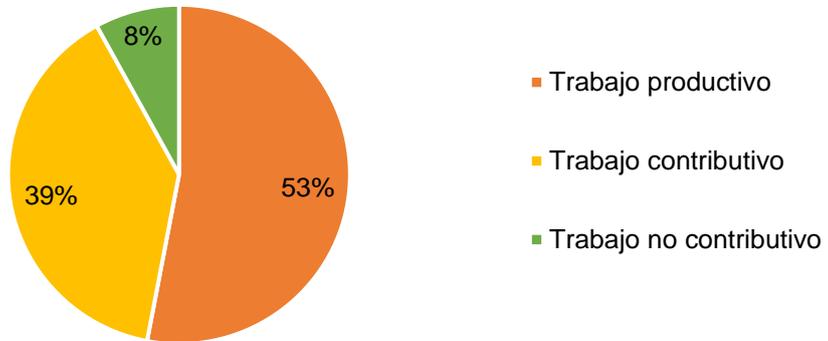




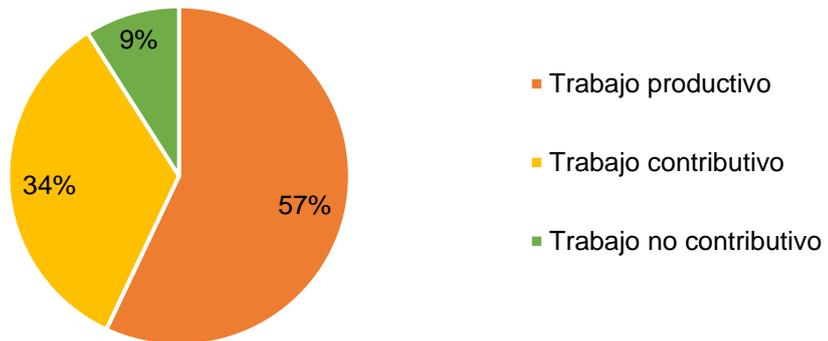
Mauricio Rojas Córdova



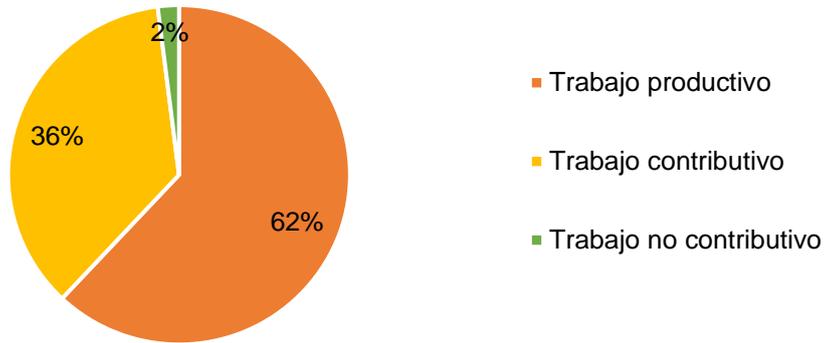
Pedro Machacuay Córdor



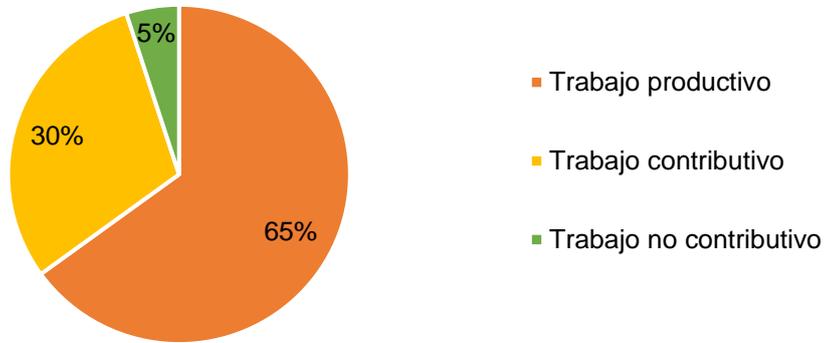
Ulises Córdor Camavilca



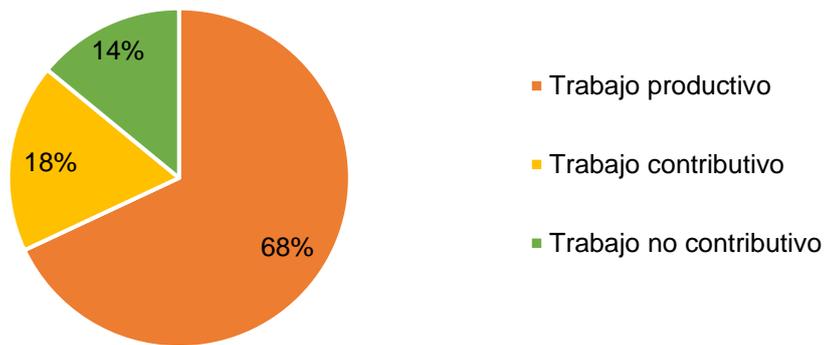
Hugo Roque Chávez

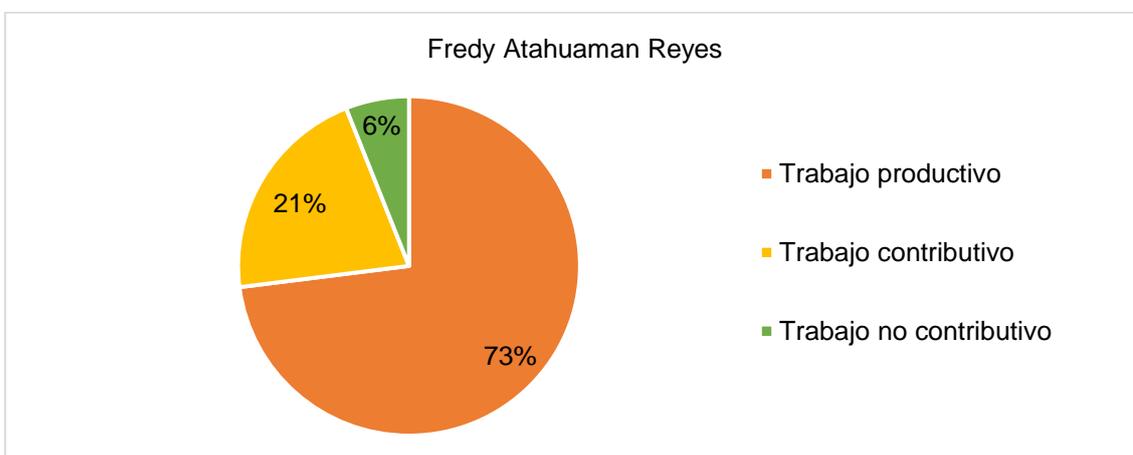
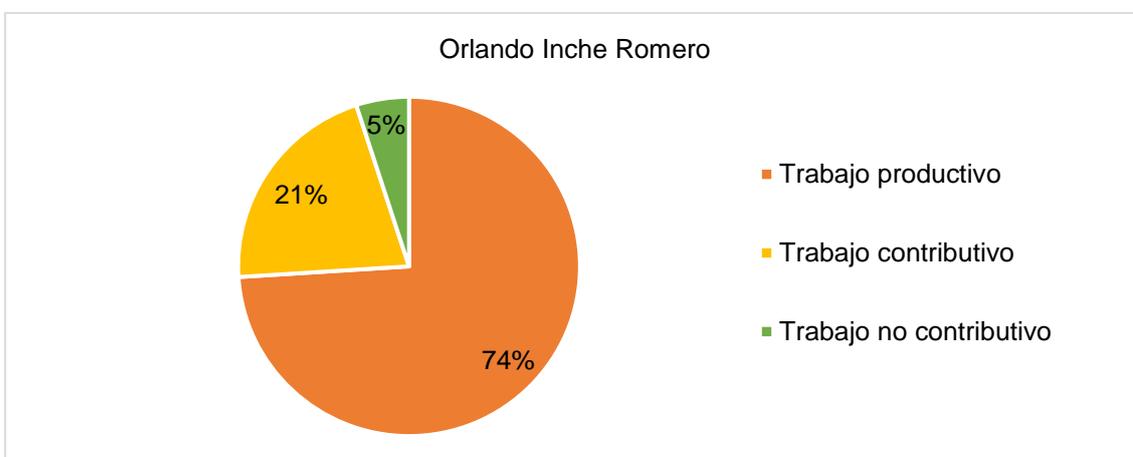
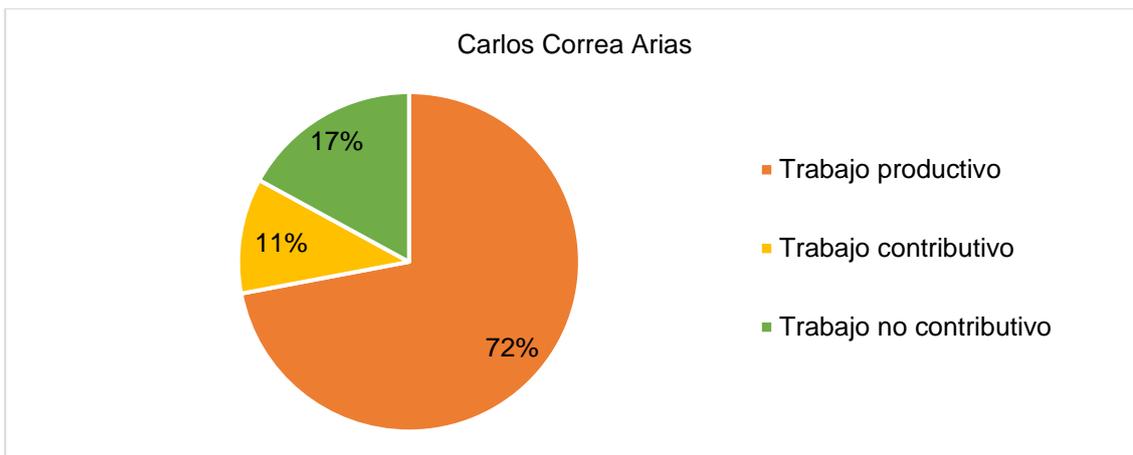


David Camavilca



Mauro Inche Atahuaman

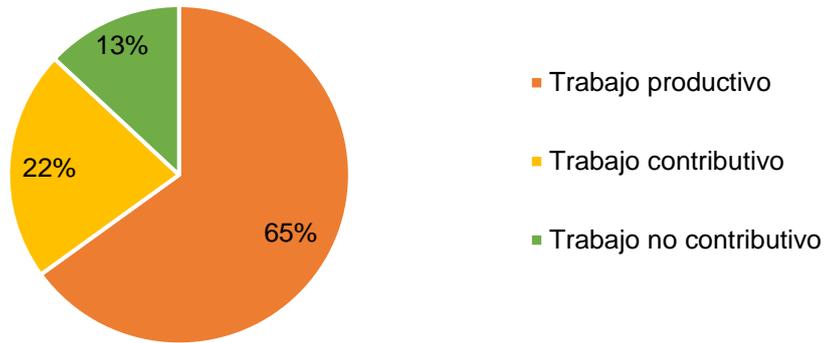




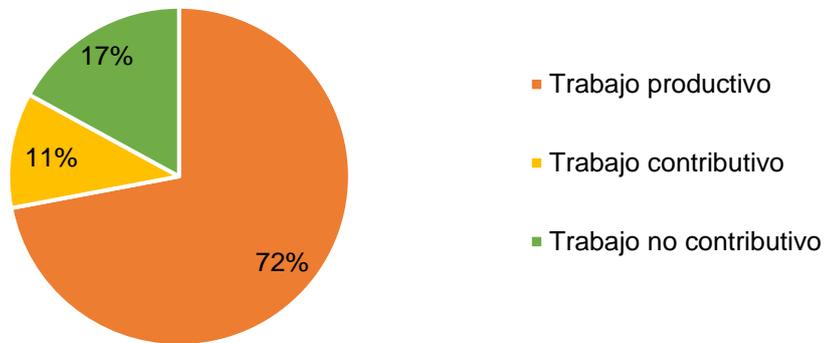
Personal encargado del curado

Cargo	Nombre	Trabajo productivo	Trabajo contributivo	Trabajo no contributivo
Peón	Serapio Cepida Huaman	65%	22%	13%
Peón	Abel Santos Ventura	72%	11%	17%

Serapio Cepida Huaman



Abel Santos Ventura



ANEXO N° 02: PANEL FOTOGRÁFICO



Fotografía 1. Encofrado para el pavimento rígido.



Fotografía 2. Colocación de dowells para el pavimento rígido.



Fotografía 3. Preparación de la mezcla de concreto.



Fotografía 4. Protección del concreto ante lluvias.



Fotografía 5. Se muestra el curado de concreto con aditivo.