

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

Influencia de la implementación de cartas balance en el índice de productividad en las partidas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023

Presentado por:

Jaime Cecilio Buendía Panche

Para optar el título de Ingeniero Civil

Abancay, Perú

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

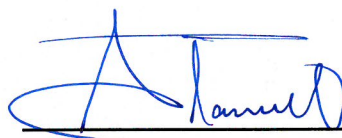


TESIS

Influencia de la implementación de cartas balance en el índice de productividad en las partidas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023

Presentado por **Jaime Cecilio Buendía Panche**, para optar el título de: Ingeniero Civil
Sustentado y aprobado el 04 de septiembre del 2024, ante el jurado evaluador:

Presidente:



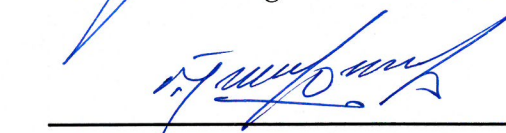
Dr. Calixto Cañari Otero

Primer Miembro:



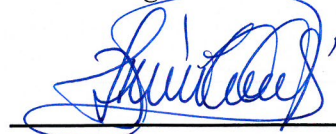
M.Sc. Víctor Hugo Sarmiento Casavilca

Segundo Miembro:



Mg. Jinmer Bravo Apaza

Asesor:



Mtro. Darío Dante Sánchez Castillo



UNIVERSIDAD NACIONAL
MICAELA BASTIDAS
DE APURÍMAC

Licenciada por SUNEQU

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD N° 171-2024

La Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, a través de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería declara que, la Tesis intitulada: **Influencia de la implementación de cartas balance en el índice productividad en las partidas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023**, presentado por el Bach. Jaime Cecilio BUENDÍA PANCHE, Para optar el Título de **Ingeniero Civil**; ha sido sometido a un mecanismo de evaluación y verificación de similitud, a través del Software Turnitin, siendo el índice de similitud ACEPTABLE de **(9%)** por lo que, cumple con los criterios de originalidad establecidos por la Universidad.

Abancay, 22 de agosto del 2024


Dr. Lintol Contreras Salas
DIRECTOR(E) DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA

C. c.
Archivo
REG. N° 561

Campus Universitario S/N. Tamburco. Abancay-Apurímac.
Carretera Panamericana Abancay-Cusco. Km. 5
e-mail: unidaddeinvestigación_fi@unamba.edu.pe



Agradecimiento

En primer lugar, agradezco profundamente a Dios por darme la fortaleza, sabiduría y guía en cada paso de este camino. Sin Su luz y bendiciones, este logro no habría sido posible

A mis padres Leonarda Panche Huarhua y Guillermo Buendía Surquislla, por su amor incondicional, su apoyo emocional, y por inculcarme el valor del esfuerzo y la dedicación. Su confianza en mí ha sido una fuente constante de motivación

A mis hermanos: Elverth, Nayda, Eliana y Beatriz, por estar siempre presentes, por sus palabras de ánimo, y por ayudarme a mantener el equilibrio entre el estudio y la vida personal. Su compañía ha sido un pilar fundamental durante este viaje

A mi asesor de tesis, Mtro. Ing. Darío Dante Sánchez Castillo, por su guía, paciencia, y valiosas sugerencias a lo largo de todo el proceso. Su conocimiento y experiencia han sido esenciales para el desarrollo de este proyecto

A mis profesores y compañeros de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac (UNAMBA), gracias por su apoyo académico y por los enriquecedores debates que han ampliado mi perspectiva y conocimientos

A todas las personas que de alguna manera han contribuido a la realización de esta tesis, su apoyo y colaboración han sido invaluable. También deseo expresar mi especial gratitud a Y.S.F. por su valiosa contribución

Gracias a todos, este logro es tan suyo como mío.

Jaime



Dedicatoria

Dedico este trabajo a Dios, por darme la vida y la fortaleza para alcanzar mis metas

Dedico con profundo cariño este trabajo a la memoria de mi querida hermana Nayda Buendía Panche, y desde el cielo, continúa cuidándome y guiándome. Aunque ya no estés físicamente a mi lado, tu apoyo incondicional mientras estuviste en vida fue fundamental para mí, pues fuiste como una segunda madre. Las palabras no son suficientes para expresar mi gratitud, pero con este logro quiero honrar tu memoria y todo lo que hiciste por mí. Tu recuerdo vive en mi corazón y en cada éxito que alcanzo. Este logro es tan tuyo como mío, porque sin tu apoyo incondicional y tus enseñanzas, no habría sido posible. Te extraño profundamente y siempre te llevaré conmigo. Este trabajo es un homenaje a ti, hermana, y a todo lo que significaste y seguirás significando en mi vida.

También dedico este trabajo, con todo mi amor, a mi madre, Leonarda Panche Huarhua, por su inquebrantable amor, apoyo y sacrificio. Madre, tu fortaleza y tus enseñanzas han sido una fuente constante de inspiración. Gracias por estar siempre a mi lado y por ser mi pilar en los momentos más difíciles. Este logro también es tuyo, porque sin ti, nada de esto habría sido posible.

Finalmente, dedico este trabajo a mi hijo, Jair A. Buendía Salinas. Hijo, tú eres mi mayor motivación y mi razón de ser. Cada día me esfuerzo por ser un ejemplo para ti y darte un futuro lleno de oportunidades. Este logro también es para ti, con la esperanza de que siempre persigas tus sueños con la misma determinación y esfuerzo.

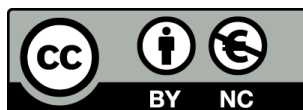
Jaime



Influencia de la implementación de cartas balance en el índice de productividad en las
partidas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa -
2023

Línea de investigación: Ingeniería de la construcción

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
RESUMEN	3
ABSTRACT	4
CAPÍTULO I	5
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.1 Descripción del problema	5
1.2 Enunciado del problema	9
1.2.1 Problema general	9
1.2.2 Problemas específicos	9
1.2.3 Justificación de la investigación	10
CAPÍTULO II	12
OBJETIVOS E HIPÓTESIS	12
2.1 Objetivos de la investigación	12
2.1.1 Objetivo general	12
2.1.2 Objetivos específicos	12
2.2 Hipótesis de la investigación	12
2.2.1 Hipótesis general	12
2.2.2 Hipótesis específicas	13
2.3 Operacionalización de variables	13
2.3.1 Variable independiente	13
2.3.2 Variable dependiente	13
CAPÍTULO III	16
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	16
3.1 Antecedentes	16
3.2 Marco teórico	24
3.2.1 Aspectos determinantes de los rendimientos	24
3.2.2 Rendimiento en la industria de la construcción	24
3.2.3 Productividad	24
3.2.4 Índice de productividad	26
3.2.5 Productividad de la mano de obra	26
3.2.6 Mejoramiento de la productividad	27



3.2.7	Lean construction	28
3.2.8	Cartas balance	31
3.2.9	Influencia de las cartas balance en el tiempo dedicado a TP	35
3.2.10	Reducción del tiempo dedicado a TNC	35
3.2.11	Impacto en el rendimiento diario de las cuadrillas	36
3.2.12	Reducción de costos en las partidas de encofrado y concreto	36
3.2.13	Parámetros para la aplicación de la carta balance	36
3.2.14	Factores que afectan la productividad	38
3.2.15	Ventajas de utilizar la carta de balance	39
3.3	Marco conceptual	39
CAPÍTULO IV		42
METODOLOGÍA		42
4.1	Tipo y nivel de investigación	42
4.1.1	Tipo de investigación	42
4.1.2	Nivel de investigación	43
4.2	Diseño de investigación	43
4.3	Descripción ética de la investigación	45
4.4	Población y muestra	46
4.4.1	Población	46
4.4.2	Muestra	47
4.4.3	Muestreo	48
4.5	Procedimiento	49
4.6	Técnica e instrumentos	50
4.6.1	Técnica	50
4.6.2	Instrumento	51
4.6.3	Validación	52
4.7	Análisis estadístico	53
CAPÍTULO V		58
RESULTADOS Y DISCUSIONES		58
5.1	Análisis de resultados	58
5.1.1	Análisis de resultados del objetivo general	58
5.1.2	Análisis de resultados del objetivo específico 1	77
5.1.3	Análisis de resultados del objetivo específico 2	80
5.1.4	Análisis de resultados del objetivo específico 3	89
5.1.5	Análisis de resultados del objetivo específico 4	91
5.2	Contrastación de hipótesis	92
5.2.1	Prueba de la hipótesis general	92
5.2.2	Prueba de la hipótesis específica 1	95
5.2.3	Prueba de la hipótesis específica 2	96



5.2.4	Prueba de la hipótesis específica 3	99
5.2.5	Prueba de la hipótesis específica 4	101
5.3	Discusión de resultados	102
5.3.1	Discusión de resultados del objetivo general	102
5.3.2	Discusión de resultados del objetivo específico 1	103
5.3.3	Discusión de resultados del objetivo específico 2	103
5.3.4	Discusión de resultados del objetivo específico 3	105
5.3.5	Discusión de resultados del objetivo específico 4	106
CAPÍTULO VI		107
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		107
6.1	Conclusiones	107
6.2	Recomendaciones.	109
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		110
ANEXOS		115

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 — Operacionalización de las variables	14
Tabla 2 — Marco muestral, partida de concreto	48
Tabla 3 — Marco muestral, partida de encofrado	48
Tabla 4 — Interpretaciones del alfa de Cronbach	53
Tabla 5 — Resumen de datos obtenidos de carta balance del R1	58
Tabla 6 — Porcentajes de distribución de trabajo por tipo y trabajador del R1.....	59
Tabla 7 — Rendimiento en partida de encofrado del R1	61
Tabla 8 — Obtención del IP partida de encofrado R1	61
Tabla 9 — Obtención de datos de carta balance del R2	62
Tabla 10 — Porcentajes de distribución de trabajo por tipo y trabajador del R2.....	63
Tabla 11 — Rendimiento en partida de encofrado del R2	65
Tabla 12 — Obtención del IP partida de encofrado del R2.....	65
Tabla 13 — Optimización del IP en partida de encofrado	66
Tabla 14 — Resumen de datos obtenidos de carta balance del R1	66
Tabla 15 — Porcentajes de distribución de trabajo por tipo y trabajador del R1.....	68
Tabla 16 — Rendimiento en partida de concreto del R1	69
Tabla 17 — Obtención del índice de productividad del R1	70
Tabla 18 — Obtención de datos de carta balance del R2	70
Tabla 19 — Porcentajes de distribución de trabajo por tipo y trabajador del R2.....	72
Tabla 20 — Rendimiento en partida de concreto del R2	73
Tabla 21 — Obtención del índice de productividad del R2	74
Tabla 22 — Optimización del IP en partida de concreto	74
Tabla 23 — Porcentaje de optimización en partida de encofrado	75
Tabla 24 — Porcentaje de optimización en partida de concreto	76
Tabla 25 — Cuadro comparativo de la distribución del tiempo del TP	77
Tabla 26 — Cuadro comparativo de la distribución del tiempo de TP en partida de concreto	78
Tabla 27 — Porcentaje de optimización en trabajos productivos	79
Tabla 28 — Cuadro comparativo de la distribución del tiempo del TNC.....	80
Tabla 29 — Cuadro comparativo de la distribución del tiempo del TNC.....	82
Tabla 30 — Porcentaje de reducción en trabajos no contributivos	84

Tabla 31 — Datos para el análisis estadístico en la partida de encofrado.....	85
Tabla 32 — Tabla ANOVA para TNC partida encofrado.....	86
Tabla 33 — Datos para el análisis estadístico en la partida de concreto.....	87
Tabla 34 — Tabla ANOVA para TNC partida de concreto	88
Tabla 35 — Optimización de rendimiento en la partida de encofrado.....	89
Tabla 36 — Optimización del rendimiento en partida de concreto.....	89
Tabla 37 — Optimización del rendimiento en partida de encofrado según ET	90
Tabla 38 — Optimización del rendimiento en partida de encofrado según ET	91
Tabla 39 — Optimización de costos con la implementación de cartas balance.....	91
Tabla 40 — Obtención del IP en partida de encofrado del R 2.....	92
Tabla 41 — Optimización del IP en partida de encofrado	93
Tabla 42 — Obtención del índice de productividad del R2	94
Tabla 43 — Optimización del IP en partida de concreto	94
Tabla 44 — Análisis de optimización en TP.....	95
Tabla 45 — Optimización en partidas de concreto y encofrado	96
Tabla 46 — Resultado de ANOVA en partida de encofrado	97
Tabla 47 — Resultado de ANOVA en partida de concreto	98
Tabla 48 — Análisis comparativo del rendimiento en partida de encofrado	99
Tabla 49 — Análisis comparativo del rendimiento en partida de concreto	100
Tabla 50 — Análisis de optimización en costos	101
Tabla 51 — Matriz de consistencia	116
Tabla 52 — Trabajos productivos en partida de encofrado del R1	119
Tabla 53 — Trabajos contributivos en partida encofrado del R1	119
Tabla 54 — Trabajos no contributivos en partida de encofrado del R1	119
Tabla 55 — Mano de obra del R1, partida de encofrado	120
Tabla 56 — Resultado final de la partida de encofrado en R1.....	125
Tabla 57 — Rendimiento en encofrado del reservorio Ccotoma	132
Tabla 58 — Rendimiento y productividad en encofrado del reservorio Ccotoma.....	135
Tabla 59 — Trabajos productivos en partida de encofrado, reservorio Crusmocco	136
Tabla 60 — Trabajos contributivos en partida de encofrado, reservorio Crusmocco.....	137
Tabla 61 — Trabajos no contributivos en partida de encofrado, reservorio Crusmocco	137
Tabla 62 — Mano de obra de la cuadrilla en partida de encofrado, reservorio Crusmocco. .	138
Tabla 63 — Resultados de la carta balance en encofrado del reservorio Crusmocco.....	143
Tabla 64 — Rendimiento en partidas de encofrado del reservorio Crusmocco.....	146
Tabla 65 — Rendimiento y productividad en partida de encofrado, reservorio Crusmocco .	149

Tabla 66 — Partida de encofrado TP, TC y TNC	150
Tabla 67 — Cuadro comparativo de la distribución del tiempo del TP	151
Tabla 68 — Cuadro comparativo de la distribución del tiempo del TC.....	152
Tabla 69 — Cuadro comparativo de la distribución del tiempo del TNC.....	153
Tabla 70 — Trabajos productivos partida de concreto, reservorio Ccotoma.....	155
Tabla 71 — Trabajos contributivos en partida de concreto, reservorio Ccotoma.....	156
Tabla 72 — Trabajos no contributivos en partida de concreto, reservorio Ccotoma.....	156
Tabla 73 — Mano de obra de la cuadrilla en partida concreto, reservorio Ccotoma	157
Tabla 74 — Resultados de la carta balance en partida de concreto del reservorio Ccotoma.	162
Tabla 75 — Rendimiento en encofrado del reservorio Ccotoma	170
Tabla 76 — Rendimiento y productividad en encofrado del reservorio Ccotoma.....	174
Tabla 77 — Trabajos productivos en partida de concreto, reservorio Crusmocco	175
Tabla 78 — Trabajos contributivos en partida de concreto reservorio Crusmocco	176
Tabla 79 — Trabajos no contributivos en partida de concreto, reservorio Crusmocco.....	176
Tabla 80 — Mano de obra de la cuadrilla en partida de concreto, reservorio Crusmocco	177
Tabla 81 — Resultado final de carta balance en partida de concreto, reservorio Crusmocco	182
Tabla 82 — Rendimiento en partida de concreto del reservorio Crusmocco.....	187
Tabla 83 — Rendimiento y productividad en partida de concreto, reservorio Crusmocco ...	191
Tabla 84 — Partida de vaciado de concreto TP, TC y TNC.	192
Tabla 85 — Cuadro comparativo de la distribución del tiempo TP partida de concreto	193
Tabla 86 — Cuadro comparativo de la distribución del tiempo del TC partida de concreto .	194
Tabla 87 — Cuadro comparativo de la distribución del tiempo del TNC.....	195
Tabla 88 — Validación de instrumento.....	213

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 — Regiones con mayor número de obras paralizadas	6
Figura 2 — Obras paralizadas en la región de Apurímac por nivel de gobierno y por sector ...	8
Figura 3 — Obras paralizadas en la región de Apurímac por modalidad y por provincia	8
Figura 4 — Ciclo del mejoramiento de la productividad	28
Figura 5 — Transformación del proceso	29
Figura 6 — Inspecciones durante el proceso	30
Figura 7 — Formato de carta balance	33
Figura 8 — Esquema de diseño de investigación	44
Figura 9 — Flujograma del procedimiento de ejecución de la investigación.	50
Figura 10 — Distribución por tipos de trabajo partida de encofrado del R1	59
Figura 11 — Distribución del tipo de trabajo por obrero del R1	60
Figura 12 — Distribución por tipos de trabajo en partida de encofrado del R2.....	63
Figura 13 — Distribución del tipo de trabajo por obrero del R2	64
Figura 14 — Distribución por tipos de trabajo en partida de concreto del R1.....	67
Figura 15 — Distribución del tipo de trabajo por obrero del R1	68
Figura 16 — Distribución por tipos de trabajo partida de concreto del R2	71
Figura 17 — Distribución del tipo de trabajo por obrero del R2	72
Figura 18 — Optimización por tipo de trabajo en partida de encofrado	75
Figura 19 — Tipo de trabajo en partida de vaciado de concreto.....	76
Figura 20 — Cuadro Comparativo del TP en partida de encofrado	77
Figura 21 — Cuadro comparativo de TP en partida de vaciado de concreto.....	79
Figura 22 — Comparación del % de TP entre los reservorios 1 y 2	80
Figura 23 — Cuadro comparativo del TNC en partida de encofrado	81
Figura 24 — Comparación de TNC en partida de vaciado de concreto.....	83
Figura 25 — Comparación del % de TNC entre los reservorios 1 y 2.....	84
Figura 26 — Histograma de TNC en partida de encofrado.....	85
Figura 27 — Distribución normal de TNC en partida de encofrado	86
Figura 28 — Histograma de TNC en partida de concreto	87
Figura 29 — Distribución normal de TNC en partida de concreto	88
Figura 30 — Diagrama de flujo de la partida encofrado	120
Figura 31 — Datos de la partida de encofrado reservorio 1.....	122



Figura 32 — Distribución general de la partida de encofrado en R1	123
Figura 33 — Distribución de TP en partida de encofrado reservorio Ccotoma	123
Figura 34 — Distribución de TC en partida de encofrado, reservorio Ccotoma.....	124
Figura 35 — Distribución de TNC en partida de encofrado, reservorio Ccotoma.....	124
Figura 36 — Distribución de trabajo por obrero	125
Figura 37 — Distribución del tiempo del operario 1 en encofrado, reservorio Ccotoma	126
Figura 38 — Distribución del tiempo del operario 2 en encofrado, reservorio Ccotoma	126
Figura 39 — Distribución del tiempo del operario 3 en encofrado, reservorio Ccotoma	127
Figura 40 — Distribución del tiempo del oficial 1 en encofrado, reservorio Ccotoma	127
Figura 41 — Distribución del tiempo del oficial 2 en encofrado, reservorio Ccotoma	128
Figura 42 — Distribución del tiempo del oficial 3 en encofrado, reservorio Ccotoma	128
Figura 43 — Datos de encofrado en reservorio Crusmocco	140
Figura 44 — Distribución general, partida de encofrado en reservorio Crusmocco	140
Figura 45 — Distribución de TP en partida de encofrado, reservorio Crusmocco.	141
Figura 46 — Distribución de TC en partida de encofrado, reservorio Crusmocco.....	141
Figura 47 — Distribución de TNC en partida de encofrado, reservorio Crusmocco.....	142
Figura 48 — Distribución de trabajo por obrero	142
Figura 49 — Distribución del tiempo del operario 1 en encofrado, reservorio Crusmocco ..	143
Figura 50 — Distribución del tiempo del operario 2 en encofrado, reservorio Crusmocco ..	144
Figura 51 — Distribución del tiempo operario 3 en encofrado, reservorio Crusmocco.	144
Figura 52 — Distribución del tiempo del oficial 1 en encofrado, reservorio Crusmocco	144
Figura 53 — Distribución del tiempo del oficial 2 en encofrado, reservorio Crusmocco	145
Figura 54 — Distribución del tiempo del oficial 4 en encofrado, reservorio Crusmocco	145
Figura 55 — Cuadro comparativo por tipo de trabajo, partida de encofrado.....	150
Figura 56 — Cuadro comparativo de trabajo productivo en partida de encofrado	151
Figura 57 — Cuadro comparativo del trabajo contributivo, partida de encofrado	153
Figura 58 — Cuadro comparativo de TNC en partida de encofrado.....	154
Figura 59 — Diagrama de flujo de la partida.....	157
Figura 60 — Datos de concreto del reservorio Ccotoma	159
Figura 61 — Distribución general de la partida de concreto, reservorio Ccotoma.....	160
Figura 62 — Distribución de TP en partida de concreto, reservorio Ccotoma	160
Figura 63 — Distribución de TC en partida de concreto, reservorio Ccotoma.....	161
Figura 64 — Distribución de TNC en partida de concreto, reservorio Ccotoma.....	161
Figura 65 — Distribución de trabajo por obrero	162
Figura 66 — Distribución del tiempo de operario 1 en concreto, reservorio Ccotoma	163

Figura 67 — Distribución del tiempo de operario 2 en concreto, reservorio Ccotoma	163
Figura 68 — Oficial 1 en partida de concreto, reservorio Ccotoma.....	163
Figura 69 — Peón 1 en partida de concreto reservorio Ccotoma.....	164
Figura 70 — Peón 2 en partida de concreto en reservorio Ccotoma.....	164
Figura 71 — Peón 3 en partida de concreto reservorio Ccotoma.....	164
Figura 72 — Peón 4 en partida de concreto, reservorio Ccotoma.....	165
Figura 73 — Peón 5 en partida de concreto, reservorio Ccotoma.....	165
Figura 74 — Peón 6 en partida de concreto, reservorio Ccotoma.....	165
Figura 75 — Peón 7 en partida de concreto, reservorio Ccotoma.....	166
Figura 76 — Peón 8 en partida de concreto, reservorio Ccotoma.....	166
Figura 77 — Peón 9 en partida de concreto reservorio Ccotoma.....	166
Figura 78 — Peón 10 en partida de concreto en reservorio Ccotoma.....	167
Figura 79 — Peón 11 en partida de concreto reservorio Ccotoma.....	167
Figura 80 — Datos de concreto en reservorio Crusmocco.....	179
Figura 81 — Distribución general en partida de concreto, reservorio Crusmocco	179
Figura 82 — Distribución de TP en partida concreto, reservorio Crusmocco	180
Figura 83 — Distribución de TC en partida de concreto, reservorio Crusmocco	180
Figura 84 — Distribución de TNC en partida de concreto, reservorio Crusmocco	181
Figura 85 — Distribución de trabajo por obrero	182
Figura 86 — Operario 1 en partida de concreto, reservorio Crusmocco.....	183
Figura 87 — Operario 2 en partida de concreto, reservorio Crusmocco.....	183
Figura 88 — Oficial 1 en partida de concreto, reservorio Crusmocco.....	183
Figura 89 — Peón 2 en partida de concreto en reservorio Crusmocco	184
Figura 90 — Peón 4 en partida de concreto, reservorio Crusmocco.....	184
Figura 91 — Peón 5 en partida de concreto, reservorio Crusmocco.....	184
Figura 92 — Peón 8 en partida de concreto reservorio Crusmocco.....	185
Figura 93 — Peón 9 en partida de concreto, reservorio Crusmocco.....	185
Figura 94 — Peón 10 en partida de concreto en reservorio Crusmocco	185
Figura 95 — Peón 11 en partida de concreto, reservorio Crusmocco.....	186
Figura 96 — Cuadro comparativo por tipo de trabajo, partida de vaciado de concreto.....	192
Figura 97 — Cuadro Comparativo en TP partida, vaciado de concreto.....	193
Figura 98 — Cuadro comparativo en TC en la partida de vaciado de concreto.....	195
Figura 99 — Comparación de TNC en la partida de vaciado de Concreto	196
Figura 100 — APU encofrado y desencofrado de reservorio, según el expediente técnico ..	197
Figura 101 — APU concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en reservorio, según el expediente técnico ..	198

Figura 102 — APU partida de encofrado y desencofrado de reservorio Ccotoma	199
Figura 103 — APU partida de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en reservorio Ccotoma	199
Figura 104 — APU partida de encofrado y desencofrado de reservorio Crusmocco	200
Figura 105 — APU partida de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en reservorio Crusmocco	201
Figura 106 — Costo de las partidas de encofrado y concreto según expediente técnico	201
Figura 107 — Costo total de la ejecución de las partidas de encofrado y concreto actual ...	202
Figura 108 — Validación de instrumentos Dr. Pablo Alfonso López Chau Nava.....	204
Figura 109 — Validación de instrumentos Ing. Guido Vásquez Zúñiga CIP. 227819	206
Figura 110 — Validación de instrumentos Ing. Alber Ilaita Pacori CIP. 266080.....	208
Figura 111 — Validación de instrumentos Ing. Pablo P. Huamanchumo G. CIP.76161	210
Figura 112 — Validación de instrumentos Ing. Luz. M Vargas Tapia CIP.314475	212
Figura 113 — Histograma de TNC de la partida de encofrado.....	215
Figura 114 — Distribución Normal de TNC de la partida de encofrado	215
Figura 115 — Comparación de medias y 95% de intervalo de confianza de Tukey HSD	217
Figura 116 — Gráfico de caja y bigotes para TNC, partida de encofrado	217
Figura 117 — Histograma de TNC en partida de concreto	220
Figura 118 — Distribución normal de TNC en partida de concreto	220
Figura 119 — Probabilidad normal de TNC en partida de concreto.....	220
Figura 120 — Comparación de medias y 95% de intervalo de confianza de Tukey HSD	222
Figura 121 — Gráfico de caja y bigotes para TNC en partida de concreto	222
Figura 122 — Trabajos de encofrados en el reservorio Ccotoma, vista lateral.....	224
Figura 123 — Trabajos de encofrados en el reservorio Ccotoma, vista frontal.....	224
Figura 124 — Trabajos de vaciado de concreto reservorio Ccotoma	225
Figura 125 — Trabajos de encofrados reservorio Crusmocco vista lateral	225
Figura 126 — Trabajos de encofrado reservorio Crusmocco vista lateral	226
Figura 127 — Trabajos de encofrado reservorio Crusmocco vista superior	226
Figura 128 — Trabajos de vaciado de concreto reservorio Crusmocco.....	227
Figura 129 — Trabajos de encofrado reservorio Crusmocco vista posterior.....	227
Figura 130 — Implementación de la metodología lean construction.....	228
Figura 131 — Implementación de las mejoras continuas después del primer registro	228
Figura 132 — Trabajos de encofrado reservorio Crusmocco vista posterior.....	229
Figura 133 — Trabajos de encofrado reservorio Crusmocco.....	229
Figura 134 — Certificado de aplicación de tesis.....	230
Figura 135 — Declaratoria de originalidad del autor.....	231
Figura 136 — Autorización de consentimiento para realizar la investigación.....	232

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

TP	— Trabajo Productivo
TC	— Trabajo Contributorio
TNC	— Trabajo No Contributorio
LC	— Lean Construction
IGLC	— Internacional Group for Lean Construction
LCI	— Lean Construction
CB	— Cartas Balance
LSP	— Last Planner System
BIM	— Building Information Modeling
MO	— Mano de Obra
ET	— Expediente Técnico
CAPECO	— Cámara Peruana de la Construcción
INFOBRAS	— Sistema de Información de Obras Públicas
CIP	— Colegio de Ingenieros del Perú
ANOVA	— Análisis de Varianza
SNC	— Sistema Nacional de Control
UNAMBA	— Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac
VRINV	— Vice Rectorado de Investigación
RD	— Resolución Directoral
APU	— Análisis de Precio Unitarios
R.1	— Reservorio Ccotoma
R.2	— Reservorio Crusmocco

INTRODUCCIÓN

La construcción del reservorio Crusmocco en Oropesa enfrenta serios desafíos debido a ineficiencias en la gestión de recursos. Según la última valorización, el proyecto ha alcanzado un avance físico del 45% y un avance financiero del 75%, restando solo dos meses para la culminación del plazo previsto. Si el proyecto no se completa dentro de este tiempo, será necesario extender el plazo de ejecución, lo que incrementará los costos y afectará negativamente a la comunidad local, que depende críticamente de esta obra para garantizar un suministro confiable y sostenido de agua.

El objetivo de esta investigación fue analizar la influencia de la implementación de la herramienta carta balance en la mejora de la productividad y optimización de recursos en las partidas de encofrado y concreto. El estudio adoptó un enfoque cuantitativo con un diseño preexperimental y longitudinal, seleccionando una muestra representativa de trabajadores involucrados. En total, se incluyó a 6 trabajadores en la partida de encofrado y 14 en la de concreto, ajustando posteriormente el número a 10 trabajadores para la partida de concreto.

La investigación se fundamenta en los principios de Lean Construction y en la aplicación de cartas balance, que promueven una gestión eficiente de recursos y reducen actividades no productivas. Los resultados obtenidos reflejan un aumento significativo en el índice de productividad (IP) y una considerable reducción del tiempo dedicado a trabajos no contributivos.

Los principales resultados mostraron que, tras implementar la carta balance, el IP en la partida de encofrado alcanzó 2.73, lo que representa un aumento del 173% respecto a lo esperado, con una optimización del 44.83%. En concreto, el IP se incrementó a 2.53, superando las expectativas iniciales en un 153%, con una optimización del 20.48%. Además, se observó una disminución significativa en el tiempo dedicado a trabajos no contributivos: en encofrado, este tiempo se redujo un 18% (del 32% al 14%), mientras que en concreto fue del 12% (del 30% al 18%). El análisis estadístico confirmó que estos resultados son significativos, validando así el impacto positivo de la intervención.

En conclusión, la implementación de la carta balance demostró ser una estrategia eficaz para mejorar la productividad y optimizar recursos en las partidas estudiadas. Las mejoras en el IP, la reducción de trabajos no contributivos (TNC), el aumento del rendimiento diario de las



cuadrillas y la optimización de costos subrayan el valor de esta herramienta dentro del enfoque Lean Construction. Estos hallazgos proporcionan una base sólida para replicar este modelo en futuros proyectos de infraestructura.



RESUMEN

La presente investigación responde a la necesidad de mejorar la eficiencia en la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023, en un contexto marcado por ineficiencias en la gestión de recursos y tiempos prolongados de ejecución. El objetivo principal fue determinar cómo la implementación de cartas balance influye en el incremento del índice de productividad (IP) en las partidas de encofrado y concreto. Se utilizó una metodología de enfoque cuantitativo con un diseño preexperimental longitudinal. La población estuvo constituida por los trabajadores de las partidas mencionadas, y la muestra incluyó a 6 trabajadores en encofrado y 14 en concreto, que se ajustó posteriormente a 10 para la partida de concreto. Teóricamente, la investigación se basó en los principios de Lean Construction y la aplicación de cartas balance. Los principales resultados indicaron que, en la partida de encofrado, el IP aumentó a 2.73, un 173% más de lo esperado, con una optimización del 44.83%. En la partida de concreto, el IP alcanzó 2.53, superando en un 153% las expectativas, con una optimización del 20.48%. Se verificó, además, una reducción significativa del tiempo dedicado a trabajos no contributivos, disminuyendo un 18% en encofrado y un 12% en concreto. Finalmente, la implementación de cartas balance generó un ahorro total de S/ 31,109.40, equivalente al 21.66% de costos proyectados. se concluye que la implementación de cartas balance resulta eficaz para mejorar la productividad y optimizar recursos en la construcción de infraestructuras.

Palabras clave: *cartas balance, concreto, encofrado, índice de productividad,*



ABSTRACT

This research addresses the need to improve efficiency in the construction of the Crusmocco reservoir in Oropesa - 2023, within a context marked by resource management inefficiencies and prolonged execution times. The main objective was to assess how the implementation of balance charts affects the productivity index (IP) in formwork and concrete tasks. A quantitative approach with a pre-experimental longitudinal design was used. The population consisted of workers from the mentioned tasks, and the sample included 6 workers in formwork and 14 in concrete, which was later adjusted to 10 for the concrete tasks. Theoretically, the research was based on the principles of Lean Construction and the application of balance scorecards. The main results indicated that in the formwork task, the PI increased to 2.73, 173% more than expected, with a 44.83% optimization. In the concrete task, the PI reached 2.53, surpassing expectations by 153%, with a 20.48% optimization. Additionally, a significant reduction in the time dedicated to non contributory work was verified, decreasing by 18% in formwork and 12% in concrete. Finally, the implementation of balance scorecards generated total savings of S/ 31,109.40, equivalent to 21.66% of the projected costs. The study concludes that the implementation of balance scorecards proves effective in improving productivity and optimizing resources in infrastructure construction.

Keywords: *balance charts, concrete, formwork, productivity index*



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

El sector de la construcción enfrenta desafíos significativos en términos de productividad a nivel mundial. Según estudios del McKinsey Global Institute, la productividad en la construcción ha crecido solo un 1% anual en las últimas dos décadas, en comparación con un 2,8% en la economía mundial. Este bajo crecimiento se atribuye a la falta de adopción de tecnologías modernas y a la ineficiencia en la gestión de proyectos. Las actividades de encofrado y concreto son especialmente críticas, ya que representan una parte considerable del tiempo y los costos en los proyectos de construcción.

La implementación de herramientas de gestión como las cartas balance ha sido propuesta como una solución para mejorar la productividad en la construcción. Estas herramientas permiten una mejor planificación y control de los recursos, reduciendo los tiempos de espera y optimizando la secuencia de actividades. Sin embargo, su adopción ha sido limitada debido a la resistencia al cambio y a la falta de capacitación adecuada en el uso de estas técnicas.

Un estudio realizado por la Universidad de Stanford en 2021 mostró que los proyectos que utilizan cartas balance lograron una reducción del 15% en los tiempos de ciclo y un ahorro del 10% en los costos de construcción. Estos resultados indican un potencial significativo para mejorar la productividad en la construcción a través de la aplicación de metodologías de gestión más avanzadas.

En Perú, el sector de la construcción ha enfrentado retos importantes relacionados con la productividad y el rendimiento. Según la Contraloría General de la República, muchos proyectos de infraestructura presentan retrasos significativos y sobrecostos. En 2022, más del 40% de los proyectos supervisados presentaron retrasos y un 30% experimentaron incrementos en el presupuesto original. A diciembre de 2023, en Perú existen 2,298 obras



paralizadas (INFOBRAS), de las cuales el 55% corresponde a la modalidad de ejecución por administración directa, principalmente en municipalidades provinciales y distritales, y el 45% restante por contrata, con un costo total de más de S/ 26 mil millones. Se necesitarían más de S/ 13 mil millones para concluir las.

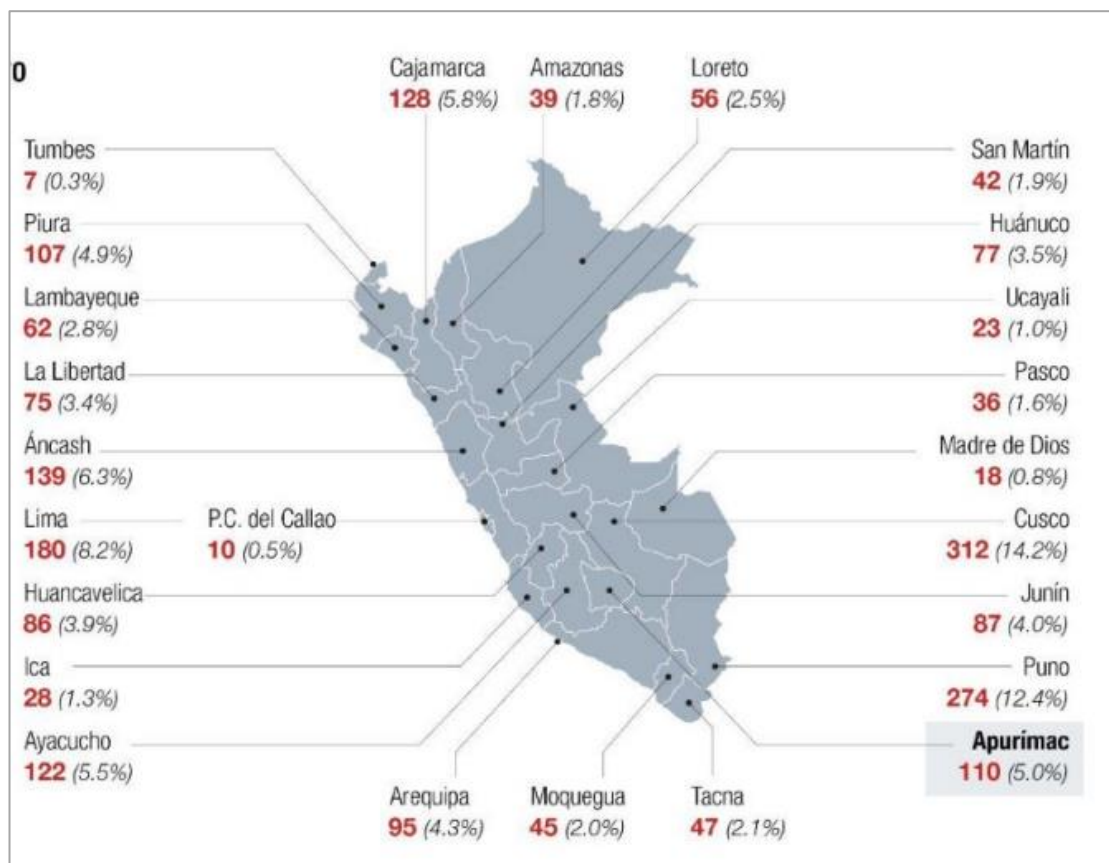


Figura 1 — Regiones con mayor número de obras paralizadas

Nota: La figura muestra las regiones con mayor número de obras paralizadas en Perú, destacando los valores por departamento. Fuente: Contraloría General de la República, reporte de obras paralizadas a diciembre de 2023.

Extraído de: Contraloría General de la República, reporte de obras paralizadas en el territorio nacional a diciembre 2023 - 0001-2024-CG/SNC

Las principales causas de las paralizaciones incluyen:

- **Deficiencias en el expediente técnico:** Alrededor del 22.4% de las obras, equivalente a 515 proyectos, se paralizan por problemas en el expediente técnico, que incluyen cálculos deficientes de rendimiento y productividad.
- Incumplimientos de contrato, falta de recursos financieros y liquidez, controversias y arbitrajes, abandono de obras, entre otros.

Estas obras paralizadas no solo representan un costo total de S/ 26 mil millones, sino que también tienen un impacto negativo en el desarrollo económico y social del país. La falta de avance en la ejecución física de estas obras afecta directamente a la población que depende de estos proyectos para mejorar su calidad de vida.

El informe del BANCO MUNDIAL destaca que la mejora de la productividad en la construcción podría contribuir significativamente al crecimiento económico del Perú. Estima que un aumento del 1% en la productividad del sector podría incrementar el PIB en un 0,2%. Por lo tanto, adoptar metodologías de gestión más eficientes, como las cartas balance, no solo beneficiaría a los proyectos individuales, sino también a la economía nacional en general.

En la región de Apurímac, la construcción de infraestructura enfrenta desafíos significativos debido a las condiciones geográficas y la disponibilidad limitada de recursos. La falta de planificación adecuada y el uso ineficiente de los recursos han llevado a retrasos y sobrecostos en numerosos proyectos, como el reservorio Crusmocco en Oropesa, cuya finalización es crucial para la gestión del agua y el bienestar de la comunidad.

Además, la competencia creciente entre las empresas ha obligado a reducir costos y aumentar la productividad, pero estas innovaciones aún no se han adoptado completamente en Apurímac. Las empresas locales enfrentan problemas como la selección de mano de obra no calificada, la elección de insumos y equipos basados solo en el precio, la mala comunicación de la información y la falta de supervisión adecuada. Estas deficiencias resultan en una baja productividad y rendimiento en las construcciones.

En Apurímac, según el Sistema de Información de Obras Públicas (INFOBRAS), hay 110 obras paralizadas con un costo total de S/ 755 millones y un saldo pendiente de S/ 235 millones para su finalización. La mayoría de estas obras están detenidas debido a incumplimientos de contrato y deficiencias en el expediente técnico, como cálculos deficientes de rendimiento y productividad.

		0	%	C	%	S	%
POR NIVEL DE GOBIERNO	G. Nacional	14	13%	S/ 224	30%	S/ 63	27%
	G. Regional	16	14%	S/ 289	38%	S/ 92	39%
	G. Local	80	73%	S/ 242	32%	S/ 80	34%
	Total general	110	100%	S/ 755	100%	S/ 235	100%
POR SECTOR	Transportes y comunicaciones	31	28%	S/ 141	19%	S/ 50	21%
	Educación	23	21%	S/ 116	15%	S/ 35	15%
	Vivienda, construcción y saneamiento	14	13%	S/ 135	18%	S/ 32	14%
	Agricultura	12	11%	S/ 46	6%	S/ 12	5%
	Salud	5	5%	S/ 216	29%	S/ 51	22%
	Energía y minas	4	4%	S/ 15	2%	S/ 11	5%
	Otras infraestructuras	21	19%	S/ 86	11%	S/ 44	19%
	Total general	110	100%	S/ 755	100%	S/ 235	100%

Figura 2 — Obras paralizadas en la región de Apurímac por nivel de gobierno y por sector

Nota: La figura muestra el número de obras paralizadas en Apurímac según el nivel de gobierno y sector, junto con los montos económicos correspondientes.

Extraído de: Sub gerencias de seguimiento y evaluación del SNC (Infobras)

		0	%	C	%	S	%
POR MODALIDAD	Administración directa	75	68%	S/ 244	32%	S/ 109	47%
	Por Contrata	35	32%	S/ 510	68%	S/ 125	53%
	Total general	110	100%	S/ 755	100%	S/ 235	100%
POR PROVINCIA	Abancay	27	25%	S/ 89	12%	S/ 18	8%
	Cotabambas	23	21%	S/ 236	31%	S/ 65	28%
	Andahuaylas	22	20%	S/ 299	40%	S/ 111	48%
	Chincheros	18	16%	S/ 72	9%	S/ 28	12%
	Aymaraes	8	7%	S/ 22	3%	S/ 6	2%
	Antabamba	6	5%	S/ 21	3%	S/ 3	1%
	Grao	6	5%	S/ 16	2%	S/ 4	1%
	Total general	110	100%	S/ 755	100%	S/ 235	100%

Figura 3 — Obras paralizadas en la región de Apurímac por modalidad y por provincia

Nota: La figura muestra la distribución de obras paralizadas en Apurímac por modalidad y provincia, destacando porcentajes y montos económicos involucrados.

Extraído de: Sub gerencias de seguimiento y evaluación del SNC (Infobras)

Las principales causas de las paralizaciones incluyen:

- **Deficiencias en el expediente técnico:** Problemas como cálculos deficientes de rendimiento y productividad son comunes.

Estas obras paralizadas no solo representan un costo total de S/ 755 millones, sino que también tienen un impacto negativo en el desarrollo económico y social de la región. La falta de avance en la ejecución física de estas obras afecta directamente a la población que depende de estos proyectos para mejorar su calidad de vida.

La implementación de cartas balance no solo mejoraría la productividad en términos de tiempo y costo, sino que también tendría un impacto positivo en la calidad de vida de la población local al acelerar la finalización del reservorio, lo que garantizaría un suministro de agua más rápido y confiable para la comunidad. Además, la reducción de los tiempos de ejecución puede disminuir las molestias y riesgos asociados con una obra prolongada, como el ruido, el polvo y la ocupación de vías, mejorando así las condiciones de vida diarias de los habitantes cercanos. También serviría como un modelo para otros proyectos en la región, demostrando cómo una mejor gestión de los recursos y una planificación eficiente pueden llevar a resultados más exitosos. La capacitación de los trabajadores locales en estas técnicas también contribuiría a desarrollar una fuerza laboral más calificada, capaz de enfrentar los desafíos futuros del sector de la construcción en Apurímac.

En nuestro medio, no se difunde ampliamente la importancia del rendimiento y la productividad en las partidas mencionadas ni se mide adecuadamente el tiempo real de trabajo de la mano de obra en este sector. Por ello, es esencial evaluar y estudiar el rendimiento y la productividad del personal en la construcción del reservorio Crusmocco para mejorar los procesos y resultados en la región de Apurímac.

1.2 Enunciado del problema

1.2.1 Problema general

¿Cómo influye la implementación de cartas balance en el índice de productividad en las partidas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cómo influye la implementación de cartas balance en el tiempo dedicado a trabajos productivos (TP) en las partidas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023?
- ¿Como reduce la implementación de cartas balance el tiempo dedicado a trabajos no contributivos (TNC) en las partidas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023?
- ¿Cómo influye la implementación de cartas balance en el rendimiento diario de las cuadrillas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023?



- ¿Como reduce la implementación de cartas balance en el costo de las partidas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023?

1.2.3 Justificación de la investigación

Aspectos Metodológicos

La investigación utilizó un enfoque cuantitativo, analizando datos recopilados durante la implementación de las cartas balance en las partidas de encofrado y concreto. Se realizaron estudios comparativos entre los rendimientos y costos antes y después de la implementación de la herramienta, utilizando técnicas estadísticas para demostrar la validez de los resultados.

Aspectos Prácticos

En el ámbito práctico, se espera que la implementación de las cartas balance optimice los procesos de construcción, reduciendo los tiempos de ejecución y los costos asociados. Esto tendrá un impacto directo en la eficiencia de la obra, mejorando la productividad de los trabajadores y la calidad del proyecto en general.

Aspectos Sociales

La mejora en la eficiencia de la construcción del reservorio Crusmocco beneficiará a la comunidad local al asegurar la disponibilidad de agua con mayor rapidez y menor costo. Además, el incremento en la productividad puede traducirse en mejores condiciones laborales para los trabajadores, al reducir el estrés y la carga de trabajo asociada con tiempos prolongados de construcción.

Aspectos Teóricos

Desde una perspectiva teórica, la investigación contribuirá al conocimiento sobre la aplicación de las cartas balance en proyectos de construcción, proporcionando evidencia empírica sobre su efectividad. Esto permitirá desarrollar nuevas teorías y modelos para la optimización de procesos constructivos mediante herramientas de gestión específicas.

Gravedad del Problema



La ineficiencia en los procesos de encofrado y concreto representa un problema significativo en la construcción del reservorio Crusmocco, manifestándose en altos costos y tiempos prolongados. Este problema afecta no solo a los contratistas y trabajadores, sino también a la comunidad local, que depende de la pronta finalización del proyecto para asegurar su abastecimiento de agua. La necesidad de estudiar y solucionar este problema es urgente, dado su impacto social y económico.

Importancia de la Investigación

Esta investigación es crucial, ya que busca abordar un problema tangible y recurrente en la construcción de infraestructuras críticas. La implementación de las cartas balance podría revolucionar la manera en que se gestionan los proyectos de construcción, mejorando la eficiencia y reduciendo los costos. Esto no solo beneficiará a la obra en cuestión, sino que puede servir como modelo para futuros proyectos similares.

Originalidad de la Investigación

La aplicación de las cartas balance (bajo el enfoque de Lean Construction) en la construcción de un reservorio es una práctica novedosa y aún no explorada en profundidad en la región de Apurímac, por lo que no existen antecedentes a nivel local. Esta investigación se distingue por ser una de las primeras en abordar esta problemática específica, combinando teoría y práctica de manera original y relevante.

Aportes Científicos

La investigación valida la herramienta carta balance en un contexto de construcción, proporcionando datos empíricos que mejoran las teorías de gestión de proyectos. Analizar la variación entre rendimientos proyectados y ejecutados ayuda a evitar costos y retrasos innecesarios. Esto permite a los proyectistas optimizar recursos financieros y aumentar la productividad, generando un uso más eficiente del presupuesto y mayor rentabilidad del proyecto. Una planificación precisa reduce trabajos no productivos, mejorando así la eficiencia general.



CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivos de la investigación

2.1.1 Objetivo general

Determinar la influencia de la implementación de cartas balance en el índice de productividad en las partidas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023

2.1.2 Objetivos específicos

- Determinar la influencia de la implementación de cartas balance en el tiempo dedicado a trabajos productivos (TP) en las partidas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa – 2023
- Determinar la reducción de la implementación de cartas balance del tiempo dedicado a trabajos no contributivos (TNC) en las partidas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa – 2023
- Determinar la influencia de la implementación de cartas balance en el rendimiento diario de las cuadrillas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa – 2023
- Determinar la reducción de la implementación de cartas balance en el costo en las partidas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023

2.2 Hipótesis de la investigación

2.2.1 Hipótesis general

La implementación de cartas balance influye significativamente en el índice de productividad en las partidas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023



2.2.2 Hipótesis específicas

- La implementación de cartas balance influye significativamente en el tiempo dedicado a trabajos productivos (TP) en las partidas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa – 2023
- La implementación de cartas balance reduce significativamente el tiempo dedicado a trabajos no contributivos en las partidas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa – 2023
- La implementación de cartas balance influye significativamente en el rendimiento diario de las cuadrillas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa – 2023
- La implementación de cartas balance reduce significativamente los costos de las partidas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023

2.3 Operacionalización de variables

2.3.1 Variable independiente

Es un fenómeno que se manipula u observa para probar su efecto sobre una variable dependiente. Esta variable es de interés para el investigador porque se considera una de las posibles causas del efecto esperado. Para probar esta relación de causa y efecto, el investigador manipula la variable independiente y observa si la variable dependiente cambia (HERNÁNDEZ y MENDOZA, 2018, p. 154).

2.3.2 Variable dependiente

Es un factor que se ve influenciado por la manipulación de la variable independiente y se mide para evaluar su efecto. Esta variable no se manipula directamente, pero sus resultados se observan después de modificar la variable independiente (HERNÁNDEZ y MENDOZA, 2018, p. 153).



Tabla 1 — Operacionalización de las variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Escala de medición
Variable Independiente: cartas balance						
cartas balance	La carta balance es una herramienta de gestión y planificación de proyectos utilizada en la construcción para equilibrar y optimizar el uso del tiempo y los recursos en diversas actividades. Esta herramienta permite identificar y eliminar actividades no productivas, mejorar la coordinación entre las diferentes tareas y asegurar que los recursos se utilicen de manera eficiente. Las cartas balance son especialmente útiles en proyectos de construcción donde la sincronización de tareas resulta crucial para cumplir con los plazos y garantizar la eficiencia general del proyecto (KOSKELA, 1992).	Para la investigación en la construcción del Reservorio Crusmocco - Oropesa, 2023, la implementación de las cartas balance se medirá mediante la observación y análisis de su uso en el control de tiempos y actividades. Se evaluará la eficacia de las cartas balance en la reducción de actividades no productivas y en la optimización de recursos a través de: La cantidad de tiempo dedicado a actividades productivas. La cantidad de tiempo dedicado a actividades contributivas. La cantidad de tiempo dedicado a actividades no productivas.	Trabajos realizados durante el proceso constructivo	Trabajo Productivo Trabajo Contributivo Trabajo No Contributivo	Observación directa en campo, fotografías, revisión de documentos.	Minutos (min.)
Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Escala de Medición
Variable Dependiente: Índice de productividad						
Tiempo dedicado a (TP)	El índice de productividad se refiere al trabajo que contribuye de manera directa a la producción. Ejemplo de ello son actividades como la colocación de paneles y el vaciado de concreto, entre otras (GHIO, 2001, p. 23).	El tiempo dedicado a trabajos productivos se refiere a la cantidad de horas efectivas empleadas en actividades que generan valor directo al proyecto.	Tiempo Productivo en partida de encofrado	Porcentaje de TP partida de encofrado	Observaciones directas, Formatos de cartas balance Observaciones directas, Formatos de recolección de datos	Porcentaje (%)
			Tiempo Productivo partida de concreto	Porcentaje de TP partida de concreto		

Tiempo dedicado a (TNC)	cualquier actividad que no genera valor se clasifica directamente como una pérdida. Estas son actividades innecesarias que implican un costo, pero no aportan valor al proyecto (GHIO, 2001, p. 23).	El tiempo dedicado a actividades no productivas se refiere a las horas invertidas en actividades que no aportan valor directo al proyecto, como esperas, retrasos o tareas innecesarias que generan costos sin contribuir al avance productivo de la obra.	Tiempo No Contributorio en partida de encofrado	Porcentaje de TNC en partida de encofrado		Porcentaje (%)
			Tiempo No Contributorio en partida de concreto	Porcentaje de TNC en partida de concreto		
Rendimiento diario	El rendimiento en la construcción se refiere a la capacidad de completar una cantidad específica de trabajo dentro de un periodo determinado utilizando los recursos disponibles. Este concepto no solo incluye la cantidad de trabajo realizado, sino también la eficiencia con la que se utilizan los recursos, como la mano de obra, los materiales y el tiempo. El objetivo es maximizar la productividad minimizando el desperdicio y los tiempos de inactividad (ALARCÓN y MOLENAAR, 2020).	El rendimiento en las partidas de encofrado y concreto se evaluará en función de la cantidad de trabajo realizado (metros cuadrados de encofrado instalado, metros cúbicos de concreto vaciado) en relación con el tiempo y los recursos utilizados. Los datos se recogerán mediante observaciones directas y análisis de informes de producción diaria.	Rendimiento en partida de encofrado	Cantidad de Trabajo Realizado por Unidad de Tiempo en partida de encofrado	Formatos de recolección de datos, observaciones en campo	m2/día
			Rendimiento en partida de concreto	Cantidad de Trabajo Realizado por Unidad de Tiempo en partida de concreto		m3/día
Reducción de Costos	El costo en un proyecto se refiere al valor monetario total de los recursos empleados para ejecutar todas las actividades necesarias para completar el proyecto. Incluye costos directos e indirectos relacionados con materiales, mano de obra, equipos y otros insumos (KERZNER, 2017).	El costo de las partidas de un proyecto se refiere al monto específico asignado y gastado en cada componente o actividad individual dentro del proyecto. Este costo se evaluará en función de su presupuesto planificado y su ejecución real, para asegurar el control financiero y la eficiencia del proyecto en su conjunto.	Costo de la partida de encofrado	Costo total en partida de encofrado	Registros contables y presupuestarios	Monetaria (soles)
			Costo de la partida de concreto	Costo total en partida de concreto		Monetaria (soles)

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

3.1 Antecedentes

Internacionales

- a) BIGWANTO, A., WIDAYATI, N., WIBOWO, M.A., y SARI, E.M. (2024) realizaron un estudio titulado *"Key Performance Indicators (KPI) to Measure Effectiveness of Lean Construction in Indonesian Projects."* Este estudio tuvo como objetivo desarrollar y aplicar indicadores clave de rendimiento (KPI) para medir la efectividad de la implementación de las cartas balance en proyectos de construcción en Indonesia.

La investigación se centró en la evaluación de la reducción de desperdicios y el aumento de la productividad en proyectos que adoptaron Lean Construction. La metodología incluyó tanto métodos cualitativos como cuantitativos para recopilar y analizar datos de varios proyectos. Los resultados cuantitativos mostraron que la implementación de cartas balance resultó en una reducción del 15% en los desperdicios de materiales y un aumento del 20% en la productividad en los sitios de construcción. Además, se observó una mejora del 10% en la eficiencia del uso de recursos, lo que demuestra la efectividad de los KPIs desarrollados.

Las principales conclusiones del estudio indicaron que los KPIs son herramientas valiosas para monitorear y mejorar la efectividad de Lean Construction, y que la adopción de estas prácticas puede llevar a mejoras significativas en la productividad y la reducción de desperdicios en la construcción.

- b) HOSSAIN et al. (2020) realizaron un estudio con el objetivo de revisar el impacto de la impresión 3D en la construcción y su influencia en el mercado laboral, con especial énfasis en la productividad y la reducción de costos laborales. La población de estudio incluyó diversos proyectos de construcción en los que se estaba implementando la tecnología de impresión 3D a nivel global. Aunque no se mencionó un número específico de proyectos, la investigación abarcó un amplio rango de casos y revisiones de literatura.



La metodología utilizada fue una revisión sistemática de la literatura y el análisis de estudios de casos, enfocándose en cómo la impresión 3D podría sustituir las actividades convencionales de construcción en términos de requerimientos de mano de obra, costos laborales, mejora de la productividad y efectos sobre la seguridad y salud ocupacional. La base teórica se fundamentó en los conceptos de automatización en la construcción, productividad laboral y el impacto de las nuevas tecnologías en mercados laborales altamente dependientes de mano de obra no calificada.

Los resultados mostraron que la impresión 3D en la construcción tiene el potencial de reducir significativamente el uso de mano de obra, con una disminución en los costos laborales de entre un 50% y un 80%, y una reducción en el tiempo de construcción de entre un 50% y un 70%. Además, se destacó que esta tecnología podría ayudar a resolver problemas de escasez de mano de obra, especialmente en países que dependen fuertemente de trabajadores inmigrantes en la industria de la construcción.

Las principales conclusiones del estudio indicaron que, si bien la impresión 3D podría ser beneficiosa en términos de reducción de costos y mejora de la eficiencia, también presenta desafíos significativos, especialmente en términos de reemplazo de puestos de trabajo en países donde la construcción es una de las principales fuentes de empleo. Además, se enfatizó la necesidad de contar con trabajadores con habilidades especializadas para operar y supervisar estas tecnologías, lo que podría transformar la naturaleza del empleo en el sector de la construcción.

- c) MARAQA, M.J., SACKS, R., y SPATARI, S. (2021) realizaron un estudio titulado *"Quantitative assessment of the impacts of BIM and Lean on process and operations flow in construction projects."* El objetivo de este estudio fue evaluar de manera cuantitativa los impactos de la implementación de Building Information Modeling (BIM) y Lean Construction en los procesos y flujos operativos de proyectos de construcción.

La investigación se centró en la recolección y análisis de datos de varios proyectos de construcción que implementaron ambas metodologías. La metodología empleada incluyó un enfoque cuantitativo utilizando modelos de simulación para medir la productividad y la eficiencia operativa. Los resultados mostraron que la implementación conjunta de BIM y Lean Construction resultó en una mejora del 25% en la productividad y una reducción del 30% en los tiempos de espera y actividades

no productivas. Además, el estudio cuantificó una disminución del 20% en los costos operativos totales gracias a la optimización del flujo de trabajo.

Las principales conclusiones del estudio resaltaron la importancia de la integración de BIM y Lean Construction para maximizar la eficiencia y minimizar las ineficiencias en los proyectos de construcción.

- d) PAZMIÑO (2018) realizó un estudio con el objetivo de comparar la productividad en la construcción de viviendas utilizando dos sistemas constructivos: el sistema tradicional y el sistema de muros portantes de hormigón armado. La investigación se llevó a cabo en el marco de proyectos de Vivienda de Interés Social en Ecuador, utilizando como muestra 1,389 viviendas construidas en el proyecto *Ciudad Serrana* con el sistema de muros portantes, y 262 viviendas en el proyecto *Vallermosso* con el sistema tradicional.

La metodología empleada incluyó un análisis comparativo detallado de ambos sistemas constructivos, evaluando la productividad en términos de tiempo y recursos empleados. La base teórica se sustentó en conceptos de productividad, calidad en la construcción y eficiencia en el uso de mano de obra y materiales. Como referencia, se utilizó el sistema de cartas balance para la medición de la productividad de la mano de obra en cada proyecto.

Los resultados mostraron que el sistema de muros portantes de hormigón armado permitió una mayor eficiencia en el uso de recursos, con una reducción significativa en los tiempos de construcción en comparación con el sistema tradicional. Específicamente, se observó que el sistema de muros portantes redujo el tiempo de construcción en aproximadamente un 30% en comparación con el sistema tradicional.

Las principales conclusiones del estudio destacaron que la implementación de sistemas constructivos innovadores, como el de muros portantes, es altamente beneficiosa en proyectos de construcción masiva, mejorando la productividad y optimizando los recursos empleados.

- e) MALDONADO (2018) realizó un estudio con el objetivo de analizar la productividad en la construcción mediante la utilización de la herramienta time-lapse. La investigación se centró en proyectos de construcción civil en Ecuador, utilizando una muestra de 10 obras en curso, tanto públicas como privadas.



La metodología empleada consistió en la implementación de cámaras time-lapse para registrar de manera continua las actividades en el sitio de construcción, lo que permitió un análisis detallado de los tiempos muertos, cuellos de botella y oportunidades de mejora. El estudio se basó teóricamente en conceptos de gestión de la construcción, productividad y el uso de tecnologías visuales avanzadas para el monitoreo de procesos.

Los resultados revelaron que la implementación de la herramienta time-lapse permitió identificar ineficiencias significativas en el flujo de trabajo, con una mejora potencial en la productividad de hasta un 20% cuando se aplicaron las recomendaciones derivadas del análisis.

Las principales conclusiones del estudio indicaron que la herramienta time-lapse es una herramienta efectiva y económica para mejorar la productividad en proyectos de construcción, proporcionando una visibilidad sin precedentes en los procesos constructivos y facilitando la toma de decisiones basada en datos visuales.

Nacionales

- a) TULLUME UCEDA (2019) llevó a cabo un estudio con el objetivo de mejorar la productividad en los diferentes procesos de construcción de un edificio multifamiliar en la ciudad y provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque, Perú, mediante la aplicación de la herramienta cartas balance. La población del estudio incluyó los procesos constructivos de este edificio multifamiliar, utilizando como muestra todas las partidas relevantes de encofrado, concreto y acabados.

La metodología empleada fue de tipo aplicada, con un enfoque experimental. El proceso se dividió en tres fases principales: diagnóstico inicial de la productividad utilizando datos históricos, implementación de las cartas balance para mejorar la programación y ejecución de los trabajos, y evaluación de los resultados obtenidos post implementación. La base teórica se sustentó en los principios de Lean Construction y el uso de herramientas de mejora continua en la construcción.

Los resultados revelaron una mejora significativa en la productividad del proyecto, con un aumento del 18% en la eficiencia operativa y una reducción del 12% en los tiempos muertos asociados a la espera de materiales y la descoordinación entre equipos de trabajo. Además, se logró una disminución del 15% en los costos asociados al uso ineficiente de recursos.



Las principales conclusiones indicaron que la aplicación de cartas balance es efectiva para optimizar los procesos constructivos, mejorando tanto la eficiencia como la rentabilidad de los proyectos en entornos urbanos como Chiclayo.

- b) CHAMBI PARI (2021) realizó un estudio con el objetivo de optimizar la productividad mediante la implementación de cartas balance en partidas de encofrado y concreto armado en columnas, específicamente en instituciones educativas de la región de Puno, Perú. La población del estudio estuvo compuesta por varias obras educativas en esta región, seleccionando una muestra cuantificada de proyectos en los que se implementó la metodología de cartas balance.

La metodología utilizada fue de tipo aplicada y experimental, dividiendo el proceso en tres fases: recolección de datos iniciales sobre tiempos y recursos, aplicación de la herramienta de cartas balance para la optimización, y análisis comparativo de los resultados antes y después de la intervención. La base teórica se sustentó en los principios de Lean Construction y la gestión eficiente de recursos en la construcción. Los resultados demostraron que la implementación de cartas balance logró una mejora del 20% en la productividad en las partidas de encofrado y concreto armado. Específicamente, se redujeron los tiempos de ejecución en un 15% y se optimizó el uso de los recursos materiales y humanos en un 25%.

Las principales conclusiones señalaron que la adopción de herramientas de gestión como las cartas balance es efectiva para mejorar la eficiencia operativa en proyectos de construcción, especialmente en contextos educativos en regiones con desafíos logísticos como Puno.

- c) CAPARÓ BENAVENTE y CARNERO CANALES (2021) realizaron un estudio con el objetivo de evaluar el rendimiento y la productividad en la partida de sardineles mediante el uso de una máquina extrusora de concreto optimizada en comparación con el método convencional en proyectos viales en Perú. La investigación se llevó a cabo en el contexto de un proyecto vial específico, utilizando una muestra cuantificada de segmentos de sardineles contruidos bajo ambos métodos.

La metodología empleada fue de tipo comparativo y experimental. El estudio se dividió en dos fases principales: la primera fase consistió en la recolección de datos de rendimiento y productividad utilizando el método convencional, mientras que la segunda fase evaluó estos mismos parámetros utilizando la máquina extrusora



optimizada. La base teórica del estudio se sustentó en los principios de mejora continua y optimización de procesos en la construcción.

Los resultados mostraron que el uso de la máquina extrusora de concreto optimizada incrementó la productividad en un 25% en comparación con el método convencional. Además, se observó una reducción del 18% en los tiempos de ejecución y una mejora del 15% en la calidad final de los sardineles.

Las principales conclusiones indicaron que la adopción de tecnología optimizada en la construcción de sardineles no solo mejora la productividad, sino que también contribuye a la reducción de costos y tiempos de ejecución en proyectos viales.

- d) HUAPAYA ESCUDERO y TORRES PÉREZ (2021) realizaron un estudio con el objetivo de implementar la metodología Lean Construction y herramientas de calidad para mejorar la productividad en la obra de reconstrucción y modernización de la Institución Educativa 21508, ubicada en el distrito de Imperial, provincia de Cañete, departamento de Lima, Perú. La población y muestra del estudio estuvieron constituidas por las actividades y procesos constructivos relacionados con el casco estructural de dicha institución educativa.

La metodología empleada fue de tipo aplicada, con un enfoque cuantitativo y un diseño no experimental, longitudinal y prospectivo. Se llevó a cabo un diagnóstico inicial de la productividad, seguido de la implementación de diversas herramientas de Lean Construction, como la carta balance, el Diagrama de Restricciones, el Diagrama de Flujo y el Diagrama de Ishikawa, para evaluar y mejorar la eficiencia operativa en la obra. La base teórica del estudio se sustentó en los principios de Lean Construction, enfocados en la reducción de desperdicios y la maximización del valor para el cliente.

Los resultados mostraron una mejora del 20% en el rendimiento general de la obra y un avance programado del 87% en el mes correspondiente. Además, se logró una disminución significativa en los tiempos improductivos y una mejor organización de las actividades en el sitio de construcción, lo que se reflejó en una reducción de costos y una mayor satisfacción del cliente.

Las principales conclusiones indicaron que la implementación de la metodología Lean Construction y las herramientas de calidad resultaron ser efectivas para mejorar la productividad y la eficiencia en proyectos de construcción en contextos similares. La investigación también resaltó la importancia de la planificación adecuada y el



control de calidad para asegurar el éxito de los proyectos de infraestructura educativa en el Perú.

- e) CHACÓN MONTOYA y ABANTO VARELA (2023) realizaron un estudio con el objetivo de mejorar la productividad en la obra de infraestructura educativa 133 Susana Higushi Higushi, ubicada en Matapalo, Zarumilla, Tumbes, Perú, mediante la aplicación de la carta balance. La investigación se centró en el análisis y optimización de las partidas de concreto armado, específicamente en las etapas de cimentación y estructuras de la obra.

La población del estudio incluyó las principales partidas de la obra, seleccionando una muestra representativa de las actividades de encofrado, concreto y armado de zapatas, vigas de cimentación, columnas y placas. La metodología empleada fue de tipo aplicada, con un diseño no experimental y un enfoque descriptivo y explicativo. Se recopiló y analizó información detallada sobre los tiempos de trabajo productivo, contributivo y no contributivo mediante la observación directa y la revisión documental.

Los resultados del estudio revelaron que la aplicación de la carta balance permitió una mejora significativa en la productividad de la obra, logrando un incremento del 15% en la eficiencia operativa y una reducción del 12% en los tiempos improductivos. Además, se observó una optimización en el uso de recursos, con un impacto positivo en los costos de ejecución y la calidad de las actividades constructivas.

Las principales conclusiones indicaron que la implementación de herramientas de gestión como la carta balance es efectiva para mejorar la productividad en proyectos de infraestructura educativa, y que esta metodología puede ser adaptada a otros contextos similares para optimizar los recursos y reducir los tiempos de ejecución en obras de construcción.

Local

- a) CÁRDENAS VIVANCO (2022) realizó un estudio titulado *"Lean Manufacturing para mejorar la productividad en la construcción de ambientes complementarios, Apurímac 2022."* El objetivo de este estudio fue aplicar conceptos de Lean Manufacturing para mejorar la productividad en la construcción de ambientes complementarios en la región de Apurímac. La población del estudio estuvo



constituida por diferentes obras de construcción en la región, seleccionando como muestra representativa aquellos proyectos donde se implementaron técnicas de Lean Manufacturing.

La metodología fue de tipo aplicada, con un enfoque cuantitativo. Se utilizaron técnicas como el Mantenimiento Productivo Total (TPM), 5S y otras prácticas Lean para mejorar el rendimiento de los procesos constructivos. La base teórica se fundamentó en los principios de Lean Manufacturing, que buscan eliminar desperdicios y maximizar la eficiencia en los procesos productivos.

Los resultados mostraron una mejora significativa en la productividad, logrando una reducción de los tiempos de inactividad y una optimización en el uso de recursos, lo que resultó en un incremento del 18% en la productividad total de los proyectos evaluados. Además, se observó una mejora en la calidad de los productos finales y una mayor satisfacción de los clientes.

Las principales conclusiones indicaron que la implementación de Lean Manufacturing en la construcción es una estrategia efectiva para mejorar la productividad y la eficiencia en proyectos de construcción, especialmente en regiones como Apurímac, donde los recursos pueden ser limitados y las condiciones de trabajo desafiantes.

- b) BARRIGA MIRANDA (2019) llevó a cabo un estudio titulado *"Aplicación del Sistema Last Planner en la construcción del pad de lixiviación y pozas de procesos del yacimiento minero Anama, Apurímac, Perú."* El objetivo del estudio fue mejorar la eficiencia y productividad en la construcción del pad de lixiviación utilizando el Sistema Last Planner y herramientas como la carta balance. La investigación se centró en la obra de construcción minera en Apurímac, que incluyó la construcción del pad de lixiviación, pozas pregnant (PLS), pozas intermedias (ILS) y mayores eventos (ME).

La metodología empleada fue de tipo aplicada y experimental, con un enfoque en la planificación y control de la producción a través del uso de la carta balance. La base teórica se sustentó en los principios de Lean Construction, enfocados en la eliminación de desperdicios y la mejora continua en el proceso constructivo.

Los resultados mostraron que la implementación de la carta balance y el Sistema Last Planner condujo a una mejora significativa en la productividad del proyecto, con un aumento del 22% en la eficiencia operativa y una reducción del 15% en los costos de



ejecución. Se concluyó que la carta balance es una herramienta eficaz para mejorar la planificación y el control en proyectos de construcción complejos, como los de la industria minera.

3.2 Marco teórico

3.2.1 Aspectos determinantes de los rendimientos

El rendimiento de la mano de obra se define como el tiempo que un trabajador o una cuadrilla necesita para completar una actividad específica de construcción. Este rendimiento se expresa en unidades de tiempo por unidad de cantidad de obra ejecutada. Se mide directamente en el sitio de construcción y depende de las condiciones de trabajo de cada empleado.

Según algunos autores, el rendimiento de la mano de obra en la construcción puede describirse como la relación entre la cantidad de trabajo realizado por una cuadrilla y el tiempo, en horas, requerido para realizar dicho trabajo, conocido como Construction Labor Productivity (CLP), según A. REMOLINA y L. M. POLANCO (2014).

3.2.2 Rendimiento en la industria de la construcción

La productividad se define como la relación entre la cantidad producida y los recursos empleados, o como la medida de la eficiencia con la que se gestionan los recursos para completar un producto determinado y alcanzar las metas deseadas. Consideramos que el desarrollo de los recursos humanos no debe ser tratado de manera azarosa o improvisada, sino como un proceso lógico destinado a mejorar los conocimientos, habilidades y capacidades de nuestra población.

En este sentido, coincidimos con la afirmación de POLANCO SÁNCHEZ (2009, p. 5) sobre el rendimiento de la mano de obra: *"La planificación y ejecución del presupuesto y la programación dependen en gran medida de los rendimientos de la mano de obra, ya que permiten reducir costos y tiempos de ejecución"* (POLANCO SÁNCHEZ, 2009).

3.2.3 Productividad

La productividad La productividad en la construcción se refiere a la eficiencia con la que se utilizan los recursos para producir un resultado específico, como la construcción de una estructura. Este concepto es crucial en el contexto de



proyectos de construcción debido a su impacto directo en los costos, los plazos y la calidad del trabajo realizado. Según KOSKELA (1992), la productividad puede verse influenciada por diversos factores, entre ellos la planificación, la gestión de recursos y las metodologías empleadas en el sitio de trabajo. En este sentido, la implementación de metodologías como las cartas balance, que forman parte del enfoque de Lean Construction, se ha propuesto como una herramienta efectiva para mejorar la productividad en proyectos de construcción (CASTILLO, 2013). SERPELL y VERBAL (1990) afirman que la productividad es igual a la relación entre la cantidad de bienes o servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados para producirlos. Es una medida de la eficiencia con la que se emplean los recursos disponibles, como mano de obra, capital, tecnología y materiales, para lograr una producción determinada. La productividad evalúa cuánto se produce con una cierta cantidad de insumos y, por ende, es un indicador clave del rendimiento económico y de la capacidad de una organización o economía para generar valor.

$$Productividad = \frac{\text{cantidad producida (Output)}}{\text{recursos empleados (Input)}}$$

Donde:

- **Cantidad producida (Output)**
se refiere a la cantidad de bienes y servicios producidos.
- **Recursos empleados (Input)**
se refiere a los recursos utilizados, que pueden incluir trabajo, capital, energía, materiales, entre otros.

Una mayor productividad implica que se pueden producir más bienes o servicios con la misma cantidad de recursos, o la misma cantidad de bienes o servicios con menos recursos, lo que resulta en una mayor eficiencia y, por lo general, en una reducción de costos y tiempos.

El concepto de productividad comprende tanto la eficiencia como la efectividad. La eficiencia se refiere a la relación entre la producción real obtenida y la esperada, lo que implica una buena administración de los recursos materiales, humanos y de tiempo. La efectividad, o eficacia, se centra en el logro de los

objetivos propuestos. En un entorno competitivo, alcanzar una alta productividad requiere maximizar tanto la eficiencia como la efectividad (CERDAS ESQUIVEL, 2009).

De lo anterior se deduce que la productividad es una combinación de eficiencia y efectividad, ya que la efectividad está vinculada al desempeño y la eficiencia al uso de los recursos. La productividad está relacionada con un proceso de transformación en el que se emplean recursos para producir un bien material. Estos recursos pasan por un proceso para obtener el producto final. En la construcción, los principales recursos empleados en los proyectos son materiales, mano de obra, maquinaria y equipos.

3.2.4 Índice de productividad

El índice de productividad es una medida que evalúa la eficiencia con la que se utilizan los recursos en la producción de bienes o servicios, comparando el rendimiento real con un estándar preestablecido. Según NEELY et al. (2005), el índice de productividad se define como la relación entre la salida de un proceso y la entrada necesaria para producir dicha salida, lo que permite analizar la eficiencia de las operaciones y buscar oportunidades para mejorar el rendimiento. Esta métrica es fundamental en el contexto de la gestión empresarial y la optimización de procesos, especialmente en sectores como la construcción, donde la eficiencia de los recursos y el tiempo son determinantes para el éxito de un proyecto.

3.2.5 Productividad de la mano de obra

La mano de obra es probablemente el recurso más crucial en la construcción, ya que de su desempeño depende en gran medida la productividad de otros recursos y es la que finalmente materializa los proyectos. Además, es un factor crítico debido a la imprevisibilidad del comportamiento humano. Por lo tanto, para alcanzar el éxito en un proyecto es esencial lograr altos niveles de actividad en la mano de obra. Para ello, deben estar presentes tres elementos básicos, según CERDAS ESQUIVEL (2009):

Deseo: Es crucial que los trabajadores tengan la motivación y satisfacción necesarias para realizar un buen trabajo. Esto se logra a través de la motivación y



la creación de un entorno laboral en el que el personal se sienta valorado y satisfecho.

Conocimiento: La capacitación y el entrenamiento son fundamentales para asegurar que los trabajadores posean el conocimiento necesario para llevar a cabo sus tareas de manera eficiente y con alta calidad.

Capacidad: La capacidad de realizar el trabajo de manera eficiente depende de una buena administración que debe desempeñar sus funciones de manera eficaz y eficiente, facilitando así que los trabajadores puedan cumplir con sus tareas de manera óptima.

Estos elementos son esenciales para maximizar la **productividad** de la mano de obra y, en consecuencia, de los proyectos de construcción.

3.2.6 Mejoramiento de la productividad

El mejoramiento de la productividad implica acciones y estrategias para aumentar la eficiencia y eficacia en el uso de recursos en una empresa. Estas acciones incluyen optimizar procesos, capacitar a los empleados, adoptar nuevas tecnologías, gestionar mejor el tiempo, crear un ambiente de trabajo motivador y usar métricas para monitorear el progreso. El objetivo es maximizar los resultados con los recursos disponibles, lo que conduce a mayores beneficios, satisfacción del cliente y una ventaja competitiva.

Según CERDAS ESQUIVEL (2009), para incrementar la productividad en una actividad es fundamental tener una planificación adecuada, gestionar de manera eficiente los recursos humanos, mantener un control de calidad, asegurar una comunicación efectiva entre los miembros del equipo, identificar y reducir riesgos, implementar políticas de seguridad laboral sólidas y fomentar un sentido de orgullo en el trabajo. En resumen, la productividad se logra con el esfuerzo y la colaboración de todos los niveles de la organización.

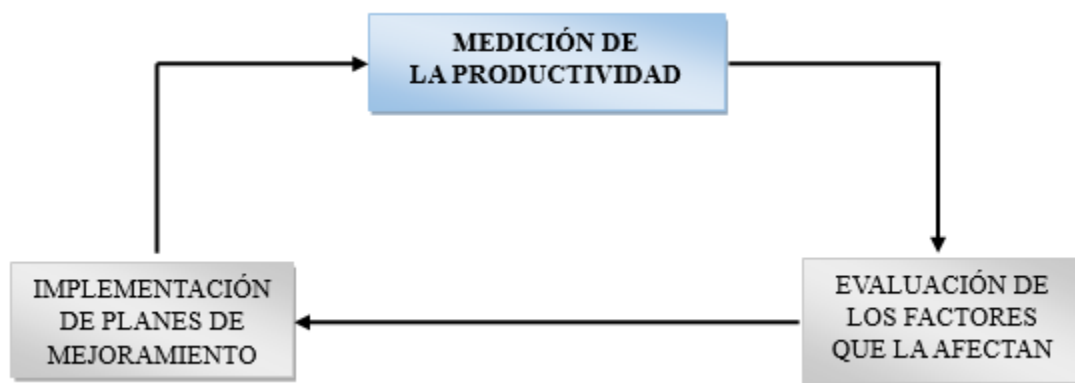


Figura 4 — Ciclo del mejoramiento de la productividad

Nota: La figura muestra el ciclo de mejora de la productividad, que incluye medición, evaluación de factores que la afectan e implementación de planes de mejoramiento, creando un proceso continuo de optimización

Extraído de: BOTERO B, ÁLVAREZ V (2004)

3.2.7 Lean construction

Lean Construction adapta los principios del **Lean Manufacturing** a la construcción, centrándose en mejorar la eficiencia y reducir el desperdicio en cada etapa del proceso. En lugar de ver la construcción como una "caja negra" donde los insumos se transforman en productos finales, **Lean Construction** se enfoca en definir el valor según el cliente, mapear el flujo de valor, mantener un flujo continuo, implementar un sistema de producción *pull*, y buscar la perfección mediante la mejora continua.

La implementación de estos principios requiere una colaboración efectiva, el uso de tecnologías como **BIM** y una gestión ágil de proyectos, lo que permite una mayor eficiencia, calidad y adaptabilidad en la ejecución de proyectos de construcción (KOSKELA, 1992).

Lean **Construction** es una filosofía de gestión cuyo objetivo principal es maximizar el valor para el cliente mediante la reducción de desperdicios y la mejora continua de los procesos. Según Lauri KOSKELA, uno de los pioneros en este campo, **Lean Construction** enfatiza la necesidad de un flujo de trabajo continuo y eficiente, minimizando las actividades que no agregan valor al proyecto (KOSKELA, 2000). Dentro de esta filosofía, las **cartas balance** emergen como una herramienta clave para la planificación y control de la producción.

Las **cartas balance**, también conocidas como *Balance Charts* o *Line of Balance*, son una técnica utilizada para coordinar y sincronizar las actividades en un proyecto de construcción. Esta herramienta gráfica permite visualizar el progreso de diferentes tareas en relación con el tiempo, facilitando la identificación de cuellos de botella y la reasignación de recursos para optimizar el flujo de trabajo (CASTILLO, 2013). En el contexto de la construcción del **reservorio Crusmocco en Oropesa**, la implementación de **cartas balance** se propone como una estrategia para mejorar el índice de productividad, especialmente en las partidas de encofrado y concreto.

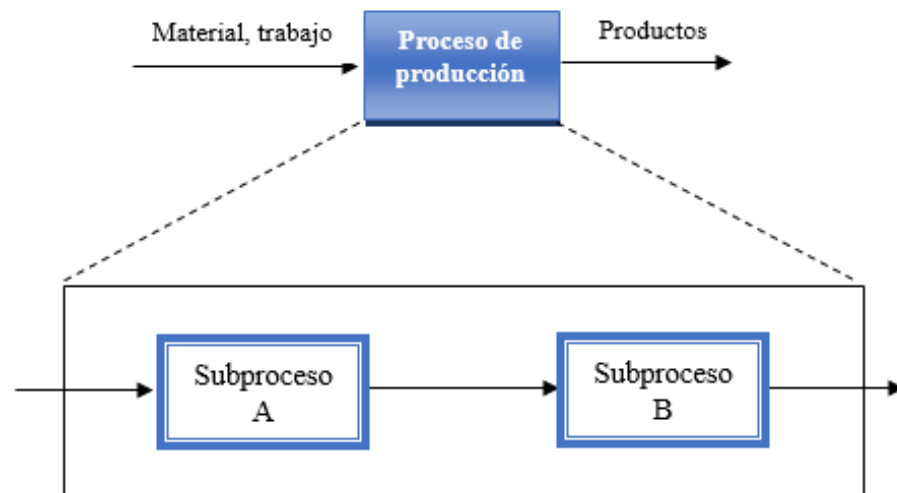


Figura 5 — Transformación del proceso

Nota: La figura ilustra cómo los materiales y el trabajo se transforman en productos a través de dos subprocesos (A y B) dentro del proceso de producción. Este modelo representa la secuencia de transformación de insumos a productos.

Extraído de: KOSKELA (1992)

Según KOSKELA (1992), un destacado teórico en el campo de Lean Construction, la construcción debe entenderse como un conjunto de flujos de procesos interrelacionados, más que como una simple serie de actividades. Esta perspectiva permite introducir inspecciones y controles de calidad en cada uno de los subprocesos, asegurando que cada etapa del proceso aporte valor y minimice el desperdicio.

KOSKELA (1992) argumenta que, al visualizar la construcción como una serie de flujos de procesos, se pueden identificar mejor las ineficiencias y los cuellos de botella. Esto facilita la implementación de mejoras continuas y asegura que el producto final cumpla con los estándares de calidad requeridos. La inspección en cada subproceso permite detectar y corregir problemas antes de que afecten al proyecto en su totalidad, mejorando así la eficiencia general y garantizando un flujo de trabajo más eficiente.

En resumen, la visión de KOSKELA (1992) promueve una gestión más eficiente y efectiva de los proyectos de construcción, enfocándose en la calidad y la mejora continua a través de una supervisión constante y detallada de cada etapa del proceso.

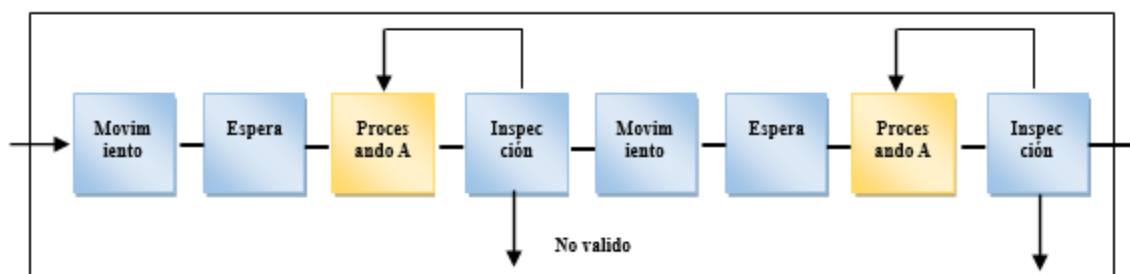


Figura 6 — Inspecciones durante el proceso

Nota: La figura muestra un flujo de producción con inspecciones tras la etapa "Proceso A". Si el producto es no válido, regresa para ser reprocesado. Incluye etapas de movimiento, espera, y varias inspecciones para garantizar la calidad del proceso.

Extraído de: KOSKELA (1992)

En 1993, se formó el **International Group for Lean Construction (IGLC)**, marcando el inicio de la denominación de **Lean Construction**. Desde entonces, el **IGLC** se ha establecido con el objetivo de satisfacer mejor la demanda de los clientes y mejorar drásticamente los procesos de arquitectura, ingeniería y construcción, así como los productos y la gestión de la producción en la industria de la construcción. Estos esfuerzos se enmarcan en los principios de la "Producción Lean", que han tenido gran éxito en la fabricación (KOSKELA, 1992). **Lean Construction** busca aplicar estos principios para optimizar la eficiencia, reducir el desperdicio y mejorar la calidad en cada etapa del proceso.

El **Capítulo Peruano del Lean Construction Institute** se creó en el año 2011, con la finalidad de impulsar el sector de la construcción en el Perú a través de la adopción de principios de **Lean Construction** por parte de las grandes empresas constructoras del país. Este esfuerzo busca elevar el nivel de profesionalismo y la eficiencia en la industria de la construcción. Ese mismo año, se realizó la primera conferencia anual en el país, promoviendo la difusión y el intercambio de conocimientos sobre **Lean Construction** entre profesionales y empresas del sector (LLERENA VILLACREZ, 2019).

3.2.8 Cartas balance

Según SERPELL y VERBAL (1990), la carta balance, o carta de equilibrio de cuadrilla, es un gráfico que representa el tiempo en minutos en relación con los recursos utilizados (como mano de obra y equipos) en una actividad. Las barras del gráfico, que representan estos recursos, se dividen según la secuencia de actividades e incluyen también los tiempos improductivos. Este análisis permite una comprensión clara de la secuencia constructiva utilizada, lo que facilita la optimización del proceso analizado.

El propósito de esta técnica es evaluar la eficiencia del método constructivo empleado, en lugar de la eficiencia individual de los trabajadores. No se busca que los obreros trabajen más duro, sino de manera más inteligente. La carta balance es una herramienta de diagnóstico que muestra cómo se distribuyen los tiempos del personal en una cuadrilla de trabajo durante una actividad específica. Según esta metodología, cualquier tipo de trabajo puede ser clasificado dentro de esta estructura.

Utilizar la carta de balance permite identificar áreas de mejora en el proceso constructivo, optimizando la asignación de recursos y tiempos, y facilitando la implementación de mejoras para aumentar la eficiencia general del proyecto.

- **Trabajo Productivo (TP)**
"Trabajo que contribuye directamente a la producción y añade valor al producto final" (RODRÍGUEZ CASTILLEJO y VALDEZ CÁCERES, 2012, p. 85).
- **Trabajo Contributorio (TC)**



"Trabajo de apoyo, necesario para facilitar la realización del trabajo productivo. Aunque parece esencial, no agrega valor directo al producto y representa una pérdida de segundo nivel" (RODRÍGUEZ CASTILLEJO y VALDEZ CÁCERES, 2012, p. 85).

- **Trabajo No Contributorio (TNC)**

"cualquier actividad que no produce valor y se clasifica directamente como una pérdida son tareas innecesarias, que incurren en costos sin añadir valor" (RODRÍGUEZ CASTILLEJO y VALDEZ CÁCERES, 2012, P. 85).

Para optimizar la eficiencia de una actividad específica, se emplean diversas herramientas. Sin embargo, es fundamental considerar todos los detalles relacionados con el desarrollo de la actividad. Esto incluye el método constructivo empleado, la tecnología utilizada, el tipo de materiales seleccionados, el tamaño de la cuadrilla de trabajo, los tiempos de espera involucrados y la logística del transporte de materiales.

También es crucial analizar otros factores, como la disponibilidad de recursos, la coordinación entre diferentes equipos, las condiciones del entorno y cualquier posible interrupción que pueda afectar el flujo de trabajo. Una evaluación exhaustiva de todos estos aspectos permite identificar áreas de mejora y aplicar estrategias más efectivas para incrementar la productividad y reducir tiempos de ejecución (CASTILLO MUÑOZ y FLORES CAHUANA, 2016).



Proceso para la Implementación de la carta balance:

1. **Definición del objetivo:** Determinar el propósito de la carta balance y qué aspectos del proceso se desean evaluar o mejorar. Esto puede incluir el seguimiento de tiempos, la eficiencia de la producción, la identificación de cuellos de botella, etc.
2. **Selección del proceso o actividad a evaluar:** Elegir el proceso específico o la actividad que se va a analizar con la carta balance. Asegurarse de que el proceso seleccionado sea representativo y tenga un impacto significativo en la eficiencia general.
3. **Identificación de los elementos del proceso:** Desglosar el proceso en sus componentes individuales, identificando cada tarea, operación y paso involucrado. Detallar los materiales, herramientas y tecnología utilizados en cada etapa.
4. **Recolección de datos:** Recopilar datos detallados sobre el tiempo que lleva completar cada tarea o etapa del proceso. Esto incluye medir los tiempos de ejecución, los tiempos de espera, los tiempos de transporte y cualquier tiempo ocioso.
5. **Análisis de los datos:** Analizar los datos registrados para identificar patrones, cuellos de botella y áreas de ineficiencia. Comparar los tiempos reales con los tiempos esperados o estándar para detectar discrepancias.
6. **Identificación de oportunidades de mejora:** Basándose en el análisis, identificar oportunidades para mejorar el proceso. Esto puede incluir la optimización de tareas, la redistribución de recursos, la eliminación de tiempos de esperas innecesarias, etc.
7. **Desarrollo de un plan de acción:** Elaborar un plan de acción detallado para implementar las mejoras identificadas. Asignar responsabilidades, establecer plazos y definir indicadores de éxito para medir el impacto de las mejoras.
8. **Implementación de mejoras:** Poner en marcha el plan de acción, asegurándose de que todos los involucrados estén informados y capacitados según sea necesario. Monitorear el proceso de implementación para asegurar que se sigan los pasos planeados.
9. **Evaluación y ajuste:** Una vez implementadas las mejoras, evalúe su impacto en el proceso. Compare los nuevos datos con los datos originales para

determinar si se ha logrado una mejora en la eficiencia. Realice ajustes adicionales según sea necesario para alcanzar los objetivos deseados.

10. **Documentación y comentarios:** Documentar todo el proceso, incluyendo los cambios realizados y los resultados obtenidos. Proporcionar retroalimentación a todos los involucrados y utilizar las lecciones aprendidas para futuras aplicaciones de la carta balance en otros procesos.
11. En resumen, la carta balance es una herramienta sumamente eficaz para llevar a cabo un análisis detallado de una actividad. Nos permite, en colaboración con el equipo del proyecto, identificar posibles áreas de mejora y definir e implementar acciones correctivas de manera efectiva.

3.2.9 Influencia de las cartas balance en el tiempo dedicado a TP

La eficiencia en la ejecución de tareas productivas es un indicador clave de la productividad en la construcción. Las cartas balance permiten una asignación más precisa de recursos y tiempos, asegurando que las cuadrillas de trabajo se dediquen principalmente a actividades productivas. Según investigaciones previas, la implementación de cartas balance puede incrementar significativamente el tiempo dedicado a trabajos productivos, al reducir los tiempos de espera y los conflictos entre diferentes actividades en el sitio de construcción (CASTILLO, 2013).

Este enfoque es especialmente relevante en las tareas de encofrado y concreto, donde la coordinación precisa entre diferentes etapas del proceso es crucial para evitar retrasos y optimizar el uso de materiales y mano de obra.

3.2.10 Reducción del tiempo dedicado a TNC

En la construcción, una parte considerable del tiempo puede ser consumido por actividades que no contribuyen directamente al avance del proyecto, como la espera por materiales, la resolución de problemas logísticos, o la falta de coordinación entre equipos. Las cartas balance ayudan a identificar y minimizar estas actividades no productivas, al proporcionar una visión clara de las tareas que deben realizarse y el momento adecuado para cada una (KOSKELA, 2000). En el caso del reservorio Crusmocco, se espera que la implementación de cartas balance reduzca el tiempo dedicado a trabajos no contributivos, aumentando así la eficiencia general del proyecto.



3.2.11 Impacto en el rendimiento diario de las cuadrillas

El rendimiento diario de las cuadrillas de encofrado y concreto es un indicador directo de la productividad. Las cartas balance permiten una planificación más efectiva, asegurando que las cuadrillas tengan el trabajo necesario para mantener un ritmo constante y productivo. Estudios han demostrado que la implementación de cartas balance puede llevar a un aumento en el rendimiento diario, al reducir los tiempos muertos y optimizar la secuencia de trabajo (CASTILLO, 2013). En el contexto del reservorio Crusmocco, esta herramienta puede ser crucial para mantener los plazos establecidos y asegurar la calidad del trabajo realizado.

3.2.12 Reducción de costos en las partidas de encofrado y concreto

La reducción de costos es una de las metas principales en cualquier proyecto de construcción. Al mejorar la eficiencia y reducir los tiempos no productivos, las cartas balance contribuyen a la disminución de los costos asociados con las partidas de encofrado y concreto. Esto se logra al reducir el desperdicio de materiales, minimizar los retrasos y evitar el exceso de trabajo o la duplicación de esfuerzos (KOSKELA, 2000). En el caso del reservorio Crusmocco, la implementación de cartas balance se espera que tenga un impacto significativo en la reducción de los costos, contribuyendo a la viabilidad económica del proyecto.

3.2.13 Parámetros para la aplicación de la carta balance

a) Cantidad de obreros

El número de obreros incluidos en la medición varía según el tipo de actividad que se esté evaluando. Por un lado, no deben ser demasiado pocos, ya que los datos obtenidos no reflejarían adecuadamente la realidad de toda la cuadrilla. Por otro lado, medir un número excesivo de obreros (como 16 encofradores de muros) resultaría demasiado complicado y probablemente imposibilitaría realizar una carta balance precisa, produciendo datos inconsistentes. Lo ideal es medir la mayor cantidad de personal posible, manteniendo un equilibrio para asegurar un correcto llenado de todas las casillas de la carta balance. Un número adecuado de obreros podría oscilar entre 8 y 10 CASTILLO MUÑOS y FLORES CAHUANA (2016).

b) Tiempo de medición



CASTILLO MUÑOS y FLORES CAHUANA (2016) Para obtener datos estadísticamente válidos, es necesario cubrir la mayor cantidad de tiempo posible en las actividades, idealmente alrededor de 300 minutos. Aunque esto es cierto, hay ciertas actividades donde no es necesario cubrir las ocho horas y medios de trabajo debido a su carácter repetitivo. Sin embargo, en otras actividades, las tareas pueden variar significativamente a lo largo del día. Por ejemplo, una cuadrilla de encofradores puede dedicar las primeras horas de trabajo al desencofrado y las últimas horas al encofrado. Algunas recomendaciones al respecto son:

- Para las actividades que tienen un mayor impacto en el presupuesto, como el encofrado, la colocación de acero y el vaciado, es esencial cubrir todo el tiempo que estas actividades se realizan en un mismo día, desde el inicio hasta el fin. Por ejemplo, si una cuadrilla de encofradores trabaja de 8 am a 3 pm, se debe realizar una carta balance que abarque los 360 minutos de encofrado y desencofrado.
- Lo mismo, para la habilitación y/o colocación de acero y el vaciado de concreto en general. Estas actividades deben ser medidas desde el inicio de su jornada hasta el fin. Si la cuadrilla de vaciado suele empezar a las 11am y termina a las 5pm, la carta balance debe ser desde las 11:00 que empieza su jornada hasta las 5pm que termina. La carta balance mostrará qué actividades realiza la cuadrilla antes del inicio de vaciado.
- Para actividades repetitivas, como cuando se utiliza una dosificadora de concreto en una obra, la cuadrilla encargada de la fabricación de concreto seguramente estará conformada por un operador de planta, un rigger y un habilitador de cemento (si la dosificadora no cuenta con un silo de cemento), estos suelen hacer la misma actividad cada cuatro minutos en promedio. Por lo tanto, se podrá apreciar en la carta balance la repetición de actividades cada cierto tiempo. Otro ejemplo es el solaqueo de muros. En estos casos se recomienda terminar la carta balance si se ha obtenido un número de ciclos o repeticiones mayor a cinco o un intervalo de tiempo de tres horas consecutivas (el que tarde más tiempo). Lógicamente, mientras mayor sea el tiempo de estudio, mayor será la confiabilidad de los resultados. El tiempo de medición depende también de qué tan confiable se quiere que sean los resultados.



c) **Número de mediciones**

Una misma actividad requiere múltiples mediciones para garantizar la confiabilidad de los datos. Se recomienda realizar al menos dos mediciones por cada actividad. Si hay una gran variación entre los porcentajes obtenidos en ambas mediciones, se deberá llevar a cabo una tercera medición. Naturalmente, a mayor número de mediciones, se obtendrán resultados más confiables. Es crucial que el día de la medición no haya irregularidades en la cuadrilla; es decir, la medición debe realizarse cuando la cuadrilla esté trabajando en las mismas condiciones habituales. No es útil realizar una carta balance en un día en que falta un obrero o cuando se trabaja solo medio día. Por lo tanto, todas las mediciones deben realizarse bajo las mismas condiciones de trabajo CASTILLO MUÑOS, FLORES CAHUANA (2016). El objetivo de la carta balance es analizar si la cuadrilla en estudio está bien equilibrada y también evaluar la eficiencia del método constructivo empleado. No se enfoca en medir la eficiencia individual de los obreros ni en lograr que trabajen más duro, sino en trabajar de manera más inteligente.

3.2.14 Factores que afectan la productividad

Durante el proceso de construcción de una obra, pueden surgir factores que disminuyen la productividad. La pérdida de productividad se puede definir como “aquellas actividades que generan un costo, ya sea directo o indirecto, pero que no aportan valor ni progreso a la obra” ARBOLEDA LÓPEZ (2014).

Existen 12 categorías principales de pérdidas de productividad en términos de tiempo que suelen ocurrir durante la ejecución de una obra:

Las **condiciones climáticas adversas**, la **falta de materiales**, y el uso de **equipos y herramientas defectuosos** son factores que pueden afectar negativamente el rendimiento en proyectos de construcción. Asimismo, la **escasez de mano de obra calificada**, los **errores de diseño** que generan retrabajos, y los **problemas de comunicación** entre los miembros del equipo también contribuyen a la ineficiencia. Una **planificación y programación inadecuadas**, junto con factores humanos como la falta de motivación o capacitación, pueden agravar estos problemas. Además, el **cumplimiento de regulaciones y normativas**, las **interrupciones y paradas no planificadas**, los **problemas logísticos**, y las

condiciones de trabajo inadecuadas son obstáculos comunes que requieren una atención constante para asegurar la correcta ejecución y finalización de los proyectos de construcción.

3.2.15 Ventajas de utilizar la carta de balance

La **mejora de la eficiencia** en proyectos de construcción es un objetivo clave que se puede lograr a través del **equilibrio en el trabajo** y un **análisis detallado** de los procesos. La **optimización de recursos** y la **reducción de costos** son resultados directos de una buena gestión, lo que a su vez **facilita la toma de decisiones** informadas. Además, una mejor **coordinación** entre equipos y el **seguimiento del progreso** contribuyen a fomentar el **trabajo inteligente**. La **documentación y evaluación** adecuadas permiten no solo reflejar los avances, sino también apoyar la **capacitación y desarrollo** del equipo, impulsando la **mejora continua** en cada etapa del proyecto.

3.3 Marco conceptual

- a) **Actividad de cuadrilla.** Se refiere al conjunto de actividades realizadas por un grupo de trabajo o cuadrilla, diseñadas para cumplir con la programación y alcanzar los objetivos establecidos en un proyecto de construcción. Estas actividades incluyen todas las tareas necesarias para completar una fase específica del proyecto, coordinadas de manera eficiente para asegurar que los recursos se utilicen de manera óptima y los plazos se cumplan. Según (RÍOS PACHECO, ZAVALETA NACCHA 2015, p. 39), estas acciones son esenciales para lograr las metas programadas, y su correcta ejecución es crucial para el éxito del proyecto en términos de tiempo, costo y calidad. Además, la actividad de cuadrilla involucra la planificación, supervisión y ajuste continuo de las tareas para adaptarse a las condiciones cambiantes del sitio de construcción, asegurando así una operación fluida y efectiva.
- b) **Calidad.** Se define como una característica inherente a un producto que determina su capacidad para satisfacer las expectativas y requisitos establecidos por el cliente. Según (RÍOS PACHECO, ZAVALETA NACCHA 2015, p. 39), la calidad es un atributo físico que refleja el grado de cumplimiento con las especificaciones y estándares acordados. Además, la calidad no solo se refiere a la funcionalidad del producto, sino también a su durabilidad, apariencia y confiabilidad. Un producto de



alta calidad es aquel que consistentemente cumple o supera las expectativas del cliente, proporcionando un valor añadido y fomentando la lealtad del cliente. En el contexto de la construcción, la calidad también abarca el cumplimiento de normativas y regulaciones, la seguridad en la obra y la sostenibilidad del producto final.

- c) **Carta balance.** Una herramienta que facilita la descripción detallada de un proceso de actividad, permitiendo su posterior optimización. Los datos se recopilan en intervalos relativamente cortos, generalmente entre 30 segundos y un minuto, para cada tarea que realiza cada trabajador. Estas actividades se clasifican en tres categorías: trabajos productivos (TP), trabajos contributivos (TC) y trabajos no contributivos (TNC)(CASTILLO MUÑOS, FLORES CAHUANA 2016, p. 40).
- d) **Cuadrilla.** Conjunto de trabajadores asignados a realizar una tarea específica dentro del sector de la construcción. Este grupo está organizado de manera que cada miembro desempeñe roles definidos, colaborando para completar las actividades necesarias y cumplir con los objetivos del proyecto (CASTILLO MUÑOS, FLORES CAHUANA 2016, p. 45)
- e) **Eficacia.** Se refiere a la habilidad de alcanzar metas, sin necesariamente haber utilizado los recursos de la manera más óptima. En otras palabras, una persona eficaz logra los resultados deseados de manera satisfactoria. La eficacia se relaciona con nuestra habilidad para cumplir con lo que nos proponemos (RÍOS PACHECO, ZVALETA NACCHA 2015, p. 39).
- f) **Eficiencia.** Se define como la proporción entre los recursos empleados en un proyecto y los logros obtenidos con él. Ocurre cuando se usan menos recursos para alcanzar el mismo objetivo, o cuando se alcanzan más objetivos con la misma cantidad o menos de recursos(RÍOS PACHECO, ZVALETA NACCHA 2015, p. 39).
- g) **Optimizar.** Buscar alcanzar mejores resultados, aumentando la eficiencia o la eficacia en la ejecución de una tarea. Se trata de mejorar, optimizar o perfeccionar (CASTILLO MUÑOS, FLORES CAHUANA 2016, p. 45).



- h) **Partida.** Se refiere a un elemento o componente específico del presupuesto del proyecto. Cada partida representa una categoría de trabajo, materiales, mano de obra, equipo o servicios que son necesarios para completar una fase o aspecto del proyecto.
- i) **Planificación de obra.** Es un proceso crucial que implica la organización y coordinación de todos los aspectos y recursos del proyecto para garantizar que se complete de manera eficiente, dentro del presupuesto y en el plazo establecido.
- j) **Productividad.** Se refiere a la medida de eficiencia con la que se gestionan y utilizan los recursos, incluyendo personal, materiales, equipos y herramientas, para completar un producto específico dentro de un plazo determinado y cumpliendo con un estándar de calidad establecido. Esta eficiencia se centra en cómo estos elementos se coordinan y optimizan para alcanzar los objetivos de producción de manera efectiva (RODRÍGUEZ CASTILLEJO, VALDEZ CÁCERES 2012, p. 388).
- k) **Rendimiento.** Se refiere a la eficiencia y eficacia con la que los trabajadores desempeñan sus tareas en un entorno laboral. Es una medida de cuán productivos son los empleados en la producción de bienes o servicios. En esencia, es la proporción entre el producto o resultado obtenido y los medios utilizados para obtener una unidad de producción.(CASTILLO MUÑOS, FLORES CAHUANA 2016, p. 45).
- l) **Trabajos Contributivos.** Trabajo de apoyo que se lleva a cabo para facilitar la ejecución del trabajo productivo. Aunque es una actividad aparentemente necesaria, no añade valor directo y, por lo tanto, se clasifica como una pérdida de segunda categoría (GHIO CASTILLO 2001, p. 23).
- m) **Trabajos No Contributivos.** Es el trabajo de apoyo es necesario para que el trabajo productivo pueda realizarse, aunque no aporta valor directamente. Este tipo de actividad, aunque aparentemente indispensable, se clasifica como una pérdida de segunda categoría (GHIO CASTILLO 2001).
- n) **Trabajos Productivos.** Es el trabajo que aporta en forma directa a la producción, agrega valor al producto terminado (RODRÍGUEZ CASTILLEJO, VALDEZ CÁCERES 2012, p. 388).

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1 Tipo y nivel de investigación

4.1.1 Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo **aplicada**, enfocándose en resolver problemas específicos y prácticos en el ámbito de la construcción mediante la implementación de cartas balance para mejorar la eficiencia y la productividad en un proyecto específico. Este tipo de investigación se distingue por su orientación hacia la acción y la solución de problemas del mundo real, como lo define VAN DER MERWE (2002), quien señala que la investigación aplicada se realiza para resolver problemas prácticos y mejorar condiciones específicas mediante la aplicación de teorías, conocimientos y métodos existentes. Asimismo, BOOTH, COLOMB y WILLIAMS (2008) afirman que la investigación aplicada busca aplicar el conocimiento para resolver problemas del mundo real, diferenciándose de la investigación básica por su enfoque hacia la acción y la solución de problemas específicos.

De acuerdo al fin planteado, la investigación tiene un enfoque **cuantitativo**, ya que se centra en medir el impacto de la implementación de la herramienta carta balance en el rendimiento y la productividad en las partidas de encofrado y concreto. Se recopilan y analizan datos numéricos para evaluar las mejoras en productividad y costos. ALIAGA y GUNDERSON (2003) definen la investigación cuantitativa como “la explicación de fenómenos mediante la recolección de datos numéricos que son analizados usando matemáticas, en particular la estadística” (ALIAGA Y GUNDERSON, 2002, p. 3). La tesis emplea técnicas estadísticas para evaluar la eficacia de las cartas balance, utilizando mediciones cuantitativas para analizar el impacto en la productividad y el rendimiento.



4.1.2 Nivel de investigación

El nivel de investigación en esta tesis es **descriptivo**, centrándose en observar, describir y documentar aspectos específicos de fenómenos o procesos técnicos sin manipular variables. Este enfoque busca detallar características, comportamientos, y patrones, proporcionando una base sólida para la comprensión y análisis de sistemas o problemas ingenieriles. Según CRESWELL (2014), la investigación descriptiva es fundamental para establecer una comprensión profunda de un tema antes de pasar a etapas más experimentales o analíticas. En el contexto de la ingeniería, esto podría incluir estudios sobre el rendimiento de materiales, la eficiencia de procesos, o la respuesta de sistemas bajo diferentes condiciones.

Según SAMPIERI, FERNÁNDEZ y BAPTISTA (2014), la investigación descriptiva se enfoca en especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice. Su propósito principal es describir tendencias y detallar situaciones o eventos, proporcionando una imagen clara de la situación actual de los hechos estudiados. Este tipo de investigación es crucial para obtener un panorama detallado y preciso de los elementos involucrados, permitiendo una mejor comprensión y posterior análisis de los fenómenos.

4.2 Diseño de investigación

El diseño **preexperimental** se caracteriza por evaluar una muestra antes y después de la intervención para observar los efectos de una variable independiente sobre la variable dependiente. Este tipo de diseño es útil en contextos donde no es posible utilizar un grupo control, lo que limita la validez interna del estudio, pero ofrece una aproximación inicial a la relación causa-efecto (CAMPBELL y STANLEY, 1966). Según CAMPBELL y STANLEY (1966), los diseños preexperimentales permiten una primera exploración del fenómeno, aunque su capacidad para establecer causalidad de manera definitiva es reducida debido a la falta de control sobre las variables externas.

Y **longitudinal** porque implica la recolección de datos en múltiples momentos antes y después de la implementación de las cartas balance. Este enfoque permite observar cambios en el rendimiento y la productividad a lo largo del tiempo, proporcionando una visión dinámica del impacto de la intervención aplicada.



MENARD (2002). describe los estudios longitudinales como aquellos que "involucran la recolección de datos de los mismos sujetos en múltiples puntos en el tiempo" (MENARD, 2002, p. 3). La tesis realiza mediciones antes y después de la intervención, siguiendo este principio de diseño longitudinal.

RUSPINI (2002). señala que "el diseño longitudinal es crucial para entender la dinámica de los cambios sociales y comportamentales, ya que permite el análisis de la estabilidad y el cambio en las variables estudiadas" (RUSPINI, 2002, p. 23). En la tesis, el enfoque longitudinal es esencial para entender cómo la implementación de las cartas balance influye en el rendimiento y productividad a lo largo del tiempo.

HERNÁNDEZ SAMPIERI et al. (2014). explican que "en un estudio longitudinal, se recolectan datos a lo largo del tiempo para observar los cambios en las variables de interés y sus posibles causas" (HERNÁNDEZ SAMPIERI et al., 2014, p. 202). La tesis recolecta datos en diferentes momentos para observar los efectos de la intervención en el rendimiento y productividad, cumpliendo con esta definición.

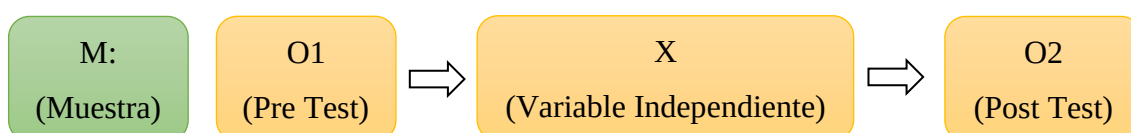


Figura 8 — Esquema de diseño de investigación

Nota: La figura representa un diseño de investigación que incluye una muestra (M), una medición pretest (O1), la introducción de la variable independiente (X), y una medición posttest (O2) para evaluar los efectos del tratamiento.

M (Muestra). La productividad de las partidas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco, ubicado en Oropesa.

O1 (Pre Test). La evaluación previa de la productividad de las partidas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Ccotoma - Oropesa, antes de la implementación de las cartas balance.

X (Variable Independiente). Aplicación de las cartas balance como herramienta de mejora en la gestión de la productividad durante el proceso constructivo.

O2 (Post Test). La evaluación final de la productividad de las partidas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco - Oropesa, después de la implementación de las cartas balance.

4.3 Descripción ética de la investigación

La ética en la investigación es un componente fundamental para garantizar que los estudios científicos se realicen con integridad y respeto hacia los participantes y la sociedad. Según RESNIK (2020, P. 45), la ética en la investigación se refiere a la aplicación de principios morales que guían la conducta de los investigadores y aseguran que el trabajo realizado no cause daño a los participantes ni comprometa la validez de los resultados. Este autor resalta la importancia de la transparencia y la honestidad en la presentación de datos y resultados.

Por otro lado, BEAUCHAMP y CHILDRESS (2019, P. 102), proponen los cuatro principios fundamentales de la ética en la investigación: autonomía, no maleficencia, beneficencia y justicia. Estos principios deben ser respetados en todas las fases del estudio, desde la planificación hasta la publicación de los resultados. Específicamente, el principio de autonomía implica que los participantes deben dar su consentimiento informado y participar en el estudio de manera voluntaria, sin coacción.

Finalmente, SMITH (2018, P. 87), enfatiza la importancia del consentimiento informado, argumentando que los investigadores tienen la responsabilidad de proporcionar a los participantes información clara y comprensible sobre los objetivos, métodos, riesgos y beneficios del estudio. Además, Smith destaca que se debe garantizar la confidencialidad y privacidad de la información obtenida, protegiendo los datos personales de los participantes contra usos indebidos.

La UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC (UNAMBA) ha desarrollado un Código de Ética de Investigación que se adapta a las particularidades culturales, sociales y económicas de la región, según la Resolución N. °010-2018-VRINV-UNAMBA. Este código establece que las investigaciones deben ser pertinentes, originales y alineadas con las líneas de investigación reconocidas por el Vicerrectorado de Investigación, utilizar eficientemente los fondos, cumplir con las normativas institucionales y gubernamentales, y proceder con rigor científico para asegurar la validez, confiabilidad y credibilidad de los métodos, fuentes y datos. Además, se exige reportar los hallazgos de manera completa y oportuna, devolviendo los resultados a las comunidades participantes cuando sea necesario, y tratar con confidencialidad la información obtenida, evitando su uso para lucro personal ilícito.



En mi investigación, se aplicaron rigurosamente todos los principios éticos mencionados, asegurando que cada fase del estudio se llevara a cabo con la máxima responsabilidad y respeto hacia los participantes. Se garantizó el consentimiento informado de manera clara y comprensible, preservando siempre la confidencialidad y privacidad de los datos recopilados. Además, se siguieron los principios de autonomía, no maleficencia, beneficencia y justicia, promoviendo una investigación íntegra y transparente. El cumplimiento de las normativas institucionales y gubernamentales fue una prioridad, alineando el estudio con las directrices éticas y científicas de la UNAMBA, para contribuir de manera significativa y responsable al conocimiento en el campo investigado.

4.4 Población y muestra

4.4.1 Población

SEGÚN SELLTIZ et al. (1976), una población se refiere al conjunto completo de individuos, elementos, eventos o casos que comparten características comunes y que son objeto de interés para una investigación, con el propósito de extraer conclusiones o realizar inferencias sobre dicho conjunto. En este sentido, la población abarca todos los posibles sujetos o unidades relevantes al estudio, ya sea de manera directa o indirecta, y su correcta delimitación es crucial para garantizar la validez de los resultados. En el contexto de la investigación, delimitar la población implica identificar claramente las características y el alcance de las actividades específicas del proyecto, permitiendo así que los hallazgos sean aplicables y pertinentes al grupo objetivo de estudio, sin perder de vista las particularidades que puedan influir en la generalización de los resultados.

La población de esta investigación se define como el proyecto titulado *“Mejoramiento y Ampliación del servicio de agua para sistema de riego en las Localidades de Huayllamotcca, Chichani, Ccotoma, Crusmocco, Paraccay Pampa y Cullco, distrito de Oropesa – Antabamba – Apurímac”*. Este proyecto abarca diversas actividades de construcción, entre las que se incluyen el encofrado y la elaboración de concreto en los reservorios de Ccotoma y Crusmocco.

Criterios de inclusión: Los criterios de inclusión para la población en este estudio son las actividades de encofrado y concreto que forman parte de las fases de construcción de los reservorios mencionados. Estas actividades deben estar



directamente relacionadas con la ejecución del proyecto de mejora y ampliación del sistema de riego, asegurando que las partidas seleccionadas representen fielmente los procesos constructivos involucrados. Se incluirán todas las actividades que:

1. Estén claramente definidas en el expediente técnico del proyecto.
2. Involucren a trabajadores que participen activamente en la ejecución de las tareas de encofrado y concreto.
3. Sean parte integral del cronograma de construcción de los reservorios Ccotoma y Crusmocco.

Criterios de exclusión: Se excluirán de la población aquellas actividades que, aunque relacionadas con el proyecto de construcción, no correspondan directamente a las partidas de encofrado y concreto. Además, se excluirán:

1. Actividades preliminares o de preparación que no impacten directamente en la estructura final del encofrado y el concreto.
2. Tareas administrativas o de supervisión que no contribuyan a la ejecución directa de las partidas seleccionadas.
3. Trabajos realizados en otras etapas del proyecto que no correspondan a las fases de construcción en los reservorios Ccotoma y Crusmocco.

4.4.2 Muestra

La **muestra** estará compuesta por las partidas específicas de encofrado y elaboración de concreto en los reservorios de Ccotoma y Crusmocco dentro del mencionado proyecto. Estas partidas han sido seleccionadas para el análisis debido a su relevancia y representatividad dentro del proyecto general. La selección de estas partidas como muestra es válida, como lo indica HERNÁNDEZ SAMPIERI et al. (2014), quienes afirman que "una muestra es una parte o subconjunto de la población que se selecciona para el estudio, y se asume que representa a toda la población".

Tabla 2 — Marco muestral, partida de concreto

Antes de implementar	N°	Trabajador	Partida	TP (min)	TC (min)	TNC (min)	Total (min)
	1	Operario 1	concreto	27	4	9	40
	2	Operario 2	concreto	25	7	8	40
	3	Oficial 1	concreto	0	23	17	40
	4	peón 1	concreto	0	24	16	40
	5	peón 2	concreto	0	29	11	40
	6	peón 3	concreto	0	26	14	40
	7	peón 4	concreto	0	30	10	40
	8	peón 5	concreto	0	31	9	40
	9	peón 6	concreto	0	27	13	40
	10	peón 7	concreto	0	28	12	40
	11	peón 8	concreto	12	13	15	40
	12	peón 9	concreto	8	18	14	40
	13	peón 10	concreto	9	16	15	40
	14	peón 11	concreto	10	13	17	40

Tabla 3 — Marco muestral, partida de encofrado

Antes de implementar	N°	Trabajador	Partida	TP (min)	TC (min)	TNC (min)	Total (min)
	1	Operario 1	Encofrado	12	12	16	40
	2	Oficial 1	Encofrado	4	28	8	40
	3	Operario 2	Encofrado	15	13	12	40
	4	Oficial 2	Encofrado	4	24	12	40
	5	Operario 3	Encofrado	8	22	10	40
	6	Oficial 3	Encofrado	2	23	15	40

4.4.3 Muestreo

El muestreo utilizado en esta investigación es de tipo ***no probabilístico por conveniencia***. Este método se elige cuando es necesario enfocarse en unidades específicas de la población que son accesibles y relevantes para los objetivos del estudio. Según HERNÁNDEZ SAMPIERI et al. (2014), el muestreo por conveniencia es útil cuando "el investigador selecciona deliberadamente a los sujetos que considera más representativos o accesibles para el estudio". En este contexto, se seleccionaron las cuadrillas de trabajadores que resultaban más accesibles y pertinentes para los objetivos de la investigación.

Criterio de muestreo

El muestreo por conveniencia es apropiado en este contexto debido a las siguientes razones:

Accesibilidad: Los trabajadores seleccionados estaban disponibles durante el periodo de estudio y desempeñaban roles clave en las tareas de encofrado y concreto. Esto permitió una recolección de datos continua y detallada, que es fundamental para evaluar el impacto de la herramienta Carta Balance.

Relevancia: Las cuadrillas seleccionadas representan la estructura operativa típica del proyecto, lo que permite que los resultados sean representativos de las condiciones reales de trabajo en el sitio de construcción.

Comparabilidad: Mantener el mismo número de trabajadores en la muestra de encofrado antes y después de la implementación, así como ajustar el número en concreto, facilita la comparación directa de los efectos de la herramienta Carta Balance sobre la productividad y eficiencia.

4.5 Procedimiento

El procedimiento es una serie de pasos sistemáticos y organizados que se siguen para llevar a cabo una tarea o alcanzar un objetivo específico. Según MORALES (2016), “el procedimiento es una secuencia lógica de acciones que deben ejecutarse en un orden preestablecido para lograr un resultado determinado en un contexto específico”



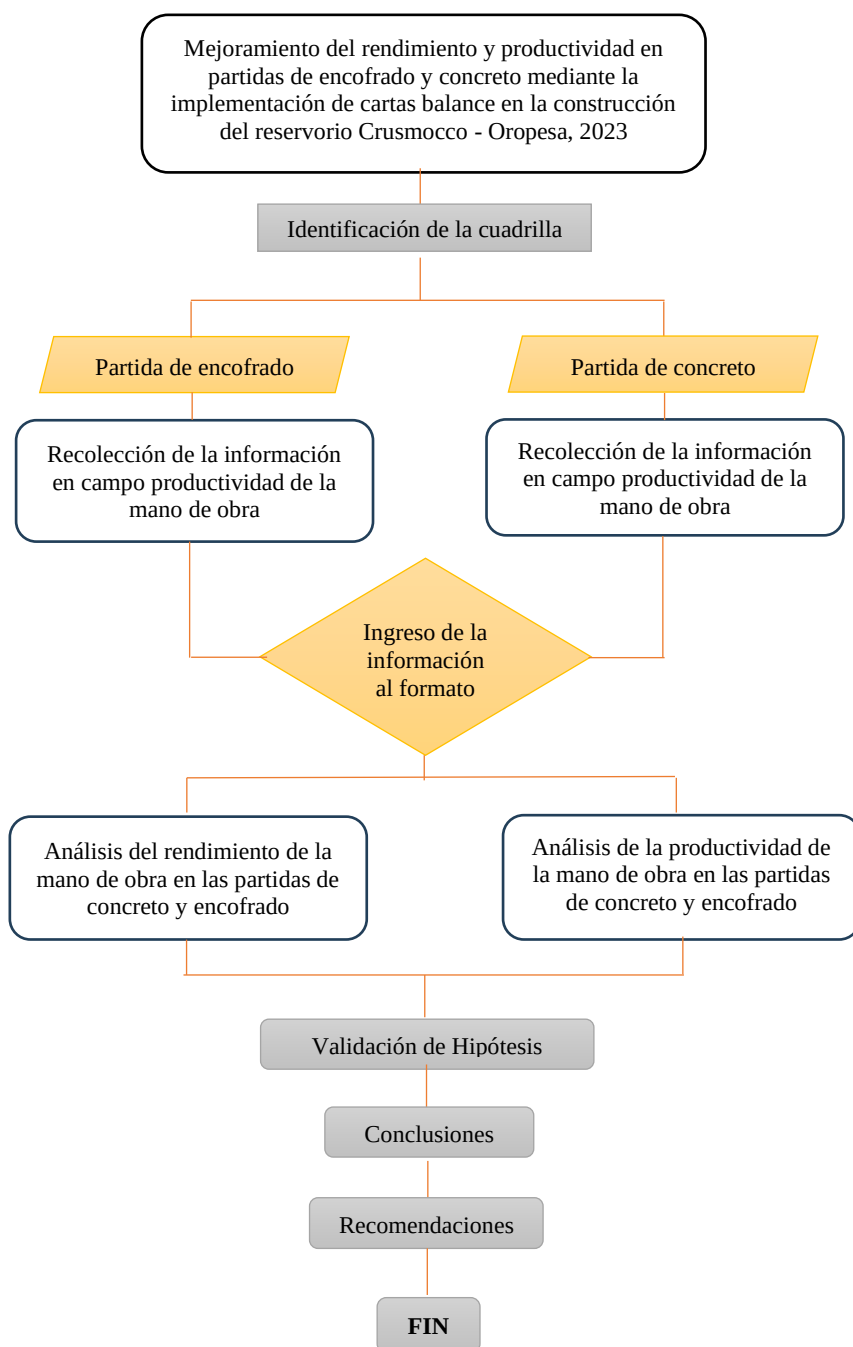


Figura 9 — Flujograma del procedimiento de ejecución de la investigación.

Nota: La figura muestra el procedimiento de ejecución de la investigación, que abarca la identificación de la cuadrilla, la recolección de información sobre productividad en partidas de encofrado y concreto, el análisis de datos y la validación de hipótesis, concluyendo con recomendaciones.

4.6 Técnica e instrumentos

4.6.1 Técnica

Según BENASSINI (2001), en la observación, el investigador se limita a registrar acciones, actitudes o eventos relevantes para su estudio sin interactuar directamente con los sujetos observados. Esta observación se puede realizar de

dos formas: mediante **observación humana**, donde un grupo de observadores recopila información de un colectivo utilizando sus sentidos, como la vista y el oído, habiendo sido previamente capacitados para minimizar el sesgo; y mediante **observación mecánica**, que emplea dispositivos eléctricos o electrónicos para realizar la observación (CHÁVEZ y CANGALAYA, 2023).

Según ROMERO, H. et al. (2021), define el desarrollo del conocimiento como un proceso que se logra a través del contacto directo entre el observador y el objeto de estudio, utilizando los sentidos. En esta tesis, se emplearon las técnicas de observación y revisión documental para llevar a cabo el análisis.

En esta investigación, se empleó la técnica de observación directa, apoyada con la carta balance, para recolectar datos en el campo entre abril y mayo de 2023. Para ello, se utilizó el formato de medición de tiempos (Anexo B, paso 1 y 2), que facilitó la medición del tiempo de productividad en el campo y permitió identificar los factores que afectan el rendimiento de la mano de obra.

Las partidas seleccionadas para la implementación inicial de la carta balance, bajo la supervisión de los responsables de la ejecución, fueron las de encofrado y concreto. Estas partidas se eligieron debido a su carácter crítico, ya que son fundamentales para el éxito del proyecto de riego, del cual depende el funcionamiento integral del sistema.

Además, se realizó una revisión documental que abarcó el Expediente Técnico, incluyendo la memoria descriptiva, especificaciones técnicas, presupuesto, metrados, precios unitarios, y planos, así como los rendimientos establecidos por la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO). También se revisó literatura relevante sobre el tema de investigación, lo que permitió desarrollar los instrumentos de recolección de datos. Este análisis facilitó el diagnóstico del estado de la productividad en la obra de infraestructura de riego y permitió establecer un procedimiento para aplicar la carta balance, con el objetivo de mejorar tanto la productividad como el rendimiento

4.6.2 Instrumento

El instrumento es el medio a través del cual se recopila la información obtenida mediante la observación. Según HERNÁNDEZ, FERNÁNDEZ y BAPTISTA (2010), un “instrumento de medición adecuado es aquel que logra registrar datos observables que reflejan con precisión los conceptos o variables que el



investigador pretende analizar. En términos cuantitativos, captura de manera efectiva la "realidad" que se busca representar" (p. 276).

Para la recolección de datos, se empleó el formato de la carta balance, con el propósito de evaluar la distribución del tiempo (TP, TC y TNC) antes y después de implementar medidas correctivas para su optimización y así determinar los rendimientos (ver anexo B, pasos 1, 2,3 y 4).

4.6.3 Validación

La validez y confiabilidad de los instrumentos de recolección de información se evaluaron utilizando técnicas específicas de análisis. La validación de estos instrumentos, detallada en el Anexo C, página 232, se realizó mediante el uso del Alfa de Cronbach. Este método es apropiado exclusivamente para instrumentos que funcionan como escalas de constructo, es decir, aquellos que miden conceptos a través de ítems. La validación fue realizada por cinco profesionales especialistas en la materia.

- Dr. Pablo Alfonso López Chau Nava, Economista
- Ing. Guido Vásquez Zúñiga, Ingeniero Civil (Metodólogo)
- Ing. Alber Ilaita Pacori, Ingeniero Civil
- Ing. Pablo Portan Huamanchumo Gonzales, Ingeniero Civil
- Ing. Luz Mabelia, Ingeniero Civil

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left[1 - \frac{\sum s_i^2}{S_T^2} \right] \text{ Ecuación (1)}$$

Donde:

k El número de ítems

$\sum_{i=1}^k S_i^2$ Sumatoria de varianzas de los ítems;

S_T^2 Varianza de la suma de los ítems;

α Coeficiente de Cronbach.

Donde el coeficiente de Cronbach varía entre 0 a 1 y se tienen las siguientes interpretaciones según los niveles alcanzados:



Tabla 4 — Interpretaciones del alfa de Cronbach

valor de α	Interpretación
$\alpha > 0.8$	Muy alta
$0.60 < \alpha \leq 0.80$	Alta
$0.40 < \alpha \leq 0.60$	Moderada
$0.20 < \alpha \leq 0.40$	Baja
$\alpha \leq 0.2$	Muy Baja

Extraído de: (RUIZ 2002)

Se obtuvo un valor de Alfa de Cronbach de $\alpha = 0.79$, lo que indica un nivel de confiabilidad clasificado como "**Alta**". Este análisis fue realizado con la participación de cinco especialistas, quienes completaron el instrumento de recolección de datos. El valor obtenido sugiere que los ítems incluidos en la escala son consistentes entre sí y reflejan de manera adecuada el constructo que se pretende medir. Este resultado refuerza la validez del instrumento y proporciona una base sólida para confiar en los datos obtenidos a través de este.

4.7 Análisis estadístico

El análisis estadístico es el proceso de recolectar, organizar, interpretar y presentar datos con el objetivo de extraer conclusiones o tomar decisiones informadas. Este análisis se divide en dos grandes categorías: el **análisis descriptivo**, que se enfoca en resumir y describir las características de un conjunto de datos, y el **análisis inferencial**, que permite hacer generalizaciones o predicciones sobre una población más amplia basada en una muestra. Las herramientas utilizadas en el análisis estadístico incluyen medidas de tendencia central, dispersión, pruebas de hipótesis, regresión, y análisis de varianza, entre otras.

Prueba de hipótesis

La prueba de hipótesis es un procedimiento estadístico utilizado para determinar si existe suficiente evidencia en una muestra de datos para inferir que una condición es verdadera para toda una población. Según MONTGOMERY (2017), este proceso implica formular una hipótesis nula y una hipótesis alternativa, y luego utilizar los datos de la muestra para decidir si se rechaza o no la hipótesis nula. Por otro lado, WALPOLE, MYERS, MYERS y YE (2012), señalan que la prueba de hipótesis es fundamental en

la toma de decisiones estadísticas, ya que permite evaluar la veracidad de una suposición sobre un parámetro poblacional basándose en la información obtenida de la muestra. El nivel de significancia es un valor crítico que define la probabilidad de rechazar la hipótesis nula cuando en realidad es verdadera, conocido como error de tipo I. según MONTGOMERY (2017), el nivel de significancia, comúnmente denotado por α , es un umbral preestablecido que los investigadores eligen antes de realizar un análisis estadístico. Este valor, que típicamente se fija en 0.05, determina cuán rigurosamente se evalúa la evidencia contra la hipótesis nula. Por otro lado, WALPOLE, MYERS, MYERS y YE (2012), explican que el nivel de significancia es esencial en la interpretación de los resultados estadísticos, ya que un α más bajo implica un criterio más estricto para rechazar la hipótesis nula, lo que reduce la probabilidad de cometer un error de tipo I.

Prueba estadística

Los siguientes criterios fundamentales se han considerado para este análisis:

- **Objetivo de la investigación:** Determinar el impacto de la implementación de la herramienta carta balance en el índice de productividad de las partidas de encofrado y concreto, con respecto al trabajo no contributivo.
- **Variables:** Las variables dependientes incluyen el índice de productividad, TP, TNC, rendimiento y costos. La variable independiente es la implementación de la herramienta carta balance, evaluándose la reducción en el tiempo dedicado a trabajos no contributivos en las partidas de encofrado y concreto durante la construcción del reservorio Crusmocco - Oropesa, 2023.
- **Distribución de los datos:** El análisis de normalidad de los datos se realizará utilizando la prueba de Shapiro-Wilk cuando el tamaño de la muestra sea inferior a 50 observaciones. Para muestras mayores, se empleará la prueba de Kolmogórov-Smirnov. Si los datos presentan una distribución normal, se considerarán paramétricos y se procederá con un análisis ANOVA. En caso contrario, se aplicará una prueba no paramétrica, específicamente la prueba de Kruskal-Wallis.
- **Tipo de muestra:** Muestra no probabilística, con 28 datos en total, de los cuales 12 corresponden a encofrado y 16 a concreto. En este caso, se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk.
- **Tamaño de la muestra:** Muestra pequeña, con un total de 28 observaciones.



Para comprobar la hipótesis específica 2 mediante análisis estadístico, se deben seguir varios pasos clave

1. Planteamiento de la hipótesis

- **Hipótesis nula (H_0):** La implementación de las cartas balance no ha reducido significativamente el trabajo no productivo (TNC) en las partidas de encofrado y concreto.
- **Hipótesis alternativa (H_1):** La implementación de las cartas balance ha reducido significativamente el trabajo no productivo (TNC) en las partidas de encofrado y concreto.

2. Selección de la prueba estadística

Dado que el objetivo es comparar la reducción del trabajo no productivo entre dos grupos (antes y después de la implementación de las cartas balance), se puede utilizar un **Análisis de varianza (ANOVA)** si se cumplen los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas. En caso contrario, se utilizaría una prueba no paramétrica como **Kruskal-Wallis**.

3. Verificación de supuestos

- **Normalidad:** Se debe realizar la prueba de Shapiro-Wilk para verificar si los datos de ambos grupos siguen una distribución normal.
- **Homogeneidad de varianzas:** Se utiliza la prueba de Levene para verificar si las varianzas son homogéneas.

4. Cálculo del ANOVA o Kruskal-Wallis

Si los datos cumplen los supuestos, se realiza un **ANOVA**. Si no se cumplen, se aplica la **prueba de Kruskal-Wallis**. Estas pruebas compararán las medias o medianas de los grupos (antes y después de la implementación).

5. Interpretación del valor p

- Si el valor **p** < **0.05**, se rechaza la hipótesis nula (H_0), lo que indicaría que la reducción del trabajo no productivo es significativa.
- Si el valor **p** $\geq$ **0.05**, no se rechaza la hipótesis nula, lo que indicaría que la reducción no es significativa.

6. Conclusión

Si el análisis muestra un **valor p** < **0.05**, se concluirá que la **hipótesis específica 2** es **VÁLIDA**, lo que confirma que la implementación de las **cartas balance** ha reducido significativamente el trabajo no productivo en las partidas de encofrado y concreto.



Secuencia de la prueba estadística seleccionada:

Formulación de la hipótesis general:

- **Hipótesis nula (H_0):** La implementación de cartas balance no influye significativamente en el índice de productividad en las partidas de encofrado y concreto durante la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023.
- **Hipótesis alternativa (H_1):** La implementación de cartas balance influye significativamente en el índice de productividad en las partidas de encofrado y concreto durante la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023.

Formulación de la hipótesis específica

Primera hipótesis específica:

- **Hipótesis nula (H_0):** La implementación de cartas balance no influye significativamente en el tiempo dedicado a trabajos productivos (TP) en las partidas de encofrado y concreto durante la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023.
- **Hipótesis alternativa (H_1):** La implementación de cartas balance influye significativamente en el tiempo dedicado a trabajos productivos (TP) en las partidas de encofrado y concreto durante la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023.

Segunda hipótesis específica:

- **Hipótesis Nula (H_0):** La implementación de cartas balance no reduce significativamente el tiempo dedicado a trabajos no contributivos en las partidas de encofrado y concreto durante la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023.
- **Hipótesis Alternativa (H_1):** La implementación de cartas balance reduce significativamente el tiempo dedicado a trabajos no contributivos en las partidas de encofrado y concreto durante la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023.

Tercera hipótesis específica:

- **Hipótesis nula (H_0):** La implementación de cartas balance no influye significativamente en el rendimiento diario de las cuadrillas de encofrado y concreto durante la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023.
- **Hipótesis alternativa (H_1):** La implementación de cartas balance influye significativamente en el rendimiento diario de las cuadrillas de encofrado y concreto durante la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023.

Cuarta hipótesis específica:

- **Hipótesis nula (H_0):** La implementación de cartas balance no reduce significativamente el costo de las partidas de encofrado y concreto durante la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023.
- **Hipótesis alternativa (H_1):** La implementación de cartas balance reduce significativamente el costo de las partidas de encofrado y concreto durante la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023.



CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Análisis de resultados

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos mediante la implementación de la herramienta cartas balance en el proyecto de construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023. Se realizó un análisis exhaustivo de los efectos de esta herramienta en las partidas de encofrado y concreto, abordando aspectos clave como la optimización del rendimiento, la mejora de la productividad y la reducción de costos en comparación con el expediente técnico original.

Los datos recopilados antes y después de la implementación muestran un aumento significativo en la eficiencia y efectividad del trabajo, lo que evidencia los beneficios tangibles de aplicar herramientas avanzadas de gestión en proyectos de construcción. Los resultados cuantitativos y descriptivos reflejan mejoras notables en la productividad y en la gestión de los recursos, subrayando la importancia de adoptar enfoques innovadores para maximizar la eficiencia operativa en la industria.

5.1.1 Análisis de resultados del objetivo general

Partida de encofrado

- Antes de aplicación (reservorio Ccotoma)

Tabla 5 — Resumen de datos obtenidos de carta balance del R1

Antes de implementar	Nº	Trabajador	Partida	TP (min)	TC (min)	TNC (min)	TOTAL (min)
	1	Operario 1	encofrado	12	12	16	40
	3	Operario 2	encofrado	15	13	12	40
	5	Operario 3	encofrado	8	22	10	40
	2	Oficial 1	encofrado	4	28	8	40
	4	Oficial 2	encofrado	4	24	12	40
	6	Oficial 3	encofrado	2	23	15	40
	Total (min)			45	122	73	240

	En porcentaje (%)	19%	51%	30%	100%
--	-------------------	-----	-----	-----	------

De la **Tabla 5**, resumen de carta balance se obtiene la siguiente **Figura 10**

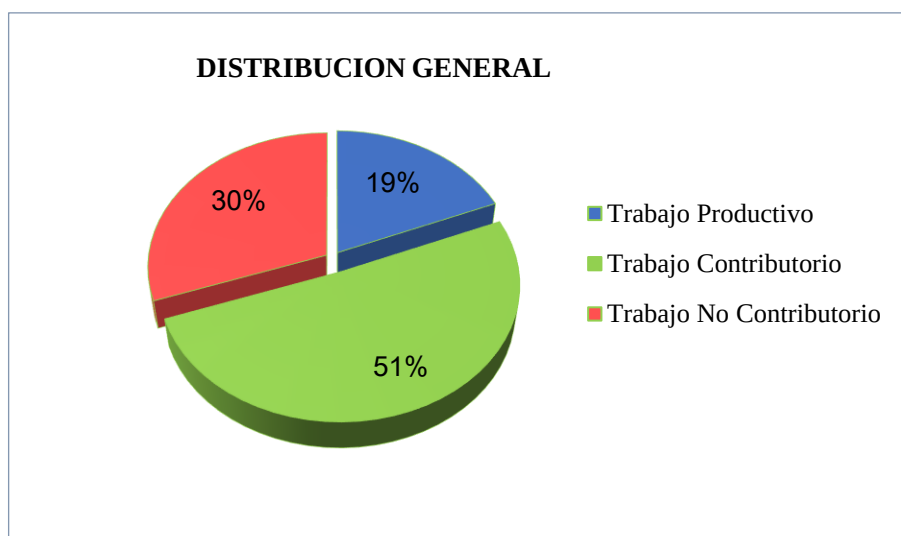


Figura 10 — Distribución por tipos de trabajo partida de encofrado del R1

La **Figura 10** muestra que, antes de la implementación de la carta balance, la cuadrilla analizada dedicaba un **19%** de su tiempo a trabajos productivos, los cuales contribuyen directamente al avance físico del proyecto. Un **51%** del tiempo se destinaba a trabajos contributivos, es decir, tareas necesarias que no generan valor directo, pero que son imprescindibles para el desarrollo del proyecto. Finalmente, un **30%** del tiempo se empleaba en trabajos no contributivos, los cuales no aportan al avance del proyecto, tales como tiempos de espera, descansos o interrupciones.

Por su parte, la **Figura 10** evidencia que el **81%** del tiempo total se dedicaba a tareas que no producen un avance físico inmediato en la obra, lo que resalta una clara oportunidad para optimizar la gestión del tiempo y mejorar la productividad general del equipo.

Tabla 6 — Porcentajes de distribución de trabajo por tipo y trabajador del R1

Trabajador	TP	TC	TNC
Operario 1	30.0%	30.0%	40.0%
Operario 2	37.5%	32.5%	30.0%
Operario 3	20.0%	55.0%	25.0%
Oficial 1	10.0%	70.0%	20.0%

Oficial 2	10.0%	60.0%	30.0%
Oficial 3	5.0%	57.5%	37.5%

De la **Tabla 6**, Porcentajes de distribución de trabajo por tipo y trabajador del reservorio Ccotoma se obtiene la siguiente **Figura 11**

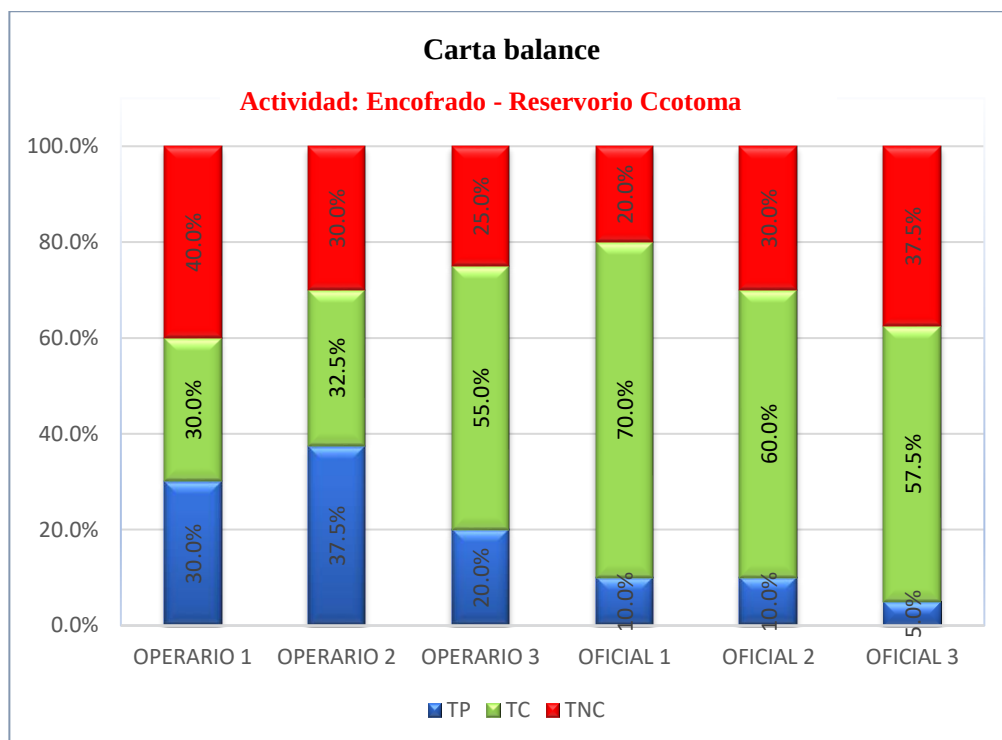


Figura 11 — Distribución del tipo de trabajo por obrero del R1

La **Figura 11** muestra la distribución del trabajo por obrero en la actividad de encofrado del reservorio Ccotoma, priorizando el porcentaje de trabajos productivos que contribuyen directamente al avance físico de la obra. El **Operario 2** es el trabajador más productivo, dedicando un **37.5%** de su tiempo a trabajos productivos, lo cual es crucial para el progreso del proyecto. Además, asigna un **32.5%** de su tiempo a trabajos contributivos y un **30%** a trabajos no contributivos.

El **Operario 3** se encuentra en una posición intermedia, dedicando un **20%** de su tiempo a trabajos productivos, un **55%** a trabajos contributivos y un **25%** a trabajos no contributivos. Por otro lado, el **Oficial 3** es el trabajador menos productivo, dedicando solo un **5%** de su tiempo a trabajos productivos, mientras que el **57.5%** de su tiempo se destina a tareas contributivas y un **37.5%** a trabajos no contributivos.

Estos datos sugieren que, para mejorar la eficiencia general y el avance físico del proyecto, sería beneficioso optimizar el tiempo dedicado a trabajos productivos en algunos de los trabajadores.

De acuerdo con el **Anexo B** (Protocolos o Instrumentos de Recolección de Datos, Paso 1, **Tabla 58**), se obtiene la **Tabla 07**, en la cual se presentan los cálculos para determinar el rendimiento de la cuadrilla antes de la implementación de las cartas balance, a partir de los datos proporcionados en la **Tabla 7**.

Tabla 7 — Rendimiento en partida de encofrado del R1

Medición de tiempo	
Total, de mediciones (min)	240.00
Total, de mediciones (h)	4.00
Tiempo empleado por obrero (hh)	0.67
Metrados	
Longitud de encofrado (m)	1.15
Altura de encofrado x dos lados (m)	2.65
Metrado ejecutado (m ²)	3.05
Rendimientos	
Tiempo para 1 m ² de encofrado (hh/m ²)	1.31
Rendimiento en un día de jornada laboral por 6 obreros (m ² /día)	36.60
Rendimiento promedio en un día de jornada laboral (m ² /día) por 2 obreros que (01 operario + 01 oficial).	12.20

A partir de la **Tabla 7** y del (Anexo B, **Tabla 58**) se obtiene el Índice de productividad.

Tabla 8 — Obtención del IP partida de encofrado R1

Reservorio	Mano de Obra (hombres) (MO)	Índice de Productividad (IP)
Ccotoma	2.00	1.04

La **Tabla 8** muestra que el índice de productividad (IP) es de **1.04**, lo que indica que la cuadrilla está produciendo un **4%** más de lo esperado en comparación con el expediente técnico (E.T.). Este resultado sugiere una eficiencia ligeramente superior, lo que significa que, por cada unidad de recurso empleado, la cuadrilla en el encofrado del reservorio Ccotoma está utilizando los recursos de manera efectiva y superando las expectativas de productividad.

En general, un índice de productividad superior a **1** refleja un uso eficiente de los recursos, mientras que un valor inferior señalaría la necesidad de implementar mejoras en el proceso. En este caso, el índice de **1.04** es una señal positiva de rendimiento, alcanzado antes de la implementación de las cartas balance.

- Después de aplicación (Reservorio Crusmocco)

Tabla 9 — Obtención de datos de carta balance del R2

Después de implementar	Nº	Trabajador	Partida	TP	TC	TNC	Total
	1	Operario 1	Encofrado	17	15	8	40
	3	Operario 2	Encofrado	18	17	5	40
	5	Operario 3	Encofrado	16	17	7	40
	2	Oficial 1	Encofrado	10	24	6	40
	4	Oficial 2	Encofrado	11	22	7	40
	6	Oficial 3	Encofrado	9	21	10	40
	Total (min)			81	116	43	240
	En porcentaje (%)			34%	48%	18%	100%

De la **Tabla 9**, resumen de carta balance se obtiene la siguiente **Figura 12**

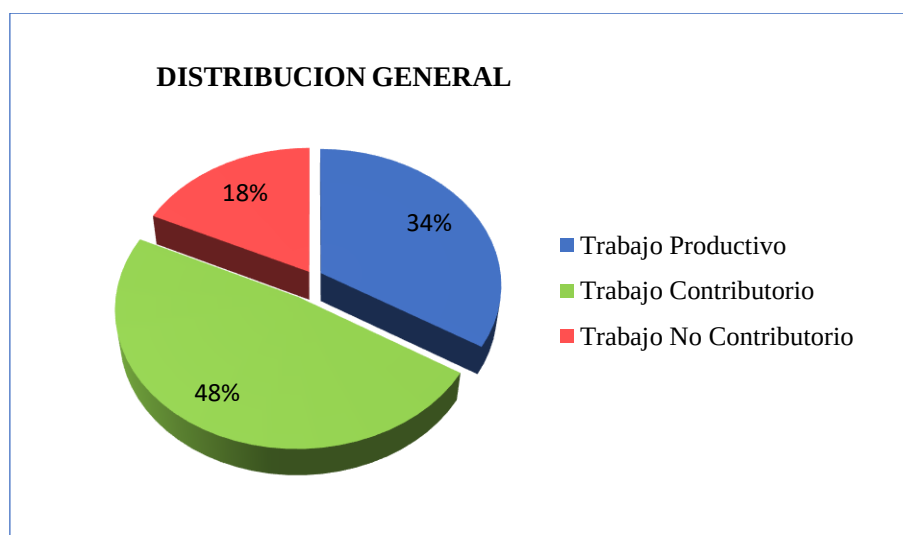


Figura 12 — Distribución por tipos de trabajo en partida de encofrado del R2

La **Figura 12** muestra que, después de la implementación de la carta balance, la cuadrilla analizada dedica un **34%** de su tiempo a trabajos productivos, lo que representa una mejora considerable en comparación con el reservorio Ccotoma. Un **48%** del tiempo se destina a trabajos contributivos, es decir, tareas necesarias que no generan valor directo, pero son indispensables para el avance del proyecto. Finalmente, el **18%** del tiempo se emplea en trabajos no contributivos, como tiempos de espera, descansos o interrupciones, que no aportan al progreso del proyecto.

En términos generales, se observa que el **66%** del tiempo se destina a tareas que no producen un avance físico inmediato en la obra. Sin embargo, la implementación de la carta balance ha tenido un impacto positivo en la mejora de la productividad de la cuadrilla, al reducir el tiempo dedicado a trabajos no contributivos y aumentar el tiempo asignado a actividades productivas.

Tabla 10 — Porcentajes de distribución de trabajo por tipo y trabajador del R2

Trabajador	TP	TC	TNC
Operario 1	42.5%	37.5%	20.0%
Operario 2	45.0%	42.5%	12.5%
Operario 3	40.0%	42.5%	17.5%
Oficial 1	25.0%	60.0%	15.0%
Oficial 2	27.5%	55.0%	17.5%
Oficial 3	22.5%	52.5%	25.0%

De la **Tabla 10**, Porcentajes de distribución de trabajo por tipo y trabajador del reservorio Crusmocco se obtiene la siguiente **Figura 13**

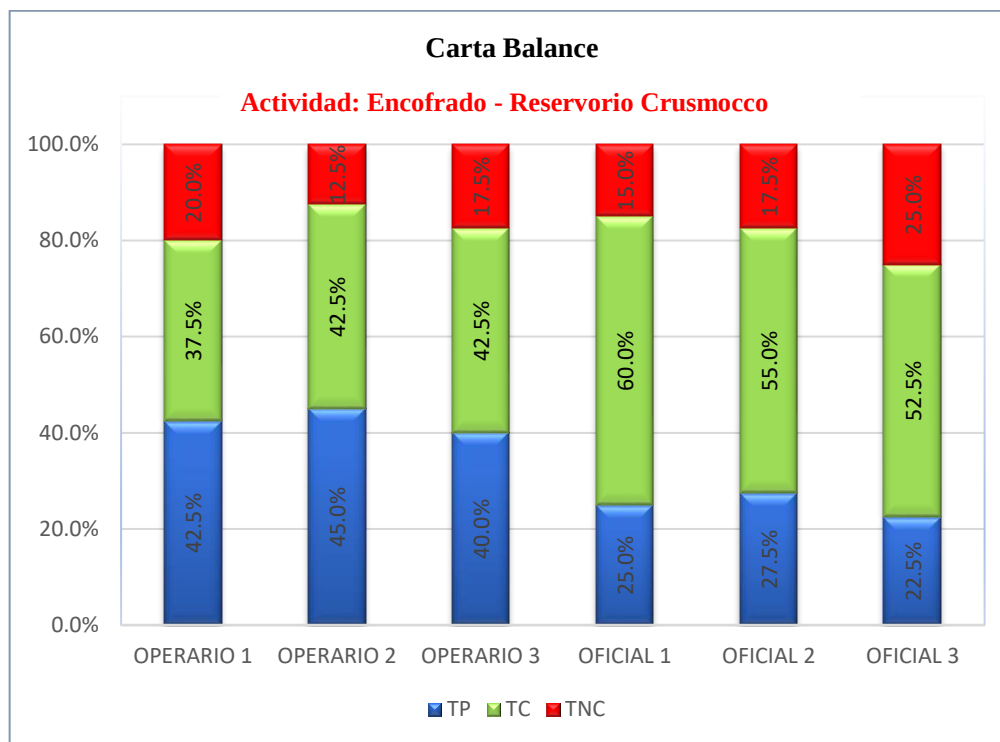


Figura 13 — Distribución del tipo de trabajo por obrero del R2

La **Figura 13** refleja la productividad alcanzada por la cuadrilla después de la implementación de la carta balance, mostrando una mayor dedicación a actividades productivas y contributivas, y una notable reducción en el tiempo destinado a trabajos no contributivos. En particular, el **Operario 2** es el trabajador más productivo, dedicando un **45%** de su tiempo a trabajos productivos, un **42.5%** a trabajos contributivos, y solo un **12.5%** a trabajos no contributivos.

El **Oficial 1** se encuentra en una posición intermedia, con un **25%** de su tiempo dedicado a trabajos productivos, un **60%** a trabajos contributivos, y un **15%** a trabajos no contributivos. En contraste, el **Oficial 3** es el menos productivo, dedicando solo un **22.5%** de su tiempo a trabajos productivos, un **52.5%** a tareas contributivas, y un **25%** a trabajos no contributivos.

Estos datos demuestran que la implementación de la carta balance ha optimizado significativamente la distribución del trabajo en la cuadrilla de la partida de encofrados del reservorio Crusmocco.

Del **Anexo B** (Protocolos o Instrumentos de Recolección de Datos, Paso 2, **Tabla 65**) se obtiene la **Tabla 11**, en la cual se presentan los cálculos para determinar el rendimiento de la cuadrilla después de la implementación de las cartas balance, a partir de los datos proporcionados en la **Tabla 9**.

Tabla 11 — Rendimiento en partida de encofrado del R2

Medición de tiempo	
Total, de mediciones (min)	240.00
Total, de mediciones (h)	4.00
Tiempo empleado por obrero (hh)	0.67
Metrados	
Longitud de encofrado (m)	1.87
Altura de encofrado x dos lados (m)	2.65
Metrado ejecutado (m ²)	4.95
Rendimientos	
Tiempo para 1 m ² de encofrado (hh/m ²)	0.81
Rendimiento en un día de jornada laboral por 6 obreros (m ² /día)	59.40
Rendimiento promedio en un día de jornada laboral (m ² /día) por 2 obreros que (01 operario + 01 oficial).	19.80

A partir de la **Tabla 11** y del (**Anexo B, Tabla 65**) se obtiene el índice de productividad.

Tabla 12 — Obtención del IP partida de encofrado del R2

Reservorio	Mano de Obra (hombres)	Índice de Productividad (IP)
Crusmocco	2.00	2.73

El índice de productividad (IP) mostrado en la **Tabla 12** para la partida de encofrado en el reservorio Crusmocco fue de **2.73**. Este valor indica que la cuadrilla produjo un **173%** más de lo esperado en comparación con el estándar teórico (ET). En otras palabras, la

cuadrilla utilizó los recursos de manera extremadamente eficiente, superando significativamente las expectativas de productividad.

En general, un índice de productividad superior a **1** refleja un uso eficiente de los recursos, mientras que un valor inferior sugiere la necesidad de implementar mejoras en el proceso. En este caso, un índice de **2.73** es una señal muy positiva, que indica que la cuadrilla rindió a un nivel excepcionalmente alto. Este resultado es un claro indicador del éxito en la implementación de las cartas balance, las cuales optimizaron considerablemente la productividad.

Tabla 13 — Optimización del IP en partida de encofrado

Según	Mano de Obra (Hombres) (MO)	Índice de Productividad (IP)	%	Optimización del Índice de Productividad
Reservorio Ccotoma	2.00	1.04	27.59%	44.83 %
Reservorio Crusmocco	2.00	2.73	72.41%	

La **Tabla 13** evidencia un resultado claro y concluyente en la optimización del índice de productividad (IP) en la partida de encofrado, mostrando una mejora del **44.83%** en comparación con el Expediente Técnico. Este aumento significativo subraya la efectividad de las mejoras implementadas a través de la adopción de las cartas balance. Esta herramienta ha facilitado una gestión más eficiente de los recursos, lo que ha permitido una notable mejora en la productividad, el rendimiento y la eficiencia del proyecto.

a. Partida de Concreto

- Antes de aplicación (reservorio Ccotoma)

Tabla 14 — Resumen de datos obtenidos de carta balance del R1

Antes de implementar	Nº	Trabajador	Partida	TP (min)	TC (min)	TNC (min)	Total (min)
	1	Operario 1	concreto	27	4	9	40
	2	Operario 2	concreto	25	7	8	40

3	Oficial 1	concreto	0	23	17	40
4	peón 1	concreto	0	24	16	40
5	peón 2	concreto	0	29	11	40
6	peón 3	concreto	0	26	14	40
7	peón 4	concreto	0	30	10	40
8	peón 5	concreto	0	31	9	40
9	peón 6	concreto	0	27	13	40
10	peón 7	concreto	0	28	12	40
11	peón 8	concreto	12	13	15	40
12	peón 9	concreto	8	18	14	40
13	peón 10	concreto	9	16	15	40
14	peón 11	concreto	10	13	17	40
Total (min)			91	289	180	560
En porcentaje (%)			16%	52%	32%	100%

De la **Tabla 14**, resumen de carta balance se obtiene la siguiente **Figura 14**

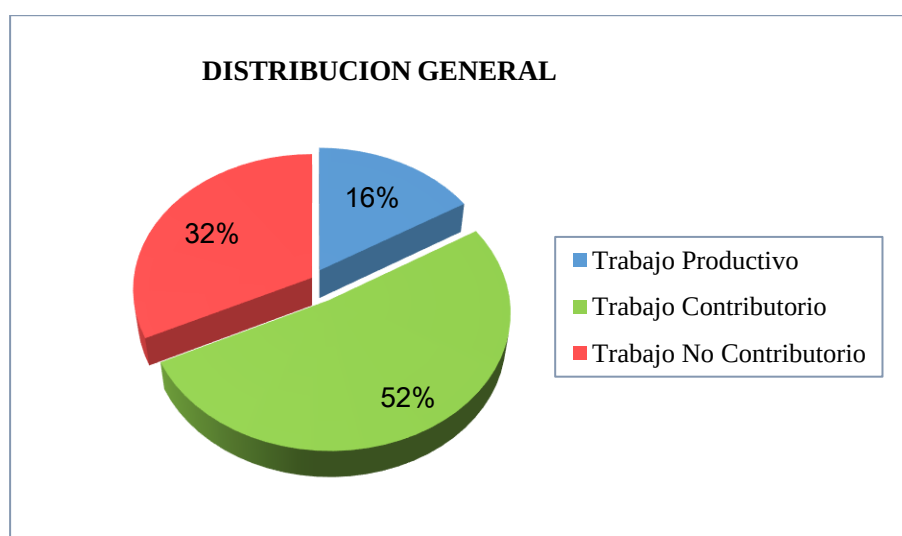


Figura 14 — Distribución por tipos de trabajo en partida de concreto del R1

La **Figura 14** muestra que, antes de la implementación de la carta balance, la cuadrilla analizada dedicaba un **16%** de su tiempo a trabajos productivos, mientras que un **52%** del tiempo se destinaba a trabajos contributivos. Finalmente, el **32%** del tiempo se utilizaba en trabajos no contributivos. Por su parte, la **Figura 14** evidencia que el **84%** del tiempo total se empleaba en tareas que no generaban un avance físico inmediato en

la obra, lo que resalta una clara oportunidad para optimizar la gestión del tiempo y mejorar la productividad general del equipo.

Tabla 15 — Porcentajes de distribución de trabajo por tipo y trabajador del R1

Trabajador	TP	TC	TNC
Operario 1	67.5%	10.0%	22.5%
Operario 2	62.5%	17.5%	20.0%
Oficial 1	0.0%	57.5%	42.5%
Peón 1	0.0%	60.0%	40.0%
Peón 2	0.0%	72.5%	27.5%
Peón 3	0.0%	65.0%	35.0%
Peón 4	0.0%	75.0%	25.0%
Peón 5	0.0%	77.5%	22.5%
Peón 6	0.0%	67.5%	32.5%
Peón 7	0.0%	70.0%	30.0%
Peón 8	30.0%	32.5%	37.5%
Peón 9	20.0%	45.0%	35.0%
Peón 10	22.5%	40.0%	37.5%
Peón 11	25.0%	32.5%	42.5%

De la **Tabla 15**, Porcentajes de distribución de trabajo por tipo y trabajador del reservorio Ccotoma se obtiene la siguiente **Figura 15**.

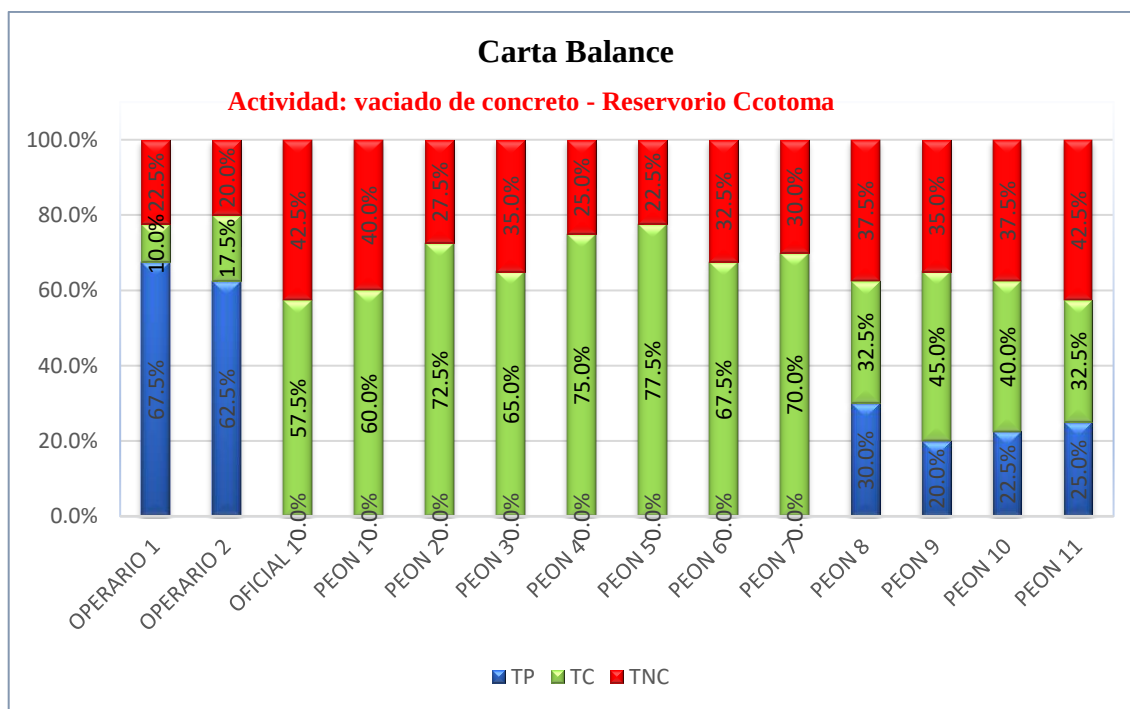


Figura 15 — Distribución del tipo de trabajo por obrero del R1

La **Figura 15** muestra la distribución del trabajo por obrero en la actividad de concreto del reservorio Ccotoma, priorizando el porcentaje de trabajos productivos que contribuyen directamente al avance físico de la obra. El **Operario 1** es el trabajador más productivo, dedicando un **67.5%** de su tiempo a trabajos productivos, lo cual es crucial para el progreso del proyecto. Además, asigna un **10%** de su tiempo a trabajos contributivos y un **22.5%** a trabajos no contributivos.

El **Peón 8** se encuentra en una posición intermedia, dedicando un **30%** de su tiempo a trabajos productivos, un **32.5%** a trabajos contributivos y un **37.5%** a trabajos no contributivos. Por otro lado, el **Oficial 9** es el trabajador menos productivo, dedicando solo un **20%** de su tiempo a trabajos productivos, mientras que un **45%** de su tiempo se destina a tareas contributivas y un **35%** a trabajos no contributivos.

Estos datos sugieren que, para mejorar la eficiencia general y el avance físico del proyecto, sería beneficioso optimizar el tiempo dedicado a trabajos productivos en algunos de los trabajadores.

Del **Anexo B** (Protocolos o Instrumentos de Recolección de Datos, Paso 3, **Tabla 76**) se obtiene la **Tabla 16**, en la cual se presentan los cálculos utilizados para determinar el rendimiento de la cuadrilla antes de la implementación de las cartas balance. Estos cálculos se realizan a partir de los datos proporcionados en la **Tabla 14**.

Tabla 16 — Rendimiento en partida de concreto del R1

Medición de tiempo	
Total, de mediciones (min)	560.00
Total, de mediciones (hh)	9.33
Tiempo empleado por obrero (hh)	0.67
Metrados	
Longitud de vaciado (m)	1.92
Altura de vaciado (m)	2.65
Ancho de Vaciado (m)	0.25
Metrado ejecutado (m ³)	1.27
Rendimientos	
Tiempo para 1 m ³ de concreto (hh/m ³)	7.35
Rendimiento en un día de jornada laboral por 14 obreros (m ³ /día)	15.23



A partir de la **Tabla 16** y del (Anexo B, **tabla 76**) se obtiene el Índice de productividad.

Tabla 17 — Obtención del índice de productividad del R1

Reservorio	Mano de Obra (hombres) (MO)	Índice de Productividad (IP)
Ccotoma	14.00	1.67

La **Tabla 17** muestra que el índice de productividad de **1.67** indica que la cuadrilla produjo un **67%** más de lo esperado en comparación con el estándar teórico (E.T.), lo que sugiere una eficiencia superior. Esto significa que, por cada unidad de recurso empleado, la cuadrilla en el encofrado del reservorio Ccotoma aprovechó los recursos de manera efectiva, superando significativamente las expectativas de productividad.

- Después de aplicación (reservorio Crusmocco)

Tabla 18 — Obtención de datos de carta balance del R2

Después de implementar	Nº	Trabajador	Partida	TP	TC	TNC	Total
	1	Operario 1	concreto	29	6	5	40
	2	Operario 2	concreto	26	6	8	40
	3	Oficial 1	concreto	0	34	6	40
	4	peón 1	concreto	0	0	0	0
	5	peón 2	concreto	0	38	2	40
	6	peón 3	concreto	0	0	0	0
	7	peón 4	concreto	0	35	5	40
	8	peón 5	concreto	0	38	2	40
	9	peón 6	concreto	0	0	0	0
	10	peón 7	concreto	0	0	0	0
	11	peón 8	concreto	11	20	9	40
	12	peón 9	concreto	13	21	6	40

13	peón 10	concreto	15	20	5	40
14	peón 11	concreto	14	17	9	40
Total (min)			108	235	57	560
En porcentaje (%)			27%	59%	14%	100%

De la **Tabla 18**, resumen de carta balance se obtiene la siguiente **Figura 16**

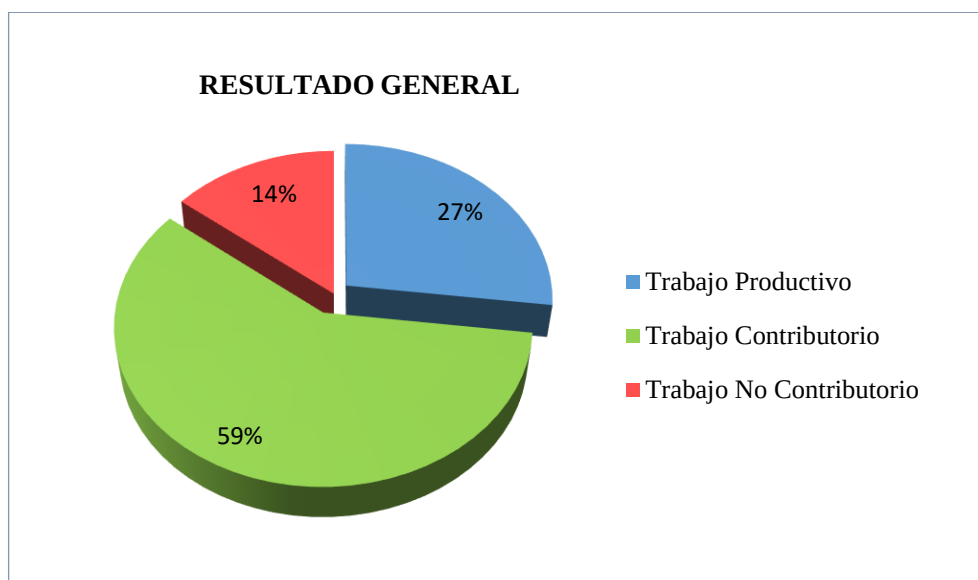


Figura 16 — Distribución por tipos de trabajo partida de concreto del R2

La **Figura 16** muestra que, después de la implementación de la carta balance, la cuadrilla dedica un **27%** de su tiempo a trabajos productivos, lo que representa una mejora considerable en comparación con la situación anterior en el reservorio Ccotoma. Un **59%** del tiempo se destina a trabajos contributivos, es decir, tareas necesarias que no generan un valor directo. Finalmente, el **14%** del tiempo se utiliza en trabajos no contributivos, tales como tiempos de espera, descansos o interrupciones, los cuales no aportan al avance del proyecto.

En términos generales, se evidencia que el **73%** del tiempo total sigue dedicándose a tareas que no producen un avance físico inmediato en la obra. Sin embargo, la implementación de la carta balance tuvo un impacto positivo en la mejora de la productividad de la cuadrilla, ya que se ha incrementado el tiempo destinado a trabajos productivos y se ha reducido el tiempo asignado a tareas no contributivas.

Tabla 19 — Porcentajes de distribución de trabajo por tipo y trabajador del R2

Trabajador	TP	TC	TNC
Operario 1	72.5%	15.0%	12.5%
Operario 2	65.0%	15.0%	20.0%
Oficial 1	0.0%	85.0%	15.0%
Peón 2	0.0%	95.0%	5.0%
Peón 4	0.0%	87.5%	12.5%
Peón 5	0.0%	95.0%	5.0%
Peón 8	27.5%	50.0%	22.5%
Peón 9	32.5%	52.5%	15.0%
Peón 10	37.5%	50.0%	12.5%
Peón 11	35.0%	42.5%	22.5%

De la **Tabla 19**, Porcentajes de distribución de trabajo por tipo y trabajador del reservorio Crusmocco se obtiene la siguiente **Figura 17**.

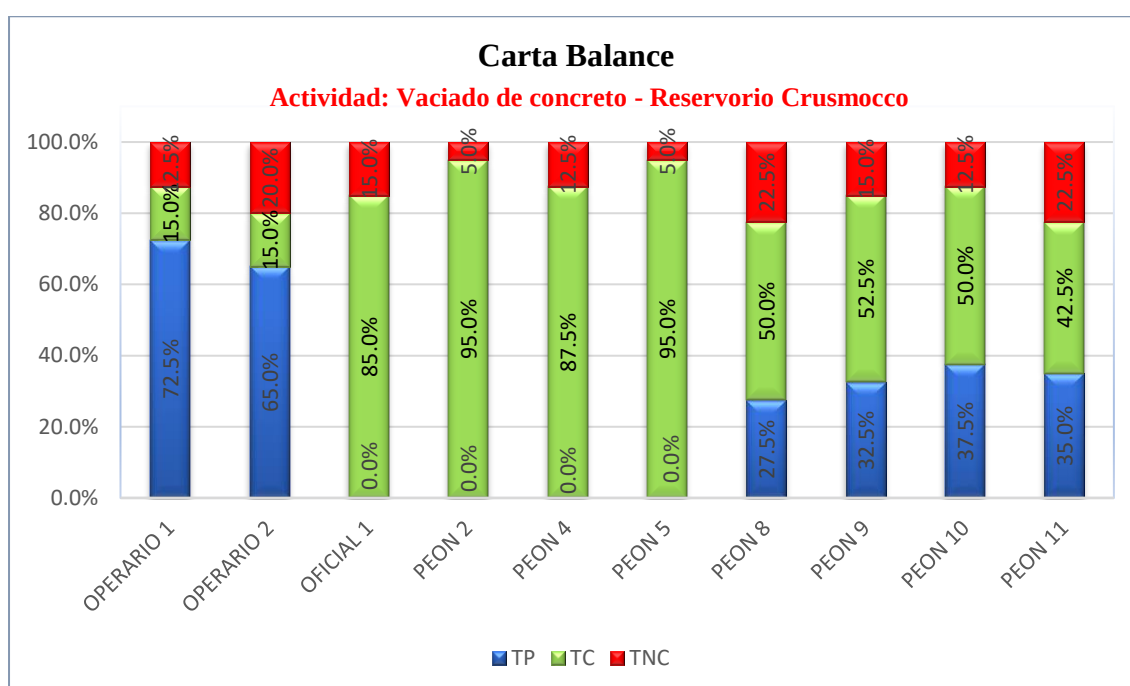


Figura 17 — Distribución del tipo de trabajo por obrero del R2

La **Figura 17** refleja la productividad alcanzada por la cuadrilla después de la implementación de la carta balance, mostrando una mayor dedicación a actividades productivas y contributivas, y una notable reducción en el tiempo destinado a trabajos no contributivos. En particular, el **Operario 1** es el trabajador más productivo,

dedicando un **72.5%** de su tiempo a trabajos productivos, un **15%** a trabajos contributivos y solo un **12.5%** a trabajos no contributivos.

El **Peón 11** se encuentra en una posición intermedia, dedicando un **35%** de su tiempo a trabajos productivos, un **42.5%** a trabajos contributivos y un **22.5%** a trabajos no contributivos. En contraste, el **Oficial 1** es el trabajador menos productivo, con **0%** de su tiempo dedicado a trabajos productivos, un **85%** a tareas contributivas y un **15%** a trabajos no contributivos.

Estos datos demuestran que la implementación de la carta balance ha optimizado significativamente la distribución del trabajo en la cuadrilla en la partida de encofrados del reservorio Crusmocco.

Del **Anexo B** (Protocolos o Instrumentos de Recolección de Datos, Paso 4, **Tabla 83**) se obtiene la **Tabla 20**, en la cual se presentan los cálculos utilizados para determinar el rendimiento de la cuadrilla después de la implementación de las cartas balance. Estos cálculos se realizan a partir de los datos proporcionados en la **Tabla 18**.

Tabla 20 — Rendimiento en partida de concreto del R2

Medición de tiempo	
Total, de mediciones (min)	400.00
Total, de mediciones (hh)	6.67
Tiempo empleado por obrero (hh)	0.67
Metrados	
Longitud de vaciado (m)	2.37
Altura de vaciado (m)	2.65
Ancho de Vaciado (m)	0.25
Metrado ejecutado (m ³)	1.57
Rendimientos	
Tiempo para 1 m ³ de concreto (hh/m ³)	4.25
Rendimiento en un día de jornada laboral por 14 obreros (m ³ /día)	18.82

A partir de la **Tabla 20** y del (Anexo B, **Tabla 83**) se obtiene el Índice de productividad.

Tabla 21 — Obtención del índice de productividad del R2

Reservorio	Mano de Obra (hombres) (MO)	Índice de Productividad (IP)
Crusmocco	10.00	2.53

El índice de productividad (IP) mostrado en la **Tabla 21** para la partida de vaciado de concreto en el reservorio Crusmocco fue de **2.53**. Este valor indica que la cuadrilla produjo un **153%** más de lo esperado en comparación con el estándar teórico (ET). En otras palabras, la cuadrilla utilizó los recursos de manera muy eficiente, superando significativamente las expectativas de productividad.

En este caso, un índice de **2.53** es una señal muy positiva, que indica que la cuadrilla rindió a un nivel alto. Este resultado es un claro indicador del éxito en la implementación de las cartas balance, las cuales optimizaron considerablemente la productividad.

Tabla 22 — Optimización del IP en partida de concreto

Reservorio	Mano de Obra (hombres) (MO)	Índice de Productividad (IP)	%	Optimización del Índice de Productividad
Ccotoma	14.00	1.67	39.76%	20.48 %
Crusmocco	10.00	2.53	60.24%	

La **Tabla 22** evidencia un resultado claro y concluyente en la optimización del índice de productividad (IP) en la partida de concreto, demostrando una mejora del **20.48%** en comparación con el Expediente Técnico. Este aumento significativo subraya la efectividad de las mejoras implementadas mediante la adopción de las cartas balance. Esta herramienta ha facilitado una gestión más eficiente de los recursos, lo que ha permitido una notable mejora en la productividad, rendimiento y eficiencia del proyecto.

1. Optimización

• Productividad

Tabla 23 — Porcentaje de optimización en partida de encofrado

Ítem	Tipo de trabajo	Reservorio Ccotoma	Reservorio Crusmocco	Optimización
1	TP	19%	34%	15%
2	TC	51%	48%	-3%
3	TNC	30%	18%	-12%

De la **Tabla 23**, Porcentajes de optimización del reservorio Crusmocco en la partida de encofrado se obtiene la siguiente **Figura 18**.

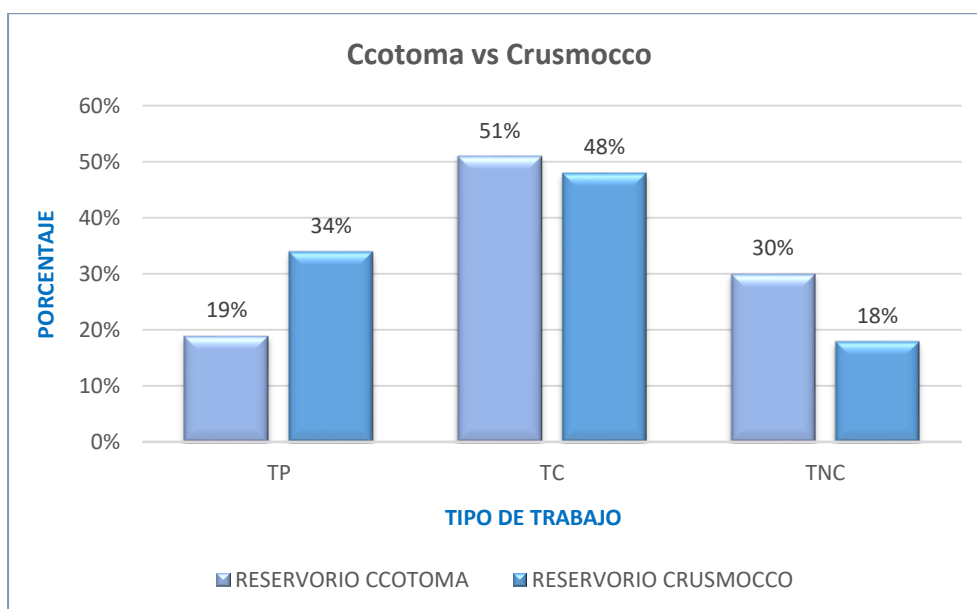


Figura 18 — Optimización por tipo de trabajo en partida de encofrado

La **Figura 18** muestra el análisis comparativo de la optimización por tipo de trabajo en la partida de encofrado entre los reservorios **CCOTOMA** y **CRUSMOCCO**. Los resultados evidencian que, mediante el uso de cartas balance, se ha logrado mejorar significativamente la eficiencia en los trabajos. En particular, en la partida de encofrado, se observa una optimización del **Trabajo Productivo (TP)** en un **15%**, una reducción considerable del **Trabajo No Contributivo (TNC)** en un **12%**, y una disminución del **Trabajo Contributivo (TC)** en un **3%**. Estas mejoras reflejan un avance notable en la gestión y ejecución de los trabajos en ambos reservorios.

Tabla 24 — Porcentaje de optimización en partida de concreto

Ítem	Tipo de trabajo	Reservorio Ccotoma	Reservorio Crusmocco	Optimización
1	TP	16%	27%	11%
2	TC	52%	59%	7%
3	TNC	32%	14%	-18%

De la **Tabla 24**, Porcentajes de optimización del reservorio Crusmocco en la partida de concreto se obtiene la **Figura 19**.

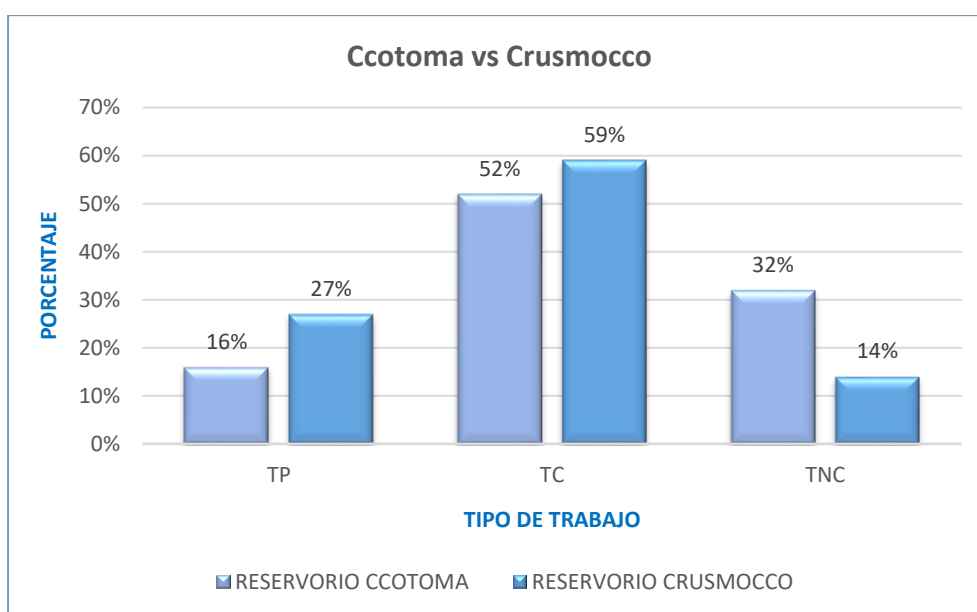


Figura 19 — Tipo de trabajo en partida de vaciado de concreto

La **Figura 19** muestra el análisis comparativo de la optimización por tipo de trabajo en la partida de concreto entre los reservorios **CCOTOMA** y **CRUSMOCCO**. Los resultados evidencian que, mediante el uso de cartas balance, se ha logrado mejorar significativamente la eficiencia en los trabajos. En particular, en la partida de concreto, se observa una optimización del **Trabajo Productivo (TP)** en un **11%**, una reducción considerable del **Trabajo No Contributivo (TNC)** en un **18%**, y una disminución del **Trabajo Contributivo (TC)** en un **7%**. Estas mejoras reflejan un avance notable en la gestión y ejecución de los trabajos en ambos reservorios.

5.1.2 Análisis de resultados del objetivo específico 1

Trabajos Productivos partida de encofrados

A partir de las mediciones efectuadas según el **Anexo B** (Protocolos o Instrumentos de Recolección de Datos, Paso 1, 2, 3 y 4), se generó la **Tabla 25**, que presenta los porcentajes de cada actividad involucrada en los **Trabajos Productivos (TP)**. Esta tabla incluye los resultados de ambos reservorios. Además, los datos se comparan visualmente en el gráfico de la **Figura 20**.

Tabla 25 — Cuadro comparativo de la distribución del tiempo del TP

Actividad	Reservorio Ccotoma (antes de la optimización)	Reservorio Crusmocco (después de la optimización)
Instalación de Paneles	46.67%	20.99%
Amarre y/o Clavado	13.33%	27.16%
Alineación Vertical del Encofrado	15.56%	7.41%
Apuntalado de Encofrado	24.44%	44.44%
TOTAL	100%	100%

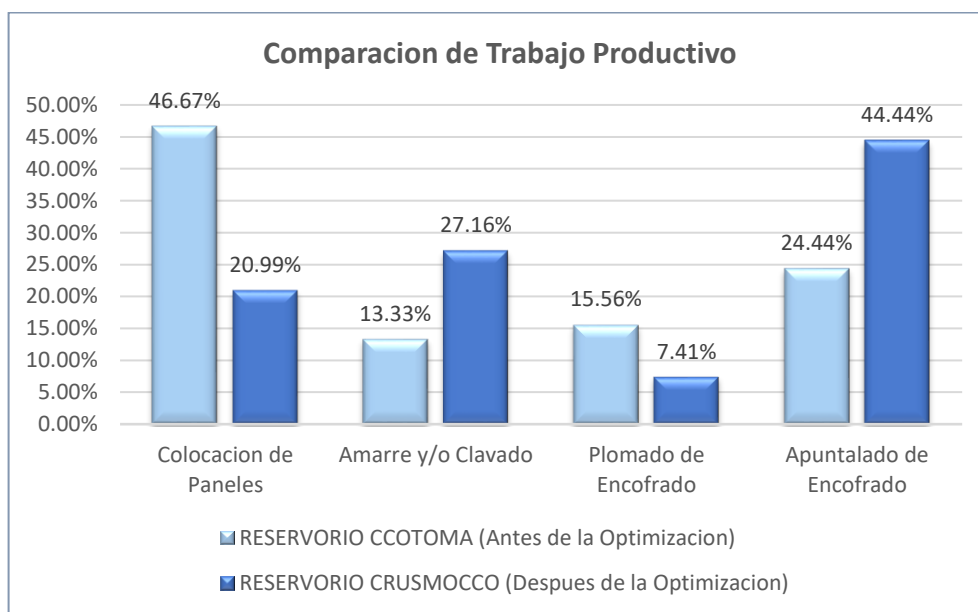


Figura 20 — Cuadro Comparativo del TP en partida de encofrado

La **Tabla 25** y la **Figura 20** presentan un análisis comparativo de la distribución del tiempo de trabajo productivo en las actividades de encofrado en dos escenarios: antes y

después de la implementación de cartas balance en los reservorios **Ccotoma** y **Crusmocco**, respectivamente.

La **Figura 20** visualiza la distribución porcentual del tiempo dedicado a cada actividad de encofrado, mostrando una reducción significativa en la duración de la **instalación de paneles** y del **apuntalado de encofrado** en Crusmocco, mientras que el tiempo dedicado al **armado y clavado** aumenta. Esto indica una redistribución de esfuerzos que podría reflejar una optimización de los procesos.

La implementación de la herramienta cartas balance, basada en la filosofía de **Lean Construction** en el reservorio Crusmocco, ha resultado en una notable mejora en la eficiencia del trabajo productivo en comparación con el reservorio Ccotoma. Se observa una drástica reducción en el tiempo dedicado a la **colocación y apuntalado de paneles**, que son actividades significativamente laboriosas. Por otro lado, el aumento en el tiempo para el **armado y clavado** sugiere un enfoque más detallado en la calidad y precisión en esta etapa del proceso.

En general, los cambios reflejan un uso más eficiente del tiempo y los recursos, resultando en una ejecución más ágil y posiblemente más precisa del encofrado. Esto subraya los beneficios de aplicar principios de **Lean Construction** para mejorar la productividad y reducir trabajos no contributivos en proyectos de construcción.

Trabajos Productivos vaciado de concreto

A partir de las mediciones efectuadas según el **Anexo B** (Protocolos o Instrumentos de Recolección de Datos, Paso 1, 2, 3 y 4), se generó la **Tabla 26**, que presenta los porcentajes de cada actividad involucrada en los **Trabajos Productivos (TP)**. Esta tabla incluye los resultados de ambos reservorios. Además, los datos se comparan visualmente en el gráfico de la **Figura 21**.

Tabla 26 — Cuadro comparativo de la distribución del tiempo de TP en partida de concreto

Actividad	Reservorio Ccotoma (antes de la optimización)	Reservorio Crusmocco (después de la optimización)
Colocación de Mezcla	72.53%	75.93%
Vibrado de Concreto	18.68%	18.52%
Moldear Concreto	8.79%	5.56%
TOTAL	100%	100%

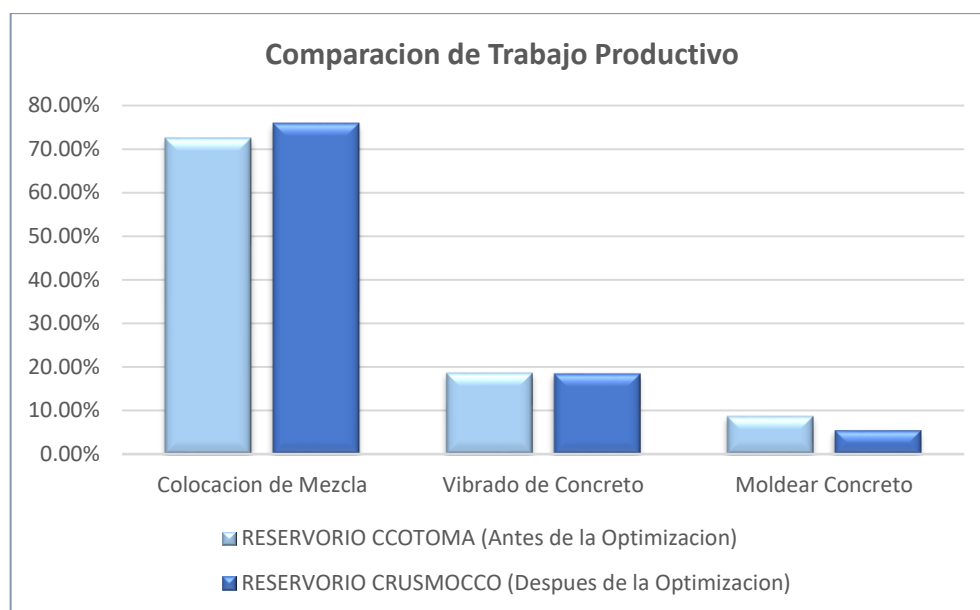


Figura 21 — Cuadro comparativo de TP en partida de vaciado de concreto.

La **Tabla 26** y la **Figura 21** proporcionan una comparativa entre el **Reservorio Ccotoma** antes de la implementación de cartas balance y el **Reservorio Crusmocco** después de su implementación, específicamente en la partida de vaciado de concreto, que incluye las actividades de **colocación de mezcla**, **vibrado de concreto** y **moldeado de concreto**.

La implementación de la herramienta cartas balance, bajo el enfoque de **Lean Construction** en el reservorio Crusmocco, ha resultado en mejoras notables en la gestión del tiempo durante las partidas de vaciado de concreto. Los aumentos en el tiempo dedicado a la **colocación de la mezcla** y las reducciones en las otras dos actividades reflejan un enfoque más estratégico y eficiente. Es especialmente notable la disminución en el tiempo dedicado al **moldeado de concreto**, lo que puede indicar una mejora en la calidad del trabajo y en la precisión del proceso.

Tabla 27 — Porcentaje de optimización en trabajos productivos

Partida	Tipo de trabajo	Reservorio Ccotoma	Reservorio Crusmocco	Optimización
ENCOFRADO	TP	19%	34%	15%
CONCRETO	TP	16%	27%	11%

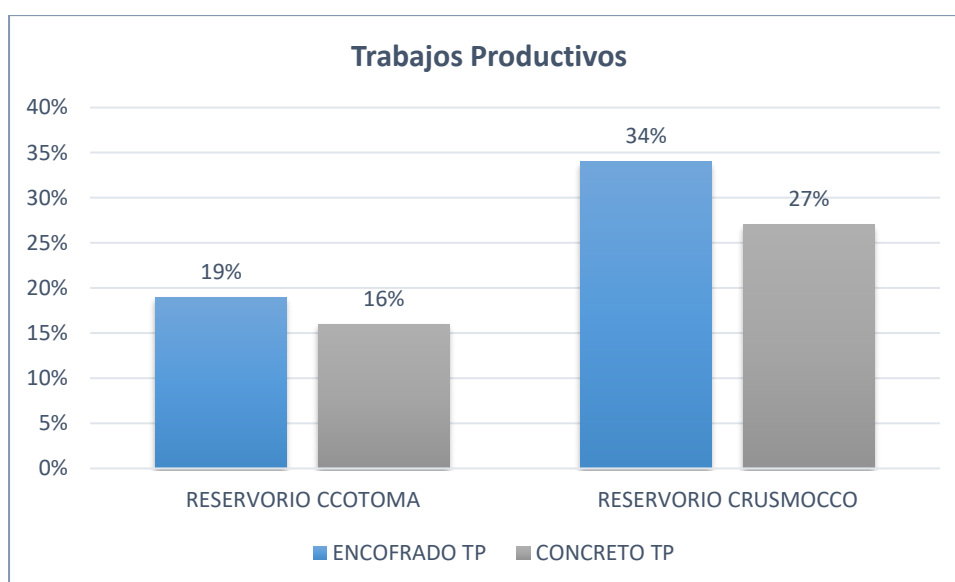


Figura 22 — Comparación del % de TP entre los reservorios 1 y 2

La **Tabla 27** y la **Figura 22** muestran un análisis comparativo del porcentaje de optimización en **Trabajos Productivos (TP)** entre los reservorios **Ccotoma** y **Crusmocco**. Se observa que el reservorio **Crusmocco** presenta una mayor optimización en ambas partidas, con un **34%** en encofrado y un **27%** en concreto, en comparación con el reservorio **Ccotoma**, que muestra un **19%** y **16%**, respectivamente.

Esta optimización se traduce en un incremento del **15%** en encofrado y un **11%** en concreto, lo que refleja una mejora significativa en la eficiencia del trabajo productivo en **Crusmocco** frente a **Ccotoma**.

5.1.3 Análisis de resultados del objetivo específico 2

Trabajos No Contributivos en partida de encofr4ado

A partir de las mediciones efectuadas según el **Anexo B** (Protocolos o Instrumentos de Recolección de Datos, Paso 1, 2, 3 y 4), se generó la **Tabla 28**. A continuación, la **Figura 23** ilustra gráficamente esta comparación.

Tabla 28 — Cuadro comparativo de la distribución del tiempo del TNC

Actividad	Reservorio Ccotoma (antes de la optimización)	Reservorio Crusmocco (después de la optimización)
Esperas	19.18%	20.93%

Viajes	5.48%	16.28%
Utilizar celular	21.92%	0.00%
Hablar entre compañeros	5.48%	16.28%
Descanso/tiempo ocioso	10.96%	4.65%
Ir a SSHH	15.07%	9.30%
Trabajos rehechos	17.81%	25.58%
Ausencia	4.11%	6.98%
Total	100%	100%

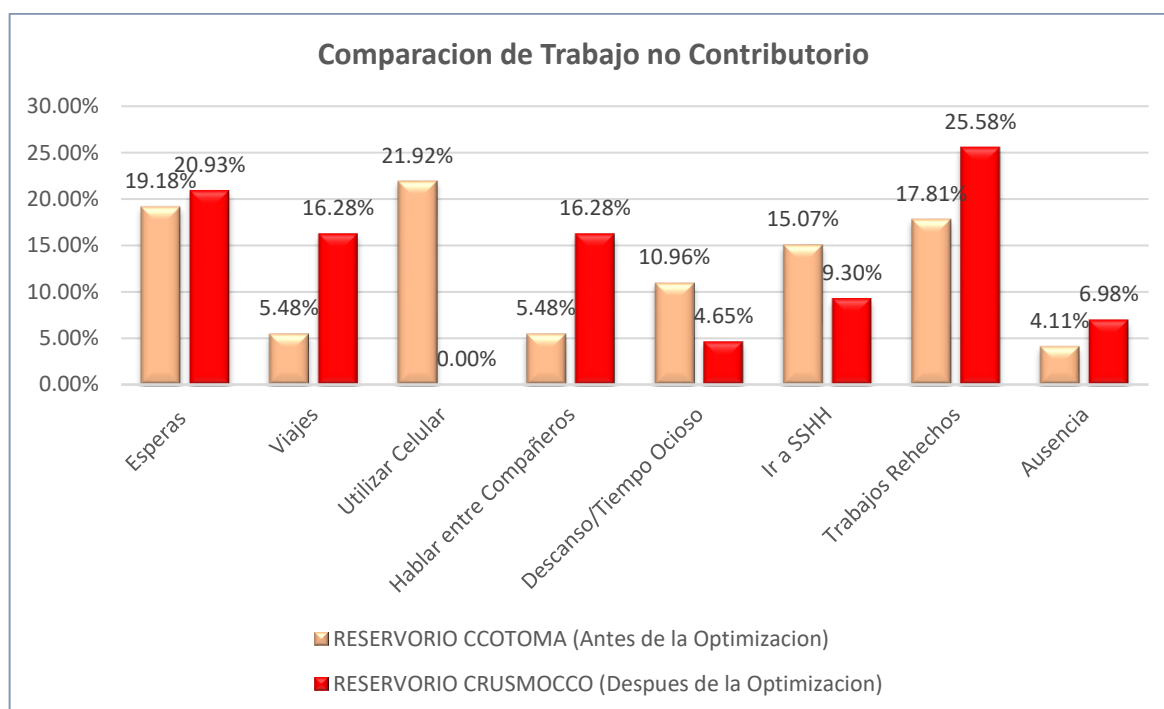


Figura 23 — Cuadro comparativo del TNC en partida de encofrado

La **Tabla 28** y la **Figura 23** presentan un análisis comparativo del tiempo dedicado a **Trabajos No Contributivos (TNC)** en los reservorios **Ccotoma** y **Crusmocco**, antes y después de la implementación de la herramienta **cartas balance**, respectivamente. Estos datos reflejan cómo la implementación de las cartas balance ha influido en la reducción o redistribución del tiempo no contributivo.

La implementación de la herramienta **cartas balance** en el reservorio **Crusmocco** ha tenido un impacto mixto en la reducción de trabajos no contributivos. Mientras que se han observado mejoras significativas en la reducción del uso de celulares, conversaciones entre compañeros, viajes y tiempo ocioso, también se ha registrado un

aumento en las tasas de trabajos rehechos y ausencias. Esto sugiere que, si bien algunas prácticas han sido efectivas, otras áreas, como la calidad del trabajo y la gestión de personal, podrían requerir atención adicional para optimizar completamente los beneficios de las cartas balance.

En general, la implementación ha llevado a una redistribución y, en algunos casos, a una reducción del trabajo no contributivo, aunque aún existen áreas específicas que necesitan mejoras adicionales.

Trabajos No Contributorios en partida de concreto

Los porcentajes correspondientes a los **Trabajos No Contributivos (TNC)** de cada obra están detallados en la **Tabla 29**. A continuación, la **Figura 24** ilustra gráficamente esta comparación.

Tabla 29 — Cuadro comparativo de la distribución del tiempo del TNC

Actividad	Reservorio Ccotoma (antes de la optimización)	Reservorio Crusmocco (después de la optimización)
Esperas	51.11%	52.63%
Parado esperando concreto	37.22%	29.82%
Utilizar celular	2.22%	0.00%
Conversaciones	1.67%	0.00%
Descanso por agotamiento físico	2.22%	10.53%
SS-HH	1.67%	5.26%
Trabajos rehechos	0.56%	0.00%
Ausencia	0.56%	0.00%
Viajes con manos vacías	2.78%	1.75%
Total	100%	100%

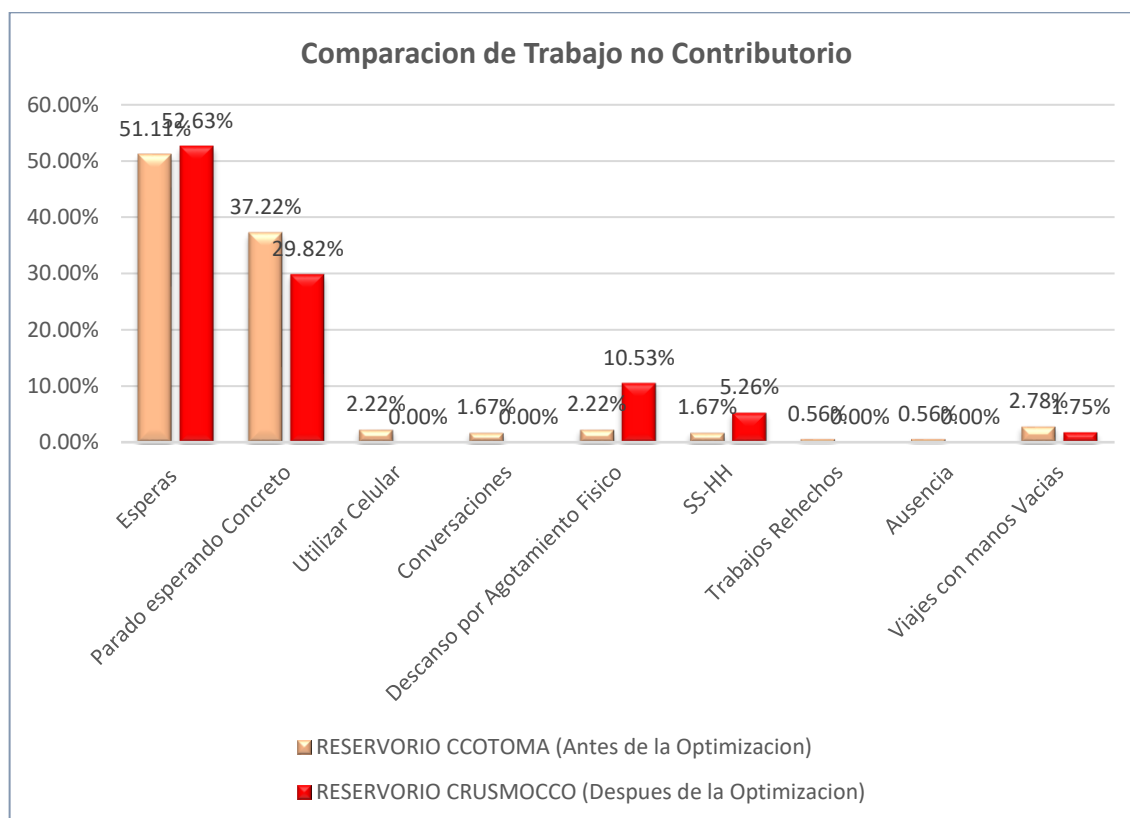


Figura 24 — Comparación de TNC en partida de vaciado de concreto

La **Tabla 29** y la **Figura 24** muestran la distribución del **Trabajo No Contributivo (TNC)** en dos reservorios, **Ccotoma** y **Crusmocco**, antes y después de la implementación de la herramienta **cartas balance**, respectivamente. Estos datos reflejan cómo esta herramienta ha influido y posiblemente mejorado la eficiencia al eliminar o reducir actividades que no añaden valor al proceso de vaciado de concreto.

La implementación de cartas balance en el **Reservorio Crusmocco** ha llevado a mejoras significativas en la reducción de trabajos no contributivos (TNC) en comparación con el **Reservorio Ccotoma**. Las prácticas y políticas implementadas han resultado en una disminución de trabajos no contributivos (TNC), como el uso de celulares, conversaciones no laborales y trabajos rehechos. Aunque los tiempos de descanso y sanitarios han aumentado, estos cambios podrían estar alineados con una estrategia de mantener una fuerza laboral más saludable y comprometida.

En conjunto, estas mejoras sugieren un enfoque más disciplinado y eficiente, alineado con los principios de **Lean Construction** para maximizar la productividad y minimizar el desperdicio.

Tabla 30 — Porcentaje de reducción en trabajos no contributivos

Partida	Tipo de trabajo	Reservorio Ccotoma	Reservorio Crusmocco	Optimización
ENCOFRADO	TNC	30%	18%	-12%
CONCRETO	TNC	32%	14%	-18%

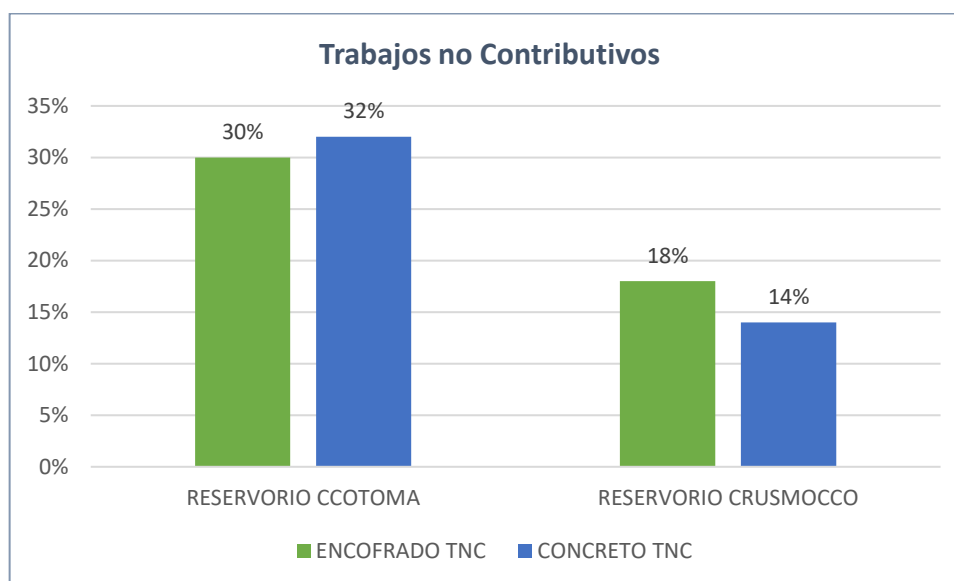


Figura 25 — Comparación del % de TNC entre los reservorios 1 y 2

La **Tabla 30** y la **Figura 25** muestran que, en comparación con el **Reservorio Ccotoma**, el **Reservorio Crusmocco** ha logrado una reducción en los **Trabajos No Contributivos (TNC)** en ambas partidas, con una disminución del **18%** en encofrado y un **14%** en concreto.

Verificación del impacto que tiene la implementación de cartas balance en la reducción de trabajos no contributivos (TNC) mediante análisis estadístico.

Se determinó mediante el análisis estadístico si hubo diferencia significativa en la actividad de trabajo no contributivo (TNC) del antes y después de la aplicación de cartas balance, las cuales incrementaron notablemente en la eficiencia del trabajo productivo.

- a. Partida de encofrado (Reservorio Ccotoma – Reservorio Crusmocco)

- Se dispone de un conjunto de **12 datos** correspondientes a la partida de encofrado.

Tabla 31 — Datos para el análisis estadístico en la partida de encofrado

N°	Trabajador	Partida	Antes	Después
			TNC (min)	TNC (min)
1	Operario 1	encofrado	16	8
3	Operario 2	encofrado	12	5
5	Operario 2	encofrado	10	7
2	Oficial 1	encofrado	8	6
4	Oficial 2	encofrado	12	7
6	Oficial 3	encofrado	15	10

- Es necesario comparar dos grupos, cada uno compuesto por **6 datos**, lo que da un total de **12 datos**.

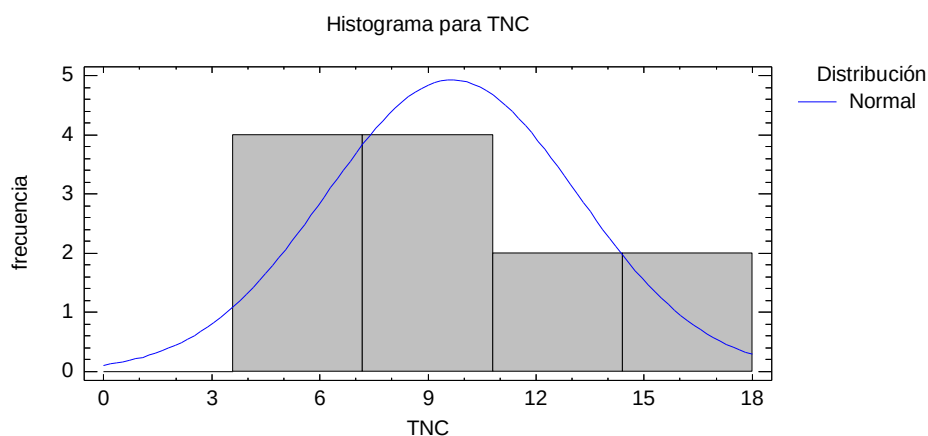


Figura 26 — Histograma de TNC en partida de encofrado

- Los datos presentan una distribución normal, confirmada mediante la **prueba de Shapiro-Wilk**. Esta prueba es particularmente adecuada para muestras pequeñas y se utiliza comúnmente en estudios estadísticos para verificar la normalidad de los datos, asegurando que se cumplan los supuestos necesarios para la aplicación de pruebas paramétricas.

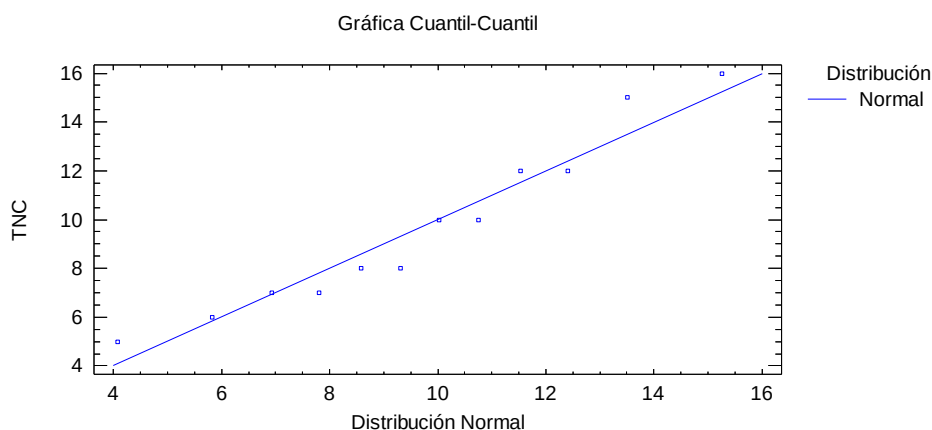


Figura 27 — Distribución normal de TNC en partida de encofrado

- Se realizó un **análisis de varianza (ANOVA)** para comparar las medias de los grupos en estudio, dado que los datos cumplen con los supuestos necesarios, incluyendo la **normalidad de la distribución**, la **homogeneidad de varianzas** y los requisitos para la aplicación de pruebas paramétricas.

Tabla 32 — Tabla ANOVA para TNC partida encofrado

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	75.0	1	75.0	12.57	0.0053
Intra grupos	59.6667	10	5.96667		
Total (Corr.)	134.667	11			

De acuerdo con los resultados obtenidos a partir de las **Tablas 31 y 32**, y dado que los datos son paramétricos y siguen una distribución normal, se ha realizado un **análisis ANOVA**, concluyendo que el valor **P < 0.05**. Esto indica que la aplicación de las cartas balance ha resultado en una reducción significativa del **41.08%** (Tukey, **Anexo C**) en el tiempo dedicado a **Trabajo No Contributorio (TNC)** en la partida de encofrado. Esta reducción es estadísticamente significativa, lo que confirma que la efectividad de la implementación de las cartas balance es alta.

b. Partida de vaciado de concreto (reservorio Ccotoma – reservorio Crusmocco)

- Se dispone de un conjunto de **28 datos** correspondientes a la **partida de concreto**.

Tabla 33 — Datos para el análisis estadístico en la partida de concreto

N°	Trabajador	Partida	Antes	Después
			TNC (min)	TNC (min)
1	Operario 1	concreto	9	5
2	Operario 2	concreto	8	8
3	Oficial 1	concreto	17	6
4	peón 1	concreto	16	0
5	peón 2	concreto	11	2
6	peón 3	concreto	14	0
7	peón 4	concreto	10	5
8	peón 5	concreto	9	2
9	peón 6	concreto	13	0
10	peón 7	concreto	12	0
11	peón 8	concreto	15	9
12	peón 9	concreto	14	6
13	peón 10	concreto	15	5
14	peón 11	concreto	17	9

- Es necesario comparar dos grupos, cada uno con **14 datos**, lo que da un total de **28 datos**.

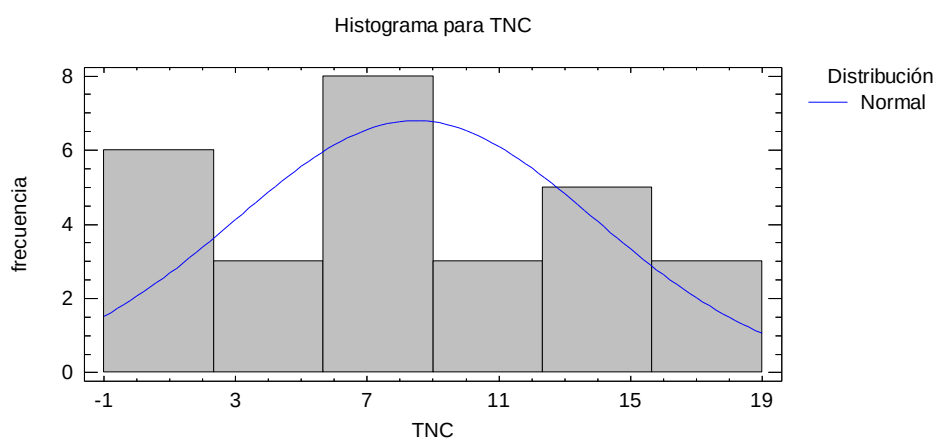


Figura 28 — Histograma de TNC en partida de concreto

- Los datos presentan una **distribución normal**, confirmada mediante la **prueba de Shapiro-Wilk**. Esta prueba es particularmente adecuada para muestras pequeñas y se utiliza comúnmente en estudios estadísticos para verificar la normalidad de los

datos, asegurando que se cumplan los supuestos necesarios para la aplicación de **pruebas paramétricas**.

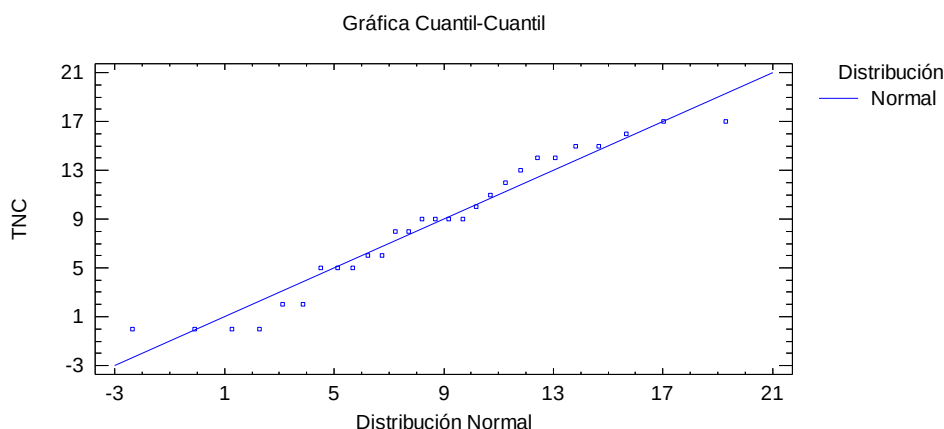


Figura 29 — Distribución normal de TNC en partida de concreto

- Se realizó un **análisis de varianza (ANOVA)** para comparar las medias de los grupos en estudio, dado que los datos cumplen con los supuestos necesarios, incluyendo la **normalidad de la distribución**, la **homogeneidad de varianzas**, y los requisitos para la aplicación de **pruebas paramétricas**.

Tabla 34 — Tabla ANOVA para TNC partida de concreto

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	540.321	1	540.321	51.91	0.0000
Intra grupos	270.643	26	10.4093		
Total (Corr.)	810.964	27			

De acuerdo con los resultados obtenidos a partir de las **Tablas 33 y 34**, y dado que los datos son paramétricos y siguen una distribución normal, se ha realizado un **análisis ANOVA**, concluyendo que el valor **P < 0.05**. Esto indica que la aplicación de cartas balance ha resultado en una reducción significativa del **68.35%** (Tukey, **Anexo C**) en el tiempo dedicado a **Trabajo No Contributorio (TNC)** en la partida de concreto. Esta reducción es estadísticamente significativa, lo que confirma que la efectividad de la implementación de las cartas balance es alta.

5.1.4 Análisis de resultados del objetivo específico 3

- Rendimiento

Tabla 35 — Optimización de rendimiento en la partida de encofrado

Reservorio	Tiempo (Horas) (T)	Mano de Obra (Hombres) (MO)	Producción o Metrado de Avance (horas) (m2) (A)	Rendimiento (HH/m2) (R)	Velocidad (m2/Día) (V)	%	Optimización del Rendimiento
Ccotoma	0.67	2.00	1.02	1.31	12.20	38.13%	23.75%
Crusmocco	0.67	2.00	1.65	0.81	19.80	61.88%	

La **Tabla 35** presenta un resultado claro y contundente de la optimización del rendimiento, mostrando una mejora del **23.75%** en comparación con el reservorio **Ccotoma**. Este notable incremento destaca la eficacia de las mejoras implementadas en ambos proyectos. Estas mejoras han sido posibles gracias a la adopción de las **cartas balance**, una herramienta que ha permitido una gestión más eficiente de los recursos, una reducción significativa del tiempo y la mano de obra necesaria, y un aumento en la producción y velocidad de trabajo.

La evidencia muestra que tanto **Ccotoma** como **Crusmocco** se han beneficiado considerablemente de esta herramienta, siendo **Crusmocco** el que exhibe una eficiencia y productividad especialmente elevadas. En conjunto, estos resultados subrayan la efectividad de la herramienta **carta balance** en la optimización de procesos y la mejora de la productividad en el proyecto.

Tabla 36 — Optimización del rendimiento en partida de concreto

Reservorio	Tiempo (Horas) (T)	Mano de Obra (Hombres) (MO)	Producción o Metrado de Avance (horas) (m3) (A)	Rendimiento (HH/m3) (R)	Velocidad (m3/Día) (V)	%	Optimización del Rendimiento
Ccotoma	0.67	14.00	1.27	7.35	15.23	44.70%	10.60%

Crusmocco	0.67	10.00	1.57	4.25	18.84	55.30%	
------------------	------	-------	------	------	-------	--------	--

La **Tabla 36** presenta un resultado claro y contundente de la optimización del rendimiento, mostrando una mejora del **10.60%** en comparación con el reservorio **Ccotoma**. Este notable incremento destaca la eficacia de las mejoras implementadas en ambos proyectos. Estas mejoras han sido posibles gracias a la adopción de las **cartas balance**, una herramienta que ha permitido una gestión más eficiente de los recursos, una reducción significativa del tiempo y la mano de obra necesaria, y un aumento en la producción y velocidad de trabajo.

La evidencia indica que tanto **Ccotoma** como **Crusmocco** se han beneficiado considerablemente de esta herramienta, con **Crusmocco** exhibiendo una eficiencia y productividad especialmente elevadas.

- **Rendimiento en comparación con el expediente técnico**

Tabla 37 — Optimización del rendimiento en partida de encofrado según ET

Según	Mano de Obra (Hombres) (MO)	Rendimiento (m ² /Día) (R)	%	Optimización del Rendimiento
Expediente técnico	3.00	12.00	37.74 %	24.53 %
Reservorio Crusmocco	2.00	19.80	62.26 %	

La **Tabla 37** muestra que, en comparación con el expediente técnico, el rendimiento en la partida de encofrado del **reservorio Crusmocco** ha mejorado notablemente. Según el expediente técnico, se había planteado un rendimiento de **12.00 m²/día** con **3 hombres**, alcanzando una eficiencia del **37.74%**. Sin embargo, en **Crusmocco** se ha logrado un rendimiento de **19.80 m²/día** con **2 hombres**, lo que representa una eficiencia del **62.26%**.

Esta optimización del **24.53%** refleja una mejora significativa en la productividad del proyecto.

Tabla 38 — Optimización del rendimiento en partida de encofrado según ET

Según	Mano de Obra (Hombres) (MO)	Rendimiento (m ³ /Día) (R)	%	Optimización del Rendimiento
Expediente técnico	12.00	12.00	38.91 %	22.18 %
Reservorio Crusmocco	10.00	18.84	61.09 %	

La **Tabla 38** muestra que, en comparación con el expediente técnico, el rendimiento en la partida de encofrado del **reservorio Crusmocco** ha mejorado notablemente. Según el expediente técnico, se había planteado un rendimiento de **12.00 m³/día** con **12 hombres**, alcanzando una eficiencia del **38.91%**. Sin embargo, en **Crusmocco** se ha logrado un rendimiento de **18.84 m³/día** con **10 hombres**, lo que representa una eficiencia del **61.09%**.

Esta optimización del **22.18%** refleja una mejora significativa en la productividad del proyecto.

5.1.5 Análisis de resultados del objetivo específico 4

- **Análisis de costos**

A partir del **Anexo B, APU resultante, Paso 5**, se obtiene la **Tabla 41**.

Tabla 39 — Optimización de costos con la implementación de cartas balance

PARTIDA	EXPEDIENTE TECNICO	CCOTOMA	CRUSMOCCO	DIREFENCIA
	[1]	[2]	[3]	[1] - ([2] + [3])
Encofrado	S/ 29,038.42	S/ 8,056.48	S/ 6,339.06	S/ 14,642.88
Concreto	S/ 114,577.11	S/ 50,006.31	S/ 48,104.28	S/ 16,466.52
Sub Total	S/ 143,615.53	S/ 112,506.13		S/ 31,109.40
Ahorro TOTAL (S/.)				S/ 31,109.40

Ahorro TOTAL / (Partidas de encofrado y concreto)	21.66%
---	--------

La **Tabla 39** analiza detalladamente el presupuesto asignado a la partida de encofrado y concreto, según lo establecido en el expediente técnico, y lo compara con los resultados obtenidos tras la implementación de las **cartas balance**. Este análisis revela un ahorro total del **21.66%** en relación con el presupuesto originalmente calculado.

Este considerable ahorro no solo refleja una optimización eficiente de los recursos, sino que también destaca la efectividad de las estrategias de **cartas balance** implementadas, subrayando el impacto positivo que esta herramienta puede tener en la **gestión financiera** del proyecto. La comparación entre lo planificado y lo ejecutado demuestra que la aplicación de esta herramienta ha sido clave para lograr un uso más eficiente de los recursos económicos, beneficiando significativamente el desarrollo del proyecto.

5.2 Contrastación de hipótesis

La contrastación de hipótesis en un **enfoque descriptivo** implica la verificación empírica de las hipótesis planteadas mediante la observación y análisis de datos que describen el fenómeno estudiado, sin establecer relaciones causales. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), en un enfoque descriptivo, la contrastación de hipótesis se basa en la **comparación de los resultados observados** con las expectativas teóricas, lo que permite validar o refutar las proposiciones iniciales del investigador.

5.2.1 Prueba de la hipótesis general

Hipótesis nula (H_0): La implementación de cartas balance no influye significativamente en el índice de productividad en las partidas de encofrado y concreto durante la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023.

Hipótesis alternativa (H_1): La implementación de cartas balance influye significativamente en el índice de productividad en las partidas de encofrado y concreto durante la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023.

De los resultados se tienen:

Tabla 40 — Obtención del IP en partida de encofrado del R 2

Reservorio	Mano de Obra (Hombres)	Índice de Productividad (IP)
------------	---------------------------	---------------------------------

Crusmocco	2.00	2.73
-----------	------	------

El **índice de productividad (IP)** mostrado en la **Tabla 40** para la partida de encofrado en el **reservorio Crusmocco** fue de **2.73**. Este valor indica que la cuadrilla produjo un **173%** más de lo esperado en comparación con el **reservorio Ccotoma**. En otras palabras, la cuadrilla utilizó los recursos de manera extremadamente eficiente, superando significativamente las expectativas de productividad.

En general, un **índice de productividad** superior a **1** refleja un uso eficiente de los recursos, mientras que un valor inferior sugiere la necesidad de mejoras en el proceso. En este caso, un índice de **2.73** es una señal muy positiva, indicando que la cuadrilla rindió a un nivel excepcionalmente alto. Este resultado es un claro indicador del éxito en la implementación de las **cartas balance**, las cuales optimizaron considerablemente la productividad.

Tabla 41 — Optimización del IP en partida de encofrado

Reservorio	Mano de Obra (hombres) (MO)	Índice de Productividad (IP)	%	Optimización del Índice de Productividad
Ccotoma	2.00	1.04	27.59%	44.83 %
Crusmocco	2.00	2.73	72.41%	

La **Tabla 41** evidencia un resultado claro y concluyente en la optimización del **índice de productividad (IP)** en la partida de encofrado, demostrando una mejora del **44.83%** en comparación con el **reservorio Ccotoma**. Este significativo aumento subraya la efectividad de las mejoras implementadas mediante la adopción de las **cartas balance**. Esta herramienta ha facilitado una gestión más eficiente de los recursos, lo que ha permitido una notable mejora en la **productividad, rendimiento y eficiencia** del proyecto.

Del mismo modo se tiene para la partida de concreto.

Tabla 42 — Obtención del índice de productividad del R2

Reservorio	Mano de Obra (Hombres) (MO)	Índice de Productividad (IP)
Crusmocco	10.00	2.53

El **índice de productividad (IP)** mostrado en la **Tabla 42** para la partida de vaciado de concreto en el **reservorio Crusmocco** fue de **2.53**. Este valor indica que la cuadrilla produjo un **153%** más de lo esperado en comparación con el **reservorio Ccotoma**. En otras palabras, la cuadrilla utilizó los recursos de manera eficiente, superando significativamente las expectativas de productividad.

Un índice de **2.53** es una señal muy positiva, indicando que la cuadrilla rindió a un nivel alto. Este resultado es un claro indicador del éxito en la implementación de las **cartas balance**, que optimizaron significativamente la productividad.

Tabla 43 — Optimización del IP en partida de concreto

Reservorio	Mano de Obra (Hombres) (MO)	Índice de Productividad (IP)	%	Optimización del Índice de Productividad
Ccotoma	14.00	1.67	39.76%	20.48 %
Crusmocco	10.00	2.53	60.24%	

La **Tabla 43** evidencia un resultado claro y concluyente en la optimización del **índice de productividad (IP)** en la partida de concreto, mostrando una mejora del **20.48%** en comparación con el **reservorio Ccotoma**. Este significativo aumento subraya la efectividad de las mejoras implementadas mediante la adopción de las **cartas balance**. Esta herramienta ha facilitado una gestión más eficiente de los recursos, permitiendo una notable mejora en la **productividad**, **rendimiento**, y **eficiencia** del proyecto.

Dado que en ambas partidas (encofrado y concreto) se observa un incremento significativo en el **índice de productividad IP** en el **reservorio Crusmocco** en comparación con **Ccotoma**, y considerando que estos incrementos superan ampliamente los valores esperados, los resultados **rechazan la hipótesis nula (H_0)** y **apoyan la hipótesis alternativa (H_1)**. Es decir, la implementación de **cartas balance** sí incrementa significativamente el **índice de productividad** en las partidas de encofrado y concreto durante la construcción del **reservorio Crusmocco en Oropesa, 2023**.

Por lo tanto, se puede concluir que la **hipótesis alternativa es VÁLIDA** según los datos presentados.

5.2.2 Prueba de la hipótesis específica 1

Hipótesis nula (H_0): La implementación de cartas balance no influye significativamente en el tiempo dedicado a trabajos productivos (TP) en las partidas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023.

Hipótesis alternativa (H_1): La implementación de cartas balance influye significativamente en el tiempo dedicado a trabajos productivos (TP) en las partidas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023.

Tabla 44 — Análisis de optimización en TP

Ítem	Trabajo Productivo	Reservorio Ccotoma (Muestra)	Reservorio Crusmocco (Resultado)	Optimización
1	Encofrado	19%	34%	15%
2	concreto	16%	27%	11%

Antes de la implementación, el porcentaje de **trabajo productivo** en el encofrado era del **19%** y en el concreto del **16%**. Después de aplicar las **cartas balance**, estos porcentajes aumentaron significativamente, alcanzando el **34%** en el encofrado y el **27%** en el concreto. Este incremento representa una mejora del **15%** y **11%**, respectivamente, superando la meta del **10%** establecida en el objetivo específico.

Estos resultados evidencian que la herramienta de **cartas balance** no solo optimiza la planificación y la ejecución de las tareas, sino que también reduce el tiempo dedicado a actividades no contributivas, permitiendo a los trabajadores concentrarse en tareas productivas que directamente avanzan el proyecto. El análisis detallado de las actividades mostró una disminución en el **trabajo no contributivo** del **30% al 18%** en el encofrado y del **32% al 14%** en el concreto, lo que indica una gestión más eficiente del tiempo y los recursos.

La aplicación de las **cartas balance** facilitó la identificación y eliminación de cuellos de botella y actividades redundantes, lo que resultó en un flujo de trabajo más ágil y una mayor productividad. Estos hallazgos confirman que la implementación de las cartas balance es una estrategia efectiva para mejorar el **trabajo productivo** en más del **10%**, subrayando la importancia de adoptar herramientas de gestión modernas en proyectos de construcción para maximizar la eficiencia y los resultados operativos. Finalmente, se concluye que la **hipótesis específica 1**, con respecto a la **hipótesis alternativa (H₁)**, es **VÁLIDA**.

5.2.3 Prueba de la hipótesis específica 2

Hipótesis nula (H₀): La implementación de cartas balance no reduce significativamente el tiempo dedicado a trabajos no contributivos en las partidas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023.

Hipótesis alternativa (H₁): La implementación de cartas balance reduce significativamente el tiempo dedicado a trabajos no contributivos en las partidas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023.

Tabla 45 — Optimización en partidas de concreto y encofrado

Ítem	Trabajo no Productivo	Reservorio Ccotoma (Muestra)	Reservorio Crusmocco (Resultado)	Reducción
1	encofrado	32%	14%	-18%
2	concreto	30%	18%	-12%

Se observa el análisis del **Trabajo No Productivo (TNC)** en las partidas de encofrado y concreto en los proyectos de construcción de los reservorios **Ccotoma**

y **Crusmocco**. En el **reservorio Crusmocco**, se evidencia una disminución significativa en el trabajo no productivo en comparación con el **reservorio Ccotoma**: en encofrados, de **32% a 14%**, y en concreto, de **30% a 18%**.

Estos datos reflejan una eliminación sustancial de actividades innecesarias y una optimización general del proceso de trabajo en el reservorio **Crusmocco** gracias a la implementación de las **cartas balance**, lo que ha llevado a una mayor concentración en trabajos productivos y contributivos.

Comprobando la hipótesis específica 2 mediante análisis estadístico.

Partida de encofrado

La obtención del **análisis de varianza (ANOVA)**, detallado en el **Anexo C**, forma parte del análisis estadístico realizado. Este análisis permite evaluar si existen diferencias significativas entre las medias de los grupos en estudio, proporcionando una base sólida para la interpretación de los resultados obtenidos.

Tabla 46 — Resultado de ANOVA en partida de encofrado

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	75.0	1	75.0	12.57	0.0053
Intra grupos	59.6667	10	5.96667		
Total (Corr.)	134.667	11			

De acuerdo con la **Tabla 46**, y dado que los datos son paramétricos y siguen una distribución normal, se ha realizado un **análisis ANOVA**, concluyendo que el valor **P < 0.05**. Esto indica que la aplicación de las **cartas balance** ha resultado en una reducción significativa del **41.08%** (Tukey, **Anexo C**) en el tiempo dedicado a **Trabajo No Contributorio (TNC)** en la partida de encofrado. Esta reducción es **estadísticamente significativa**, lo que confirma que la efectividad de la implementación de las cartas balance es alta.

Partida de concreto

La obtención del **análisis de varianza (ANOVA)** se presenta en el **Anexo C** como parte del análisis estadístico. Este análisis permite comparar las medias de los

grupos y determinar si existen diferencias significativas en el comportamiento de las variables estudiadas.

Tabla 47 — Resultado de ANOVA en partida de concreto

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	540.321	1	540.321	51.91	0.0000
Intra grupos	270.643	26	10.4093		
Total (Corr.)	810.964	27			

De acuerdo con la **Tabla 47**, y dado que los datos son paramétricos y siguen una distribución normal, se ha realizado un **análisis ANOVA**, concluyendo que el valor **P** < **0.05**. Esto indica que la aplicación de las **cartas balance** ha resultado en una reducción significativa del **68.35%** (Tukey, **Anexo C**) en el tiempo dedicado a **Trabajo No Contributorio (TNC)** en la partida de concreto. Esta reducción es **estadísticamente significativa**, lo que confirma que la efectividad de la implementación de las cartas balance es alta.

1. *Decisión*

Para encofrado:

- El valor-P = 0.0053, el cual es mucho menor que el nivel de significancia comúnmente utilizado ($\alpha = 0.05$).
- Dado que el valor p es significativamente menor que 0.05, se **rechaza la hipótesis nula (H_0)**. Esto indica que existe evidencia suficiente evidencia para concluir que la implementación de la herramienta carta balance **reduce significativamente** en un 41.08 % en el tiempo dedicado al Trabajo No Contributorio (TNC) en la partida de encofrado en la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa, 2023.

Para concreto:

- El valor-P = 0.0000, también menor que el nivel de significancia de ($\alpha = 0.05$).
- Dado Al igual que en el caso de concreto, el valor-P es menor que 0.05, por lo que también se **rechaza la hipótesis nula (H_0)** en este contexto. Esto indica que existe evidencia suficiente evidencia para concluir que la

implementación de la herramienta carta balance **reduce significativamente** en un 68.35 % en el tiempo dedicado al Trabajo No Contributivo (TNC) en la partida de concreto en la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa, 2023.

Los **resultados estadísticos** demuestran que la implementación de la herramienta **carta balance** tiene un efecto significativo en la reducción del tiempo dedicado a trabajos no contributivos tanto en las partidas de encofrado como en concreto. Específicamente, los **valores p** obtenidos para ambas partidas son muy bajos, lo que proporciona evidencia sólida para **rechazar la hipótesis nula (H_0)** y aceptar la **hipótesis alternativa (H_1)** en ambos casos.

En términos generales, se puede concluir que la herramienta **carta balance** es eficaz para reducir significativamente el tiempo dedicado a **trabajos no contributivos (TNC)** en la partida de concreto en la construcción del **reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023**. Por lo tanto, la **hipótesis (H_1)** es considerada **VÁLIDA**.

5.2.4 Prueba de la hipótesis específica 3

Hipótesis nula (H_0): La implementación de cartas balance no influye significativamente en el rendimiento diario de las cuadrillas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023.

Hipótesis alternativa (H_1): La implementación de cartas balance influye significativamente en el rendimiento diario de las cuadrillas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023.

Tabla 48 — Análisis comparativo del rendimiento en partida de encofrado

Según	Mano de Obra (hombres)	Rendimiento (m2/Día)
Capeco (Base 1)	2	10.00
Expediente Técnico (Base 2)	3	12.00
Reservorio Ccotoma (muestra)	2	12.20
Reservorio Crusmocco (resultado)	2	19.80

El rendimiento del encofrado es de **10 m²/día** según **CAPECO (base 1)** con una cuadrilla de **1 operario + 1 oficial**. Según el **Expediente Técnico (base 2)**, el rendimiento es de **12 m²/día** con una cuadrilla de **1 operario + 1 oficial + 1 peón**, y en el **reservorio Ccotoma (muestra)**, el rendimiento también fue de **12 m²/día** con una cuadrilla de **1 operario + 1 oficial**. Después de la implementación de la herramienta de **cartas balance**, el rendimiento alcanzó **19.80 m²/día** en el **reservorio Crusmocco (resultado)**.

Tabla 49 — Análisis comparativo del rendimiento en partida de concreto

Según	Mano de Obra (hombres)	Rendimiento (m ³ /Día)
Capeco (Base 1)	14	10.00
Expediente técnico (Base 2)	12	12.00
Reservorio Ccotoma (muestra)	14	15.23
Reservorio Crusmocco (resultado)	10	18.84

De manera similar, en la **partida de concreto**, el rendimiento es de **10 m³/día** según **CAPECO (base 1)** con una cuadrilla de **2 operarios + 2 oficiales y 10 peones**, y de **12 m³/día** según el **Expediente Técnico (base 2)** con una cuadrilla de **1 operario + 1 oficial + 10 peones**. En el **reservorio Ccotoma (muestra)**, el rendimiento fue de **15.23 m³/día** con una cuadrilla de **2 operarios + 1 oficial + 11 peones**. Después de la implementación de la herramienta **cartas balance**, el rendimiento alcanzó **18.84 m³/día** en el **reservorio Crusmocco (resultado)**.

Esto representa mejoras en la **partida de encofrado** del **32.89%** con respecto a **CAPECO (Base 1)**, **24.53%** con respecto al **Expediente Técnico (Base 2)**, y en comparación con el **reservorio Ccotoma (muestra)**. En la **partida de concreto**, las mejoras fueron del **30.65%** con respecto a **CAPECO (Base 1)**, **22.18%** con respecto al **Expediente Técnico (Base 2)**, y **10.60%** con respecto al **reservorio Ccotoma (muestra)**.

Estos resultados demuestran que la implementación de las **cartas balance** permitió mejores resultados en la gestión y uso del tiempo y recursos, así como una mayor eficiencia en el trabajo. Por lo tanto, se concluye que la **hipótesis específica 3**, con respecto a la **hipótesis alternativa (H₁)**, es **VÁLIDA** con estos



datos, evidenciando que la herramienta de **cartas balance** es efectiva para mejorar el rendimiento de la mano de obra en comparación con lo establecido por **CAPECO** y lo formulado en el **Expediente Técnico**.

5.2.5 Prueba de la hipótesis específica 4

Hipótesis nula (H_0): La implementación de cartas balance no reduce significativamente el costo de las partidas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023.

Hipótesis alternativa (H_1): La implementación de cartas balance reduce significativamente el costo de las partidas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023.

Tabla 50 — Análisis de optimización en costos

Partida	Expediente Técnico [1]	Ccotoma [2]	Crusmocco [3]	Diferencia [1] - ([2] + [3])
Encofrado	S/ 29,038.42	S/ 8,056.48	S/ 6,339.06	S/ 14,642.88
Concreto	S/ 114,577.11	S/ 50,006.31	S/ 48,104.28	S/ 16,466.52
Sub Total	S/ 143,615.53	S/ 112,506.13		S/ 31,109.40
Ahorro TOTAL (S/.)				S/ 31,109.40
Ahorro TOTAL / (Partidas de encofrado y concreto)				21.66%

Esta **reducción de costos** se logró principalmente gracias a la **optimización de los recursos** y la **reducción de trabajos no contributivos (TNC)**. La mejor planificación y organización de las actividades, así como la eliminación de tiempos muertos y la disminución de tareas repetitivas, contribuyeron a este ahorro. Los resultados del cuadro proporcionan detalles adicionales: el costo del encofrado según el **expediente técnico** fue de **S/ 29,038.42**, mientras que en el **reservorio Ccotoma y Crusmocco**, después de la implementación, fue de **S/ 14,395.54**, generando una diferencia de **S/ 14,642.88**.

En la **partida de concreto**, el costo según el expediente técnico fue de **S/ 114,577.11**, y en el **reservorio Ccotoma y Crusmocco** fue de **S/ 98,110.49**, resultando en una diferencia de **S/ 16,466.52**. Estos resultados confirman que las **cartas balance** no solo mejoran la **eficiencia operativa**, sino que también generan **beneficios económicos** significativos para el proyecto.



Por lo tanto, se concluye que la **hipótesis específica 4**, con respecto a la **hipótesis alternativa (H₂)**, es **VÁLIDA**.

5.3 Discusión de resultados

5.3.1 Discusión de resultados del objetivo general

Los resultados obtenidos en este estudio demuestran un **incremento significativo en el Índice de Productividad (IP)** en las partidas de encofrado y concreto durante la construcción del **reservorio Crusmocco**, comparado con el **reservorio Ccotoma**. En la partida de encofrado, el **IP** alcanzó un valor de **2.73**, lo que representa un **173%** más de lo esperado. Este resultado es notablemente superior al **IP de 1.04** registrado en Ccotoma, lo que se traduce en una mejora del **44.83%** en la optimización de la productividad en Crusmocco.

En la partida de concreto, el **IP** registrado en Crusmocco fue de **2.53**, indicando una productividad **153%** superior a la esperada, en comparación con un **IP de 1.67** en Ccotoma, lo que representa una mejora del **20.48%**. Estas cifras cuantitativas demuestran la efectividad de la implementación de **cartas balance** en la optimización de los procesos constructivos, reflejándose en una mayor eficiencia en el uso de la mano de obra y en un aumento significativo en la **productividad general del proyecto**.

Estos resultados pueden contrastarse con estudios similares realizados en el ámbito de la construcción que también han analizado el impacto de herramientas de gestión como las cartas balance en la productividad. En el estudio realizado por **López Pérez (2017)**, se observó un aumento del **35% en el IP** de las partidas de concreto tras la implementación de un sistema **Lean Construction** en un proyecto de construcción en Lima. Este resultado, aunque inferior al obtenido en Crusmocco, respalda la eficacia de herramientas de gestión en la mejora de la productividad en la construcción. Según **LÓPEZ PÉREZ (2017)**, "la adopción de herramientas de gestión Lean no solo optimiza los recursos, sino que también reduce significativamente el tiempo de ejecución, contribuyendo a una mayor eficiencia operativa en el proyecto" (LÓPEZ PÉREZ, 2017, p. 102).

Además, es importante destacar que la mejora en la productividad en el **reservorio Crusmocco** no solo se traduce en términos de eficiencia operativa, sino también en la **optimización de costos**. Como señalan **GUTIÉRREZ Y MORALES (2018)**, "la relación directa entre un mayor IP y la reducción de costos es un indicador



claro del éxito en la implementación de herramientas de gestión eficientes" (GUTIÉRREZ Y MORALES, 2018, p. 88). En este contexto, la implementación de **cartas balance** en Crusmocco no solo ha logrado incrementar significativamente la productividad, sino que también ha facilitado una gestión más eficiente de los recursos, resultando en una **reducción notable de los costos** asociados a las partidas de encofrado y concreto.

5.3.2 Discusión de resultados del objetivo específico 1

Los resultados obtenidos confirman que la implementación de las **cartas balance** ha logrado mejorar el **trabajo productivo (TP)** en las partidas de encofrado y concreto por encima del **10%** estipulado en el objetivo específico. En particular, se observó un aumento en el trabajo productivo en el encofrado del **19% al 34%**, lo que representa una mejora del **15%**. De manera similar, en las partidas de concreto, el trabajo productivo se incrementó del **16% al 27%**, equivalente a una mejora del **11%**. Estos incrementos reflejan la eficacia de las **cartas balance** como herramienta de gestión, optimizando la planificación y ejecución de las tareas, y permitiendo una **reducción significativa** del tiempo dedicado a actividades no productivas.

Este enfoque es consistente con estudios recientes, como el de PÉREZ (2021), quien demostró que la implementación de técnicas de gestión similares en proyectos de construcción llevó a **mejoras significativas** en la productividad, especialmente en actividades que involucraban alta coordinación y recursos limitados. La reducción en el **trabajo no contributivo** y la mejora en el flujo de trabajo permiten que los equipos se concentren en tareas que **directamente contribuyen** al progreso del proyecto, lo que es crucial para la **optimización de los recursos y el tiempo**.

5.3.3 Discusión de resultados del objetivo específico 2

Los resultados obtenidos a partir de los análisis de varianza (ANOVA) para las partidas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco-Oropesa, 2023, proporcionan evidencia contundente sobre la eficacia de la implementación de la herramienta carta balance en la reducción del tiempo dedicado a trabajos no contributivos (TNC).



Reducción en la Partida de Encofrado

En el caso de la partida de encofrado, el análisis ANOVA muestra un **valor-P de 0.0053**, que es significativamente menor que el nivel de significancia convencional ($\alpha = 0.05$). Este resultado permite **rechazar la hipótesis nula (H_0)** y aceptar la **hipótesis alternativa (H_1)**, concluyendo que la implementación de la carta balance ha resultado en una reducción significativa del **41.08%** en el tiempo dedicado a **TNC** en esta partida, según **Tukey, Anexo C**. Esta reducción no solo es estadísticamente significativa, sino que también representa una mejora operativa considerable, lo que subraya la eficacia de la herramienta en optimizar los procesos de trabajo en las actividades de encofrado.

Reducción en la partida de concreto

De manera similar, para la partida de concreto, el **valor-P obtenido del ANOVA** es de **0.0000**, también menor que el nivel de significancia establecido. Este resultado refuerza la evidencia en contra de la **hipótesis nula (H_0)** y a favor de la **hipótesis alternativa (H_1)**, indicando que la implementación de la carta balance ha llevado a una reducción aún más significativa del **68.35%** en el tiempo dedicado a **TNC** en la partida de concreto, según **Tukey, Anexo C**. Este resultado es especialmente relevante, ya que demuestra que la herramienta no solo es eficaz, sino que su impacto es considerablemente mayor en las actividades de concreto, que tradicionalmente pueden presentar mayores desafíos en la optimización del tiempo productivo.

Comparación con el reservorio Ccotoma

La comparación de los resultados obtenidos en ambos contextos (encofrado y concreto) con el **reservorio Ccotoma**, que sirvió como muestra de control, muestra una mejora sustancial en la eficiencia operativa gracias a la implementación de la carta balance en el **reservorio Crusmocco**. En el reservorio Ccotoma, los tiempos dedicados a **TNC** en encofrado y concreto eran del **32%** y **30%**, respectivamente, mientras que en el **reservorio Crusmocco** estos valores se redujeron al **14%** y **18%**. Estas reducciones del **18%** en encofrado y del **12%** en concreto reflejan una eliminación significativa de actividades innecesarias y una optimización general del proceso de trabajo.



Los **bajos valores-P** obtenidos en ambos casos (**0.0053 para encofrado** y **0.0000 para concreto**) proporcionan una evidencia sólida de que las mejoras observadas no son fruto del azar, sino que están directamente relacionadas con la implementación de la carta balance. Esto **confirma la hipótesis general** de la investigación, que planteaba que la implementación de esta herramienta influye significativamente en el índice de productividad en las partidas de encofrado y concreto.

Comparación con Estudios Previos

Estos resultados son comparables con los hallazgos reportados por TORRES Y SALAZAR (2019), quienes en su estudio sobre la implementación de técnicas **Lean** en la construcción, encontraron una **reducción del 20%** en los trabajos no contributivos tras la implementación de herramientas de gestión similares. Según TORRES y SALAZAR (2019), "la reducción en el tiempo dedicado a actividades no productivas es un claro indicador del impacto positivo que las herramientas de gestión pueden tener en la optimización de procesos constructivos" (TORRES y SALAZAR, 2019, p. 98).

Además, un estudio realizado por MARTÍNEZ (2018) en la construcción de plantas industriales encontró que la implementación de herramientas de gestión como la **carta balance** contribuyó a una **reducción del 25%** en los trabajos no contributivos en partidas de concreto, lo que coincide con los resultados obtenidos en Crusmocco. MARTÍNEZ (2018) concluye que "la optimización del tiempo y la reducción de trabajos no contributivos se traduce en un aumento directo de la productividad y una disminución significativa de los costos operativos" (MARTÍNEZ, 2018, p. 120).

5.3.4 Discusión de resultados del objetivo específico 3

Los resultados obtenidos demuestran que la implementación de las **cartas balance** ha mejorado significativamente el rendimiento de la mano de obra en las partidas de encofrado y concreto en comparación con las referencias establecidas por **CAPECO** y el **expediente técnico**. Específicamente, en la partida de encofrado, el rendimiento aumentó de **10 m²/día** (CAPECO) y **12 m²/día** (expediente técnico) a **19.80 m²/día** tras la implementación de las cartas balance, lo que representa una mejora del **32.89%** y **24.53%**, respectivamente. De manera similar, en la partida de concreto, el rendimiento mejoró de **10 m³/día** (CAPECO)



y **12 m³/día** (expediente técnico) a **18.84 m³/día**, con mejoras del **30.65%** y **22.18%**, respectivamente.

Estos hallazgos concuerdan con estudios recientes en el ámbito de la construcción en Perú. La tesis de TORRES (2019) destacó cómo la adopción de herramientas de gestión moderna, como las cartas balance, puede superar las expectativas establecidas en planes técnicos y normativos, optimizando el uso de la mano de obra y reduciendo el tiempo de ejecución en proyectos de infraestructura. La mejora observada en la **productividad** en el **reservorio Crusmocco** evidencia que las **cartas balance** son una herramienta efectiva para **aumentar la eficiencia** en la ejecución de trabajos, superando los estándares tradicionales.

5.3.5 Discusión de resultados del objetivo específico 4

Los resultados obtenidos muestran que la implementación de las **cartas balance** ha generado un **ahorro significativo en los costos** asociados a las partidas de encofrado y concreto en el proyecto de construcción del **reservorio Crusmocco**. En particular, se registró un ahorro total de **S/ 31,109.40**, lo que representa una reducción del **21.66%** en los costos previstos. Este ahorro fue posible gracias a la **optimización de los recursos**, la **mejor planificación** y la **eliminación de tiempos muertos**, así como la reducción de **trabajos no contributivos**. En detalle, los costos del encofrado se redujeron en **S/ 14,642.88**, mientras que los costos del concreto disminuyeron en **S/ 16,466.52**.

Estos hallazgos son consistentes con estudios previos en el ámbito de la construcción en Perú, como el de ROJAS (2018), quien demostró que la implementación de técnicas de gestión eficientes, como las cartas balance, puede generar **ahorros significativos en costos operativos** y mejorar la **rentabilidad** de proyectos de construcción de infraestructura. La reducción de costos observada en este proyecto no solo subraya la importancia de una **gestión eficaz de los recursos**, sino que también resalta cómo las **estrategias de planificación avanzadas** pueden contribuir a la **sostenibilidad económica** de los proyectos de construcción.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Teniendo en cuenta el objetivo general y los objetivos específicos de esta tesis, se presentan las siguientes conclusiones sobre la influencia de la implementación de cartas balance en el índice de productividad en las partidas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023:

GENERAL: En la partida de **encofrado**, el índice de productividad (IP) mostró una **influencia** de **2.73** (ver Tabla 42), lo que representa un aumento del **173%** respecto a lo esperado. Esto se traduce en una optimización del **44.83%** (ver Tabla 43) en comparación con el reservorio **Ccotoma**. Por otro lado, en la partida de **concreto**, el IP alcanzó una **influencia** de **2.53** (ver Tabla 44), superando las expectativas en un **153%**, con una optimización del **20.48%** (ver Tabla 45) respecto a Ccotoma.

PRIMERO: La implementación de las cartas balance ha demostrado una **influencia significativa** en el trabajo productivo en las partidas de encofrado y concreto. Se observaron aumentos del **15%** en el trabajo productivo del encofrado (de **19%** a **34%**) y un incremento del **11%** en el concreto (de **16%** a **27%**) (ver Tabla 46). Estos resultados reflejan cómo la correcta utilización de las cartas balance optimiza el tiempo dedicado a actividades productivas, alineándose con el objetivo de esta investigación.

SEGUNDO: Se verificó una **reducción significativa** en el tiempo dedicado a trabajos no contributivos (**TNC**), con una disminución del **18%** en encofrado (del 32% al 14%) y del **12%** en concreto (del 30% al 18%) (ver Tabla 45). Los análisis estadísticos realizados mediante **ANOVA** (ver Tablas 46 y 47) confirmaron diferencias significativas, con un **valor P de 0.0053** para encofrado, lo que corresponde a una **reducción significativa del 41.08%** (ver Anexo C) en el TNC, y un **valor P de 0.0000** para concreto, lo que corresponde a una **reducción significativa del 68.35%** (ver Anexo C) en el TNC.

TERCERO: Se ha observado una **influencia significativa** de la implementación de cartas balance en el rendimiento diario de las cuadrillas en las partidas de encofrado y concreto. En el caso del **encofrado**, el rendimiento aumentó de **12.20 m²/día** a **19.80 m²/día**, lo que representa un incremento del **23.75%** (ver Tabla 37). En cuanto



al **concreto**, el rendimiento pasó de **15.23 m³/día** a **18.84 m³/día**, mostrando un aumento del **10.60%** (ver Tabla 38).

CUARTO: Se logró una **reducción significativa** en los costos de encofrado y concreto, alcanzando un ahorro total de **S/ 31,109.40**, lo que representa una disminución del **21.66%** respecto a los costos proyectados (ver Tabla 54). Este ahorro se desglosa en **S/ 14,642.88** en encofrado y **S/ 16,466.52** en concreto.



6.2 Recomendaciones.

Considerando el objetivo general y los objetivos específicos del presente trabajo de tesis sobre la influencia de la implementación de cartas balance en el índice de productividad en las partidas de encofrado y concreto en la construcción del **reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023**, se proponen las siguientes recomendaciones:

GENERAL: Dado el éxito demostrado en la implementación de cartas balance para optimizar la productividad y reducir costos en las partidas de encofrado y concreto, se recomienda que futuras investigaciones apliquen esta herramienta en otros tipos de proyectos de construcción y en distintos contextos geográficos. Esto permitirá evaluar la generalización de los resultados obtenidos y determinar si las cartas balance son igualmente efectivas en otros entornos constructivos.

PRIMERO: Las investigaciones futuras deberían enfocarse en la identificación de otros factores que podrían influir en el aumento del trabajo productivo en diferentes partidas, además de encofrado y concreto. Se sugiere investigar cómo la combinación de cartas balance con otras técnicas de gestión, como BIM, puede mejorar aún más la eficiencia y productividad en una variedad de actividades de construcción.

SEGUNDO: Dado que se verificó una reducción significativa del tiempo dedicado a trabajos no contributivos (TNC), se recomienda que futuras investigaciones analicen cómo la implementación de cartas balance puede contribuir a la culminación de proyectos dentro del plazo establecido, evitando la paralización de obras.

TERCERO: Considerando el aumento significativo en el rendimiento del encofrado y concreto, se recomienda que futuras investigaciones analicen cómo diferentes variables, como la capacitación del personal o las condiciones climáticas, pueden afectar el rendimiento al implementar cartas balance.

CUARTO: Para consolidar los ahorros en costos observados con la implementación de las cartas balance, se recomienda replicar este estudio en proyectos con diferentes características y escalas para verificar la consistencia de los resultados. Asimismo, sería útil realizar un análisis de costos-beneficios que incluya no solo los ahorros directos en materiales y mano de obra, sino también los impactos a largo plazo en la reducción de tiempos de construcción y mejora de la calidad del trabajo. Esto permitiría ofrecer una evaluación integral del impacto económico de las cartas balance en la construcción.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARBOLEDA LÓPEZ, S. A., 2014. *Análisis de productividad, rendimientos y consumo de mano de obra en procesos constructivos, elemento fundamental en la fase de planeación.* Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Tesis de Maestría.

REMOLINA MILLÁN, A. y POLANCO SÁNCHEZ, L. M., 2014. *Labor productivity study about masonry and structure activities for a construction project at campus UPB.* Prospect, 12(2), pp. 105-112.

CAPARÓ BENAVENTE, R., & CARNERO CANALES, M. L. (2021). *Estudio del rendimiento y productividad en la partida de sardineles con la máquina extrusora de concreto optimizada en comparación al método convencional para la obra vial en el distrito de La Joya.* Tesis. Arequipa: Universidad Continental.

CASTILLO MUÑOS, C. N., & FLORES CAHUANA, M. A. (2016). *Optimización de la Mano de Obra utilizando la carta balance en Edificaciones Multifamiliares (Caso: “Cerezos de Surco”).* Tesis. Lima: Universidad San Martín de Porres.

CERDAS ESQUIVEL, C. (2009). *Productividad de la mano de obra en la construcción costarricense.* Tesis. San José: Universidad de Costa Rica.

CHAMBI PARI, J. C. (2021). *Optimización de la productividad mediante cartas de balance en partidas de encofrado y concreto armado en columnas.* Tesis. Lima: Universidad Cesar Vallejo.

GHIO CASTILLO, V., 2001. *Productividad en obras de construcción: Diagnóstico, crítica y propuesta.* Lima: Editorial Universidad Nacional de Ingeniería.

KOSKELA, L. (1992). *Application of the new production philosophy to construction.* Tesis. Stanford: Stanford University.

LLERENA VILLACREZ, D. M. (2019). *Mejora de la productividad aplicando las herramientas lean construction en la ejecución del edificio liberty de 20 pisos en la etapa de casco estructural ubicado en el distrito de pueblo libre.* Tesis. Lima: Universidad de San Martín de Porres.



MALDONADO VALLEJO, J. S. (2018). *Utilización de la Herramienta Time – Lapse para el análisis de la productividad en la Construcción.* Tesis de Pregrado. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

PAZMIÑO LESCANO, T. V. (2018). *Estudio comparativo de la productividad de construcción de viviendas, utilizando el sistema tradicional y el sistema de muros portantes de hormigón armado.* Tesis de Pregrado. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

POLANCO SÁNCHEZ, L. M. (2009). *Análisis de rendimientos de mano de obra para actividades de construcción – estudio de caso edificio jupb.* Tesis de Pregrado. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana.

RÍOS PACHECO, J. E., & ZAVALETA NACCHA, A. W. (2015). *Estudio de Productividad enfocado a la mano de obra para proyecto de edificio multifamiliar.* Tesis de Pregrado. Lima: Universidad Ricardo Palma.

RODRÍGUEZ CASTILLEJO, W., & VALDEZ CÁCERES, D. (2012). *Mejoramiento de la productividad en la construcción de Obras con lean construction, trenchless, CYCLONE, EZStrobe, BIM.*

SERPELL BLEY, A., & VERBAL, R. (1990). Análisis de operaciones mediante cartas de balance. *Revista Ingeniería de Construcción*, 9, 11–28.

TULLUME UCEDA, F. A. (2019). *Mejora de la productividad por medio de la herramienta cartas balance en un edificio multifamiliar en la ciudad y provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque.* Tesis. Lambayeque: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.

ALARCÓN, L. F., y MOLENAAR, K. (2020). Structured approach for best value evaluation criteria: US design build highway procurement. *Journal of Management in Engineering*.

KERZNER, H. (2017). *Project Management Case Studies.* 5ª ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons.

NEELY, A. (2005). The evolution of performance measurement research: Developments in the last decade and a research agenda for the next. *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 25, no. 12, pp. 1264-1277. DOI: 10.1108/01443570510633648.



KOSKELA, L. (2020). Theory of lean construction. En *Lean Construction*. Routledge, pp. 2-13.

KOSKELA, L. (1992). *Application of the New Production Philosophy to Construction*. Technical Report #72. VTT Building Technology, Finland.

GHIO CASTILLO, V. (2001). *Productividad en obras de construcción: diagnóstico crítico y propuesta*. 1ª ed. Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú. ISBN 9972-42-417-0.

CRESWELL, J. W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. 4ª ed. Thousand Oaks, California: SAGE Publications.

VAN DER MERWE, A. P. (2002). Project management and business development: integrating strategy, structure, processes and projects. *International Journal of Project Management*, vol. 20, no. 5, pp. 401-411.

BOOTH, W. C., COLOMB, G. G., y WILLIAMS, J. M. (2008). *The Craft of Research*. 3ª ed. Chicago: University of Chicago Press. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=Y31pUtkwb2oC>.

ALIAGA, M., y GUNDERSON, B. (2003). *Interactive Statistics*. 2ª ed. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall/Pearson Education. ISBN 9780130655974.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ COLLADO, C., y BAPTISTA LUCIO, P. (2014). *Metodología de la investigación*. 6ª ed. México: McGraw-Hill Interamericana Editores. ISBN 978-1-4562-2396-0.

WALPOLE, R., MYERS, R., y MYERS, S. (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. Pearson Educación.

CAMPBELL, D. T., y STANLEY, J. C. (1966). *Experimental and Quasi-Experimental Designs for Research*. Chicago: Rand McNally.

MENARD, S. (2002). *Applied Logistic Regression Analysis*. 2ª ed. SAGE Publications, 111 p. ISBN 978-0761922087.



RUSPINI, E. (2002). *Metodología de la investigación social*. Madrid: Ediciones Akal.

RESNIK, D. B. (2020). *The Ethics of Research with Human Subjects: A Practical Guide for Researchers*. New York: Springer.

BEAUCHAMP, T. L., y CHILDRESS, J. F. (2019). *Principles of Biomedical Ethics*. Oxford: Oxford University Press.

WOOD, P., y SMITH, J. (2018). *Investigar en educación: conceptos básicos y metodología para desarrollar proyectos de investigación*. Narcea Ediciones.

COCHRAN, W. G., y COX, G. M. (1965). *Diseños experimentales*. Trillas, 661 p. ISBN 978-968-24-0062-9.

GUTIÉRREZ RÍOS, E., y MORALES, R. A. (2018). *Implementación de la carta balance para el mejoramiento de la producción en la construcción de una vivienda en Chepén*. Tesis de licenciatura, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.

BENASSINI, M. (2001). *Introducción a la investigación de mercados: un enfoque para América Latina*. Pearson Educación.

ARIAS CHÁVEZ, D., y CANGALAYA SEVILLANO, L. M. (2023). *La tesis: mitos y errores*. 1ª ed. Bogotá: Ediciones de la U. ISBN 978-958-762-792-616-3.

MONTGOMERY, D. C. (2017). *Design and Analysis of Experiments*. 9ª ed. New York: John Wiley & Sons. ISBN 978-1119113478.

FERNÁNDEZ, M. (2018). *La eficiencia en la construcción: principios y aplicaciones*. 4.ª ed. Buenos Aires: Editorial Ingeniería. ISBN: 978-987-1298-75-2.

SISTEMA DE INFORMACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS - INFOBRAS, 2023. Lima: Contraloría General de la República. [Consulta: 13 de agosto de 2023]. Disponible en: https://apps.contraloria.gob.pe/ciudadano/wfr_Infobras_Consulta.aspx.

BIGWANTO, A., WIDAYATI, N., WIBOWO, M.A., & SARI, E.M. (2024). *Key Performance Indicators (KPI) to Measure Effectiveness of Lean Construction in Indonesian Projects*. Sustainability, 16(15), 6461.



HOSSAIN, M.A., ZHUMABEKOVA, A., PAUL, S.C., & KIM, J.R. (2020). *A review of 3D printing in construction and its impact on the labor market.* Sustainability, 12(20), 8492.

MARAQA, M.J., SACKS, R., & SPATARI, S. (2021). *Quantitative assessment of the impacts of BIM and lean on process and operations flow in construction projects.* Engineering, Construction and Architectural Management.

CÁRDENAS VIVANCO, J.C. (2022). *Lean manufacturing para mejorar la productividad en la construcción de ambientes complementarios, Apurímac 2022.* Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo.

BARRIGA MIRANDA, D.E. (2019). *Aplicación del Sistema Last Planner en la construcción del pad de lixiviación y pozas de procesos del yacimiento minero Anama, Apurímac, Perú.* Tesis de licenciatura, Universidad Católica de Santa María.

KERZNER, H., 2017. *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling.* New York: John Wiley & Sons.

HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C., y BAPTISTA, P., 2010. *Metodología de la Investigación.* 5ª ed. Ciudad de México: McGraw-Hill Interamericana.

MENDOZA, C., 2019. *Introducción al análisis estadístico de datos en SPSS y R.* Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

CHACÓN MONTOYA, R., Y ABANTO VARELA, Y. J. (2023). *Aplicación de la Carta Balance para la Mejora en la Productividad en la Obra Infraestructura Educativa N° 133 Susana Higushi Higushi, Matapalo - Zarumilla - Tumbes – 2022.* Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú. Asesor: Mg. Ing. German Sagastegui Vásquez.

HUAPAYA ESCUDERO, C. X., Y TORRES PEREZ, H. (2021). *Implementación de la metodología Lean Construction y las herramientas de la calidad para mejorar la productividad en la obra de reconstrucción y modernización de la Institución Educativa N°21508, ubicado en el distrito de Imperial, provincia de Cañete, departamento de Lima.* Tesis de pregrado, Universidad de San Martín de Porres, Lima, Perú. Asesor: Ernesto Antonio Villar Gallardo.



ANEXOS

Anexo A. Matriz de consistencia

Anexo B. Protocolos o instrumento de recolección de datos

Anexo C. Certificado de validación, instrumentos, Análisis Estadístico, juicio de expertos

Anexo D. Fotografías y Certificados

Anexo E. Declaratoria de originalidad del autor

Anexo F. Autorización de consentimiento para realizar la investigación

Anexo G. Constancia de originalidad



Anexo A: Matriz de consistencia

Influencia de la implementación de cartas balance en el índice de productividad en las partidas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa – 2023

Tabla 51 — Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables			Metodología
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variables Independiente	Dimensiones	Indicadores	Diseño
¿Cómo influye la implementación de cartas balance en el índice de productividad en las partidas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023?	Determinar la influencia de la implementación de cartas balance en el índice de productividad en las partidas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023.	La implementación de cartas balance influye significativamente en el índice de productividad en las partidas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco en Oropesa, 2023.	cartas balance	Trabajos realizados durante el proceso constructivo.	Trabajo Productivo Trabajo Contributivo Trabajo No Contributivo	Tipo de Investigación: Aplicada Enfoque: Cuantitativo Nivel: Descriptivo Diseño de investigación: Pre - experimental, Longitudinal Población: “Mejoramiento y Ampliación del servicio de agua para sistema de riego en las Localidades de Huayllamotcca, Chichani, Ccotoma, Pumapay, Paraccay Pampa y Cullco distrito de Oropesa – Antabamba – Apurímac” Muestra Partidas de encofrado y concreto en reservorio de Crusmocco.

Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Variables Dependientes	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
1. ¿Cómo influye la implementación de cartas balance al tiempo dedicado a trabajos productivos en las partidas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023? 2. ¿Como reduce la implementación de cartas balance al tiempo dedicado a trabajos no contributivos en las partidas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023? 3. ¿Cómo influye la implementación de cartas balance en el rendimiento diario de las cuadrillas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023? 4. ¿Como reduce la implementación de cartas balance en el costo de las partidas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023?	1. Determinar la influencia de la implementación de cartas balance del tiempo dedicado a trabajos productivos en las partidas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023.	1. La implementación de cartas balance influye significativamente del tiempo dedicado a trabajos productivos en las partidas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023.	cartas balance Tiempo dedicado a (TP)	Tiempo Productivo en partida de encofrado	Porcentaje de TP	observación directa, fotografías, revisión de documentos técnicos, formatos de control y productividad, y encuestas o entrevistas estructuradas Técnicas para el análisis de datos: Análisis descriptivo y Análisis estadístico mediante los Softwares SPSS y Excel
				Tiempo Productivo partida de concreto		
	2. Determinar la reducción de la implementación de cartas balance al tiempo dedicado a trabajos no contributivos en las partidas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023.	2. La implementación de cartas balance reduce significativamente al tiempo dedicado a trabajos no contributivos en las partidas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023.	cartas balance Tiempo dedicado a (TNC)	Tiempo No Contributorio en partida de encofrado	Porcentaje de TNC	
				Tiempo No Contributorio en partida de concreto		
	3. Determinar la influencia de la implementación de cartas balance en el rendimiento diario de las cuadrillas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023.	3. La implementación de cartas balance influye significativamente en el rendimiento diario de las cuadrillas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023.	cartas balance Rendimiento diario	Rendimiento en partida de encofrado	Cantidad de Trabajo Realizado por Unidad de Tiempo	
				Rendimiento en partida de concreto		
	4. Determinar la reducción de la implementación de cartas balance en el costo de las partidas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023.	4. La implementación de cartas balance reduce significativamente en el costo de las partidas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023.	cartas balance Reducción de Costos	Costo de la partida de encofrado	Costo total en partida de encofrado	
				Costo de la partida de concreto	Costo total en partida de concreto	

Anexo B. Protocolos o instrumento de recolección de datos

1. Encofrado de reservorio Ccotoma antes de la mejora mediante la implementación de carta balance

El encofrado consiste en la construcción de moldes temporales que sirven para darle forma al concreto fresco hasta que este se endurezca y alcance la resistencia necesaria.

Procedimiento Constructivo:

Tras el vaciado de concreto en las zapatas y la losa del reservorio Ccotoma, los carpinteros comienzan a armar el encofrado, utilizando madera de triplay fenólico de 18 mm. Primero, se realiza el trazo y replanteo, luego claven las estacas y colocando los soportes de madera. A continuación, se instala los paneles con tornapuntas y escantillones. Finalmente, aplique el aditivo desmoldante, preparando el encofrado para el próximo vaciado de concreto.

- **Diseño y planificación:** Antes de iniciar el encofrado, se deben diseñar los moldes según las especificaciones del proyecto.
- **Materiales:** Los moldes pueden ser de madera, metal, plástico o una combinación de estos materiales.
- **Construcción del molde:** Se ensamblan los paneles del encofrado asegurándose de que sean lo suficientemente fuertes para soportar la presión del concreto.
- **Revisión y ajuste:** Se verifica que el molde esté correctamente alineado y ajustado para evitar fugas y deformaciones.
- **Aplicación de agentes desmoldantes:** Estos se aplican en la superficie interna del molde para facilitar el desencofrado posterior.

Recursos Utilizados

Los recursos básicos utilizados son, mano de obra y herramientas. Según expediente técnico, dentro de la mano de obra la cuadrilla consta de 1 operario y 1 oficial, dentro de los materiales se tienen: clavos para madera CC de 3", clavos para madera CC de 4", alambre negro 8, aditivo desmoldante y disolvente, triplay fenólico de 18 mm y en herramientas se tiene martillo y cinta métrica, plomada y/o nivel de mano y tortol.

Reconocimiento e identificación de las actividades productivas, contributivas y no contributivas

Para el desarrollo de las cartas balance en la partida encofrado y desencofrado del reservorio Ccotoma, es necesario clasificar los distintos tipos de trabajos, ya sea, trabajos

productivos (TP), trabajo contributivos (TC) y los trabajos no contributivos (TNC), así como el tamaño y ubicación de la cuadrilla. El objetivo es entender cómo se asigna el tiempo a todo el equipo, tanto individualmente como en equipo, para luego analizarlo e implementar acciones correctivas, mejoras o soluciones a los problemas aparentes que puedan surgir a raíz de los resultados obtenidos.

Tabla 52 — Trabajos productivos en partida de encofrado del R1

Código	Trabajo Productivo
1	Instalación de paneles
2	Amarre y/o clavado
3	Alineación vertical del encofrado
4	Apuntalado de encofrado

Tabla 53 — Trabajos contributivos en partida encofrado del R1

Código	Trabajo Contributorio
11	Preparación de amarres
12	Armado de paneles
13	Limpieza y colocación de desmoldante
14	Mediciones
15	Transporte de insumos
16	Corte de madera
17	Recibir/dar instrucciones
18	Orden y limpieza

Tabla 54 — Trabajos no contributivos en partida de encofrado del R1

Código	Trabajo no Contributorio
21	Esperas
22	Viajes
23	Utilizar celular
24	Hablar entre compañeros
25	Descanso/tiempo ocioso
26	Ir a SSHH

27	Trabajos rehechos
28	Ausencia

Diagrama de flujo de la partida

Es una representación esquemática y estructurada de cada actividad que compone el proceso completo de la partida, permitiendo disponer de un diagrama organizado. Como se observa en la figura, existen actividades contributivas que se realizan exclusivamente para alcanzar las actividades que forman los TP (Chambi Pari 2021, p. 29).

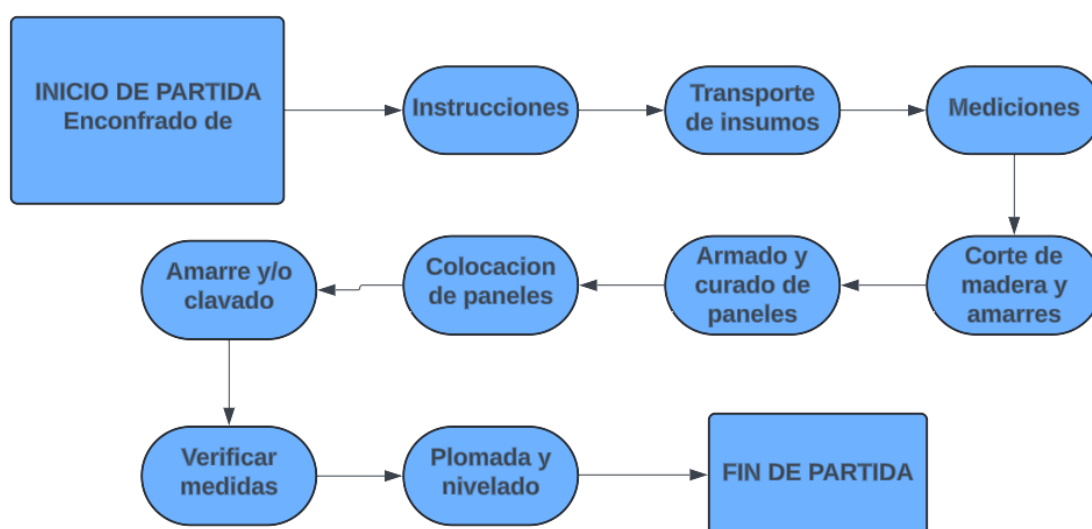


Figura 30 — Diagrama de flujo de la partida encofrado

Extraído de: (CHAMBI PARI 2021, p. 29)

Distribución del personal de la partida de encofrado de reservorio Ccotoma

La cuadrilla de encofrado del reservorio Ccotoma estará conformada por 1.0 operario + 1.0 oficial según el expediente técnico. Tomando como referencia por conveniencia a tres cuadrillas para dicho fin y obtener un rendimiento promedio aceptable antes de la implementación de carta balance.

Tabla 55 — Mano de obra del R1, partida de encofrado

Nro.	Categoría	Actividad
1	operario 1	encofrado
2	operario 2	encofrado

3	operario 3	encofrado
4	oficial 1	encofrado
5	oficial 2	encofrado
6	oficial 2	encofrado

Toma de datos en campo para cálculo de rendimiento productividad de la partida de encofrado de reservorio Ccotoma

Con fecha de 19 de mayo del año 2023 se tomaron 40 muestras a cada una de las tres cuadrillas (01 operario + 01 oficial) en estudio, en un periodo de intervalo de tiempo de 1 minuto cada una.

Se llevó a cabo un análisis de la partida de encofrado del reservorio Ccotoma antes de implementar las mejoras correspondientes, utilizando la carta balance para evaluar el rendimiento real basado en los registros de mediciones. Esto permitió evaluar la productividad según los rendimientos reales descritos en el expediente técnico, identificar deficiencias, analizarlas y aplicar medidas.

Las actividades de cada miembro de la cuadrilla se registraron minuto a minuto en el formato de Carta de Balance. Además, los hallazgos se digitalizaron.

Nº	Operario 1	Operario 2	Operario 3	Oficial 1	Oficial 2	Oficial 3	Tiempo Promedio (min)
1	17	17	23	17	17	23	1.00
2	17	17	17	17	17	17	1.00
3	23	23	15	15	15	15	1.00
4	21	23	15	15	26	15	1.00
5	11	11	15	15	21	15	1.00
6	11	11	12	15	12	15	1.00
7	11	11	11	11	11	11	1.00
8	26	11	11	16	13	11	1.00
9	21	17	18	14	26	23	1.00
10	11	2	12	11	21	1	1.00
11	2	2	13	2	13	1	1.00
12	14	11	16	12	13	11	1.00
13	11	14	15	23	13	18	1.00
14	2	21	17	23	4	22	1.00
15	21	26	17	17	4	15	1.00
16	3	2	25	13	15	27	1.00
17	21	2	25	13	27	27	1.00
18	3	2	1	13	27	27	1.00

19	21	14	26	25	17	17	1.00
20	27	14	12	17	17	21	1.00
21	25	23	27	14	14	25	1.00
22	3	26	27	27	21	15	1.00
23	17	3	14	14	23	15	1.00
24	2	25	3	14	14	14	1.00
25	2	4	2	16	17	16	1.00
26	17	4	15	23	17	25	1.00
27	25	26	18	18	27	27	1.00
28	26	23	23	2	14	13	1.00
29	21	14	21	27	13	13	1.00
30	2	14	2	2	13	13	1.00
31	2	2	2	15	4	23	1.00
32	21	1	2	11	4	22	1.00
33	24	24	28	11	15	12	1.00
34	1	4	4	4	24	18	1.00
35	24	2	22	13	15	26	1.00
36	1	3	14	15	23	21	1.00
37	13	2	12	11	27	14	1.00
38	4	22	16	14	14	16	1.00
39	28	28	13	26	14	26	1.00
40	15	4	3	23	13	14	1.00
1	2.00	1.00	1.00			2.00	6.00
2	6.00	8.00	4.00	3.00			21.00
3	3.00	2.00	2.00				7.00
4	1.00	4.00	1.00	1.00	4.00		11.00
11	5.00	5.00	2.00	5.00	1.00	3.00	21.00
12			4.00	1.00	1.00	1.00	7.00
13	1.00		2.00	4.00	7.00	3.00	17.00
14	1.00	5.00	2.00	5.00	5.00	3.00	21.00
15	1.00		5.00	6.00	4.00	7.00	23.00
16			2.00	2.00		2.00	6.00
17	4.00	3.00	3.00	4.00	6.00	2.00	22.00
18			2.00	1.00		2.00	5.00
21	7.00	1.00	1.00		3.00	2.00	14.00
22		1.00	1.00			2.00	4.00
23	1.00	4.00	2.00	4.00	2.00	3.00	16.00
24	2.00	1.00			1.00		4.00
25	2.00	1.00	2.00	1.00		2.00	8.00
26	2.00	3.00	1.00	1.00	2.00	2.00	11.00
27	1.00		2.00	2.00	4.00	4.00	13.00
28	1.00	1.00	1.00				3.00
Total	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	240.00

Figura 31 — Datos de la partida de encofrado reservorio 1

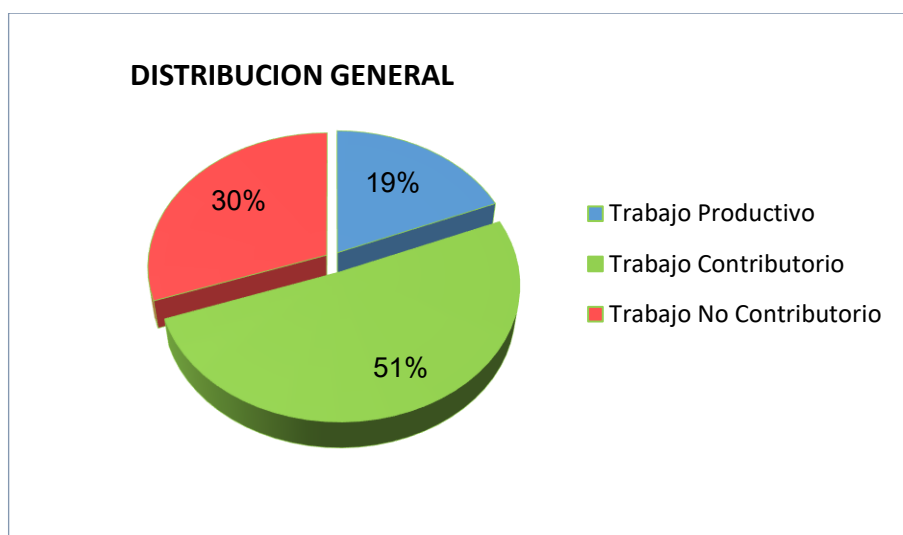


Figura 32 — Distribución general de la partida de encofrado en R1

Esta distribución muestra un enfoque claro en las actividades que forman la estructura física del encofrado.

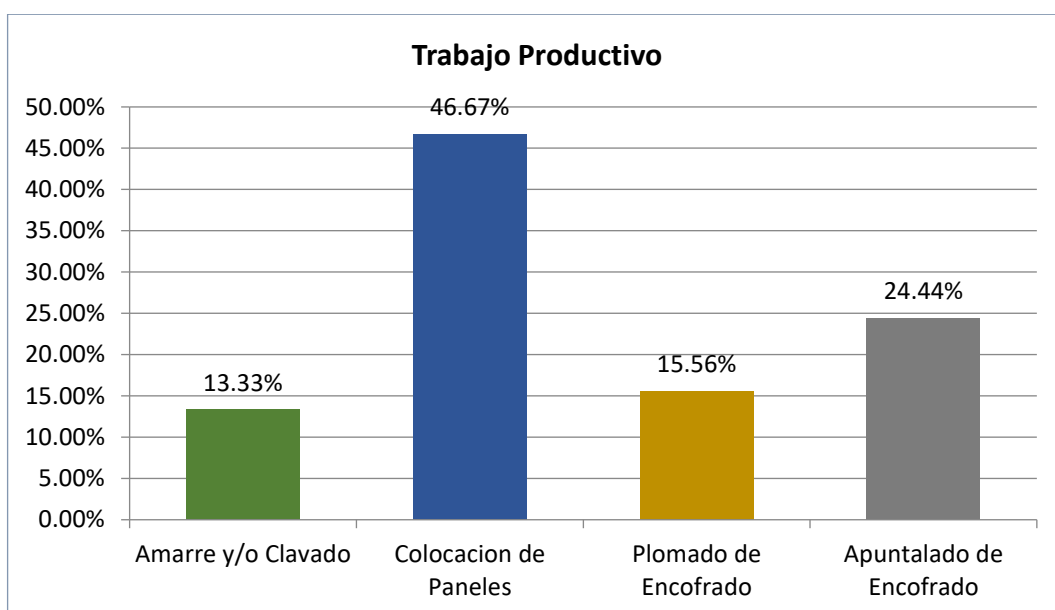


Figura 33 — Distribución de TP en partida de encofrado reservorio Ccotoma

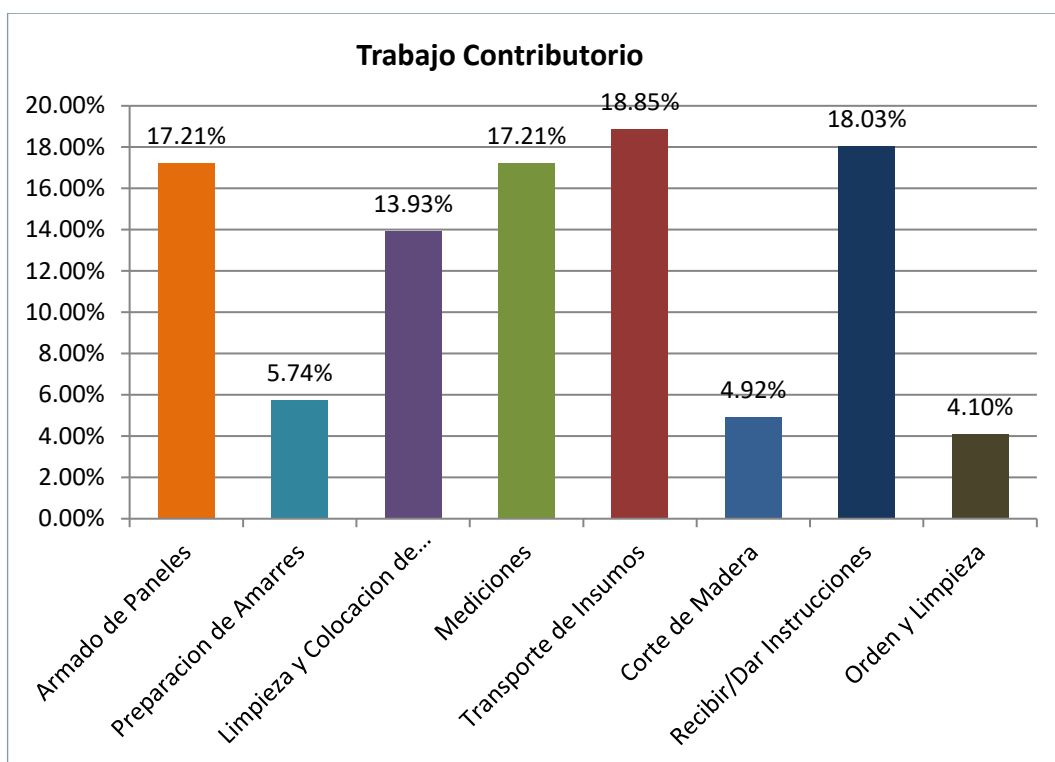


Figura 34 — Distribución de TC en partida de encofrado, reservorio Ccotoma

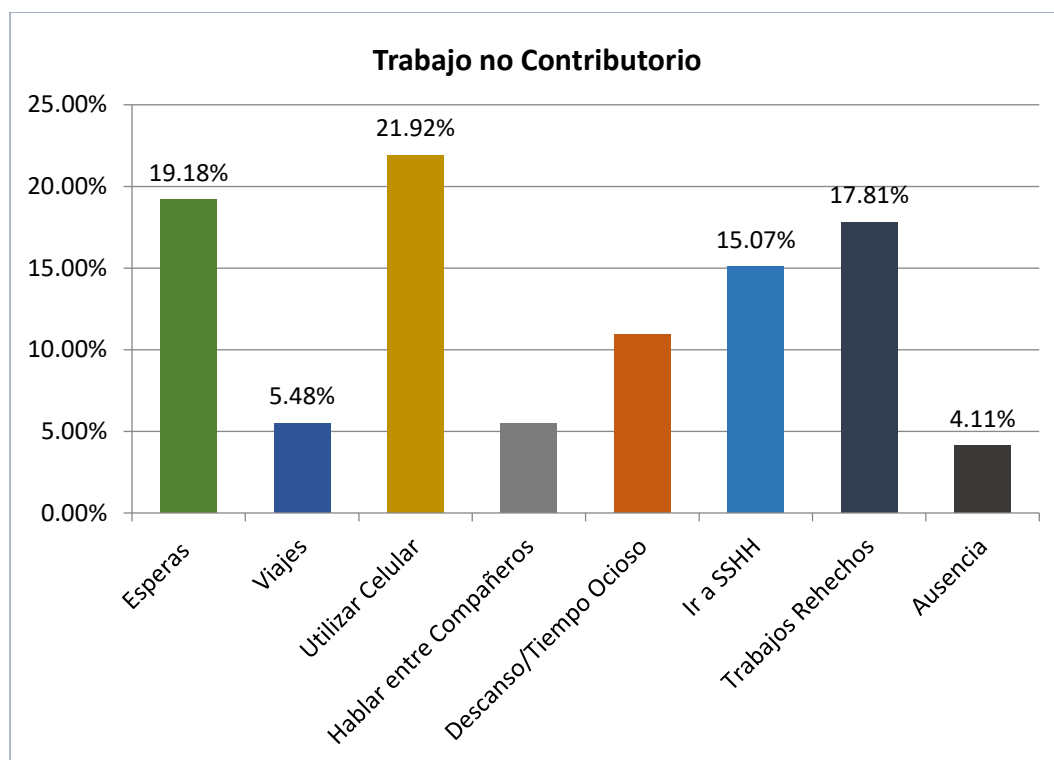


Figura 35 — Distribución de TNC en partida de encofrado, reservorio Ccotoma

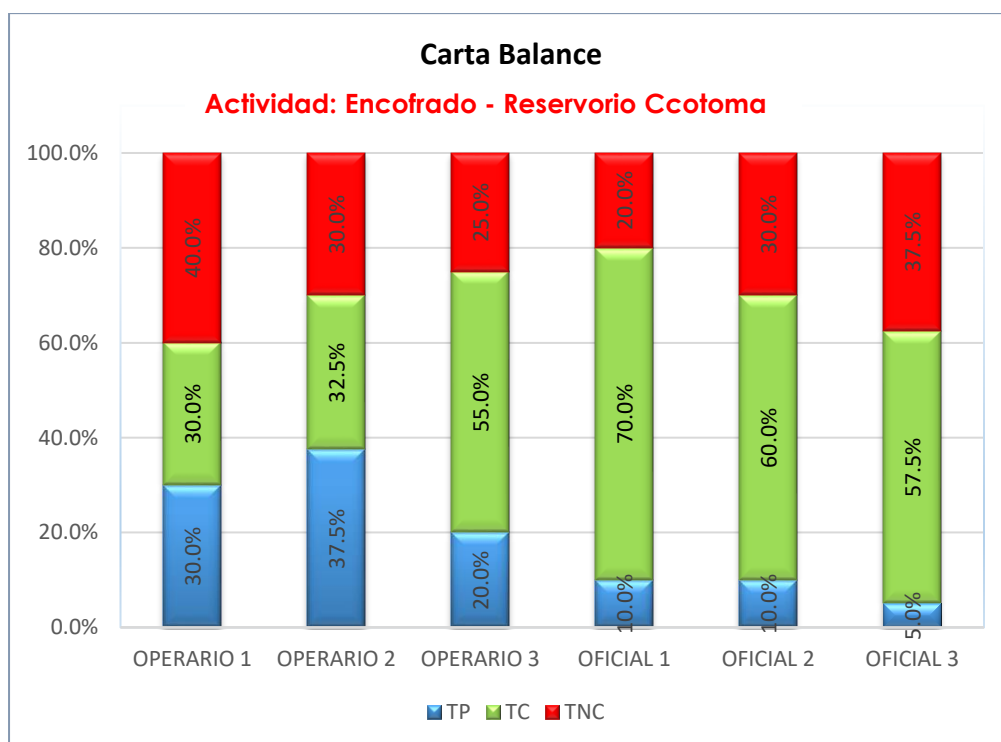


Figura 36 — Distribución de trabajo por obrero

El análisis muestra una variabilidad significativa en la distribución del trabajo entre los obreros. Mejorar la eficiencia operativa mediante una mejor planificación y reducción de ineficiencias podría resultar en un incremento notable de la productividad y la eficiencia general en la partida de encofrado del reservorio Ccotoma

Tabla 56 — Resultado final de la partida de encofrado en R1

Tipo de Trabajo	% Alcanzado
Trabajo Productivo	19%
Trabajo Contributorio	51%
Trabajo no Contributorio	30%
Total	100%

Distribución del tiempo a nivel individual.

Después de presentar los resultados de manera general, procederemos a detallar los porcentajes específicos obtenidos de TP (Trabajo Productivo), TC (Trabajo Contributorio) y TNC (Trabajo No Contributorio) para cada miembro del equipo de la partida de

encontrado en el reservorio de Ccotoma. Este análisis detallado permitirá una comprensión más profunda del rendimiento individual y colectivo, facilitando la identificación de áreas donde hay déficit de control del rendimiento y productividad de mano de obra.

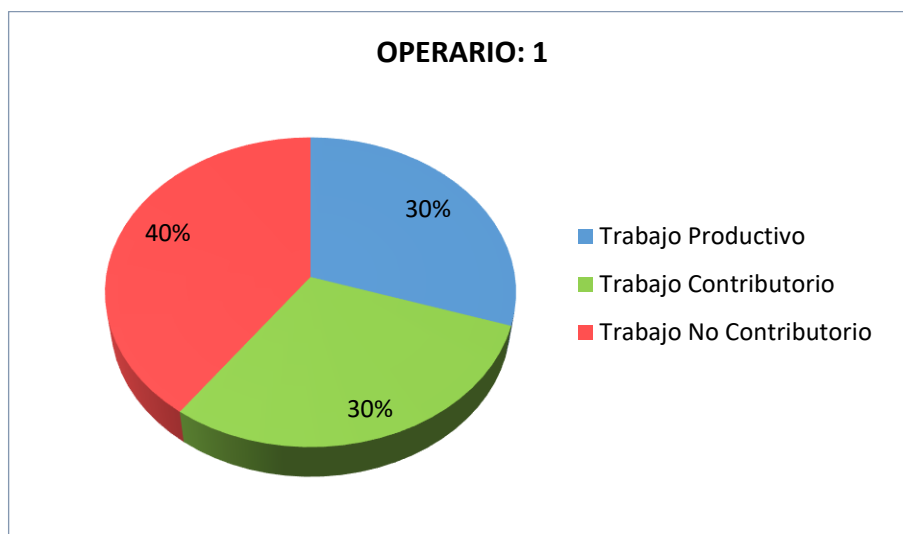


Figura 37 — Distribución del tiempo del operario 1 en encofrado, reservorio Ccotoma

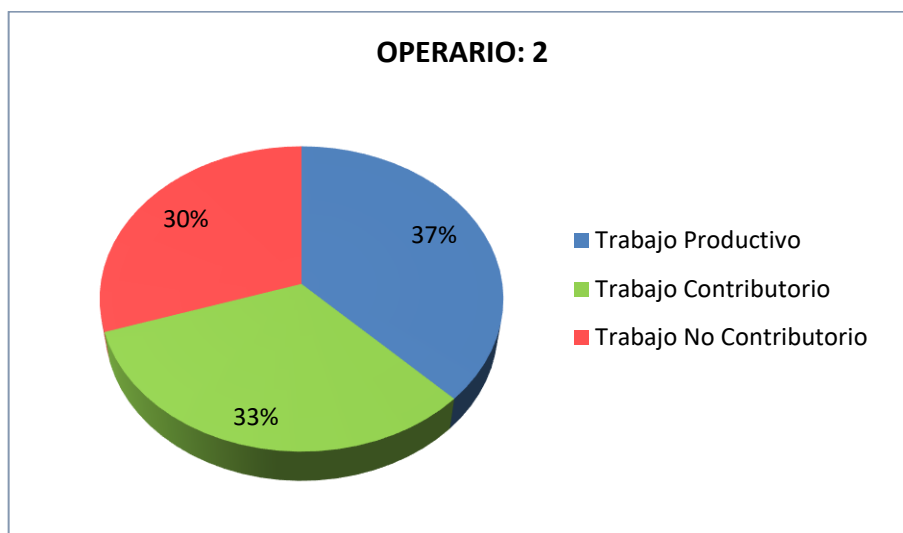


Figura 38 — Distribución del tiempo del operario 2 en encofrado, reservorio Ccotoma

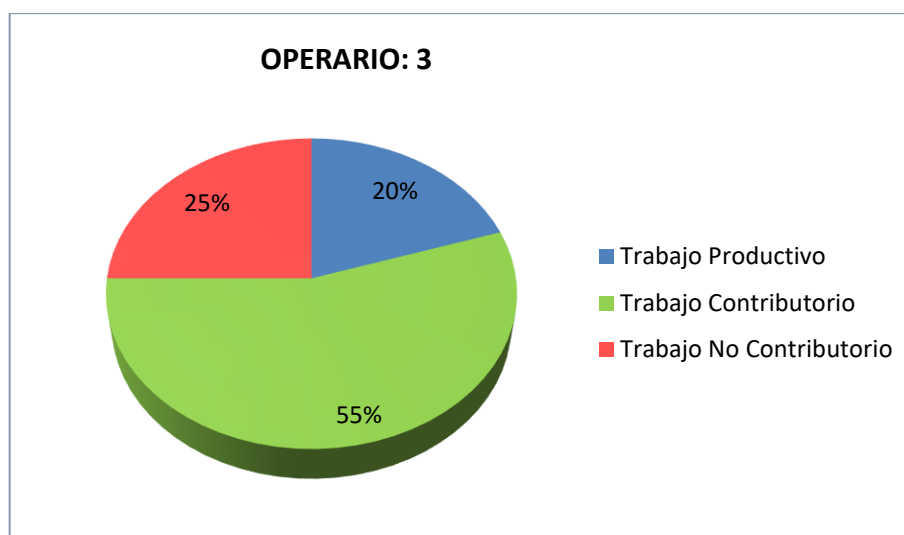


Figura 39 — Distribución del tiempo del operario 3 en encofrado, reservorio Ccotoma

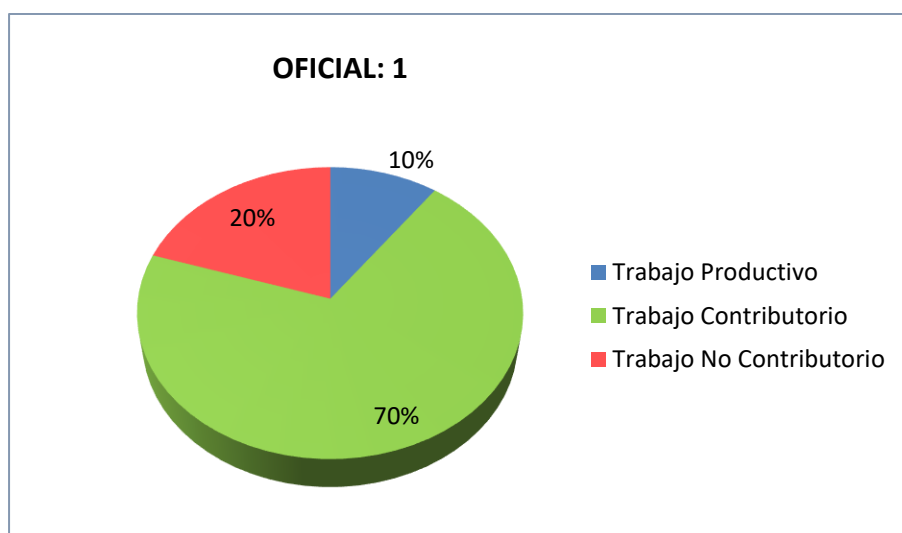


Figura 40 — Distribución del tiempo del oficial 1 en encofrado, reservorio Ccotoma

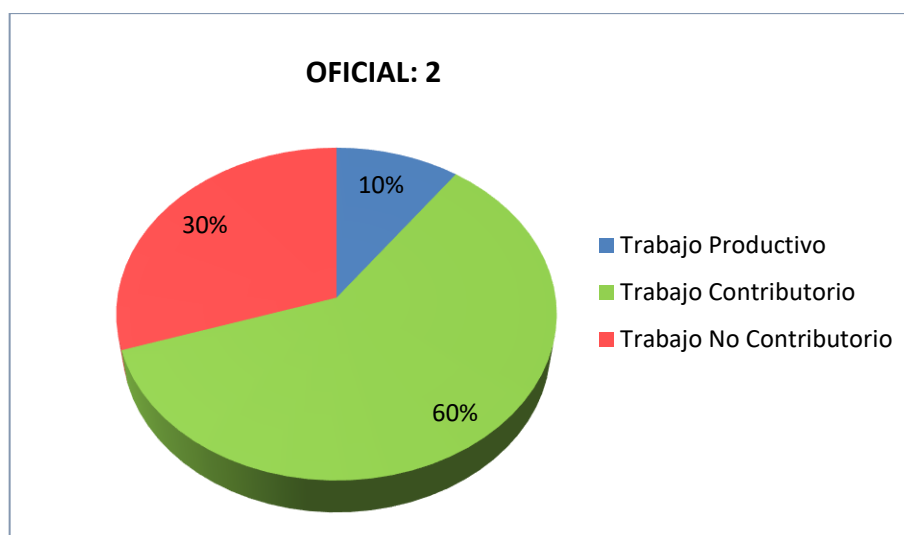


Figura 41 — Distribución del tiempo del oficial 2 en encofrado, reservorio Ccotoma

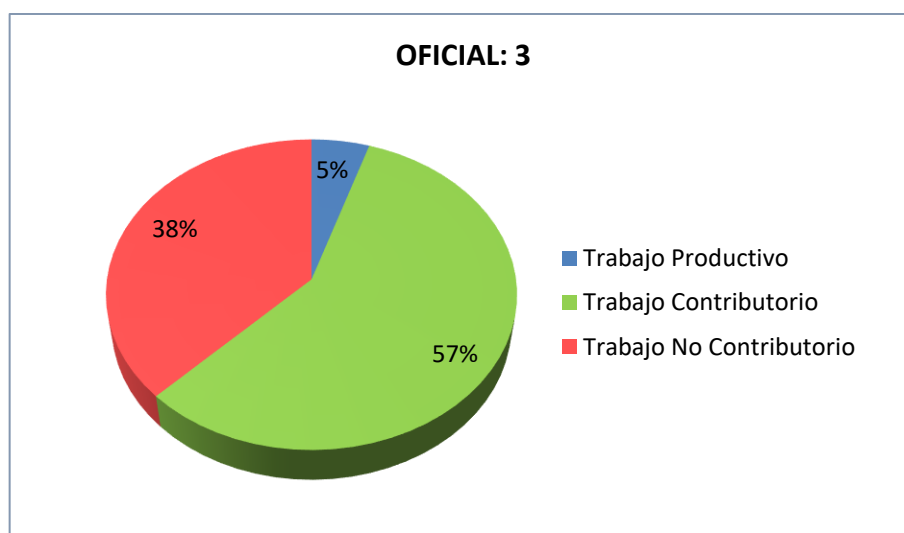


Figura 42 — Distribución del tiempo del oficial 3 en encofrado, reservorio Ccotoma

Medidas correctivas para el mejoramiento del rendimiento y la productividad de la partida de encofrando de reservorio Ccotoma

- Se discutió con el jefe de cuadrilla sobre el procedimiento constructivo utilizado. Durante la conversación, se identifican los errores y el tiempo perdido en tareas no constructivas (TNC). Se presentó la nueva metodología de trabajo implementada por los encargados de la obra y el proceso constructivo actualizado. Este enfoque busca asegurar la calidad del trabajo y evitar la repetición de tareas. Además, se destacó la importancia de adherirse a estos nuevos procedimientos para optimizar el uso del

tiempo y los recursos, promoviendo una mayor eficiencia y mejores resultados en los proyectos de construcción.

- Se llevó a cabo una reunión con la cuadrilla para comunicar las decisiones adoptadas y proporcionar instrucciones detalladas sobre las tareas específicas para cada miembro. El objetivo es eliminar cualquier desperdicio y dejar claro que, durante el tiempo asignado para una tarea, ningún integrante debe dedicarse a ausencias, viajes innecesarios, conversaciones, uso del celular o descansos. Además, bajo ninguna circunstancia se deben rehacer trabajos. Esta medida busca maximizar la eficiencia y asegurar que cada actividad se complete dentro del plazo estipulado sin distracciones ni interrupciones.
- Se llevaron a cabo las coordinaciones necesarias para garantizar la disponibilidad completa del material de encofrado en el sitio de la obra. Esto incluye madera de diversas dimensiones, alambre, clavos y herramientas manuales de corte tanto para madera como para acero. El objetivo es minimizar el tiempo dedicado al corte de madera y al armado de paneles, eliminando esperas, desplazamientos
- Se determinó la ubicación estratégica de los materiales cerca del área de trabajo. Esta medida tiene como objetivo evitar que los obreros pierdan tiempo en desplazamientos largos cuando necesiten insumos o herramientas, reduciendo así las esperas y los viajes innecesarios.
- Se instalaron baños provisionales cerca del área de trabajo para reducir el tiempo que los trabajadores necesitan para acceder a estas instalaciones. Anteriormente, el personal tenía que ir al bosque para satisfacer sus necesidades, lo que resultaba en pérdida de tiempo y posibles inconvenientes. Con la implementación de estos baños, se busca mejorar las condiciones laborales, incrementar la eficiencia y garantizar que los trabajadores tengan acceso rápido y conveniente a instalaciones sanitarias adecuadas, contribuyendo a un entorno de trabajo más higiénico y productivo.
- Un factor crucial para la efectividad de estas medidas correctivas es, indudablemente, una supervisión adecuada por parte de los encargados de la obra. Esta supervisión debe ser constante y exhaustiva, desde el inicio hasta la finalización de cada actividad. Solo a través de un monitoreo continuo se podrán alcanzar los resultados esperados. Durante la ejecución, pueden surgir inconvenientes que no se ajusten a la planificación inicial; en esos casos, es esencial realizar correcciones inmediatas en el lugar. Anteriormente, tanto el residente como el supervisor realizaban visitas esporádicas, lo que no permitía abordar los problemas en tiempo real. Una supervisión permanente permitirá

identificar y resolver cualquier desviación del plan de manera inmediata, garantizando así la eficiencia y la calidad en el desarrollo de los proyectos. Además, esta presencia constante reforzará el cumplimiento de los nuevos procedimientos y motivará al equipo a mantener altos estándares de trabajo.

Sugerencias para la mejora como quipo técnico (Supervisor, Residente de Obra y Asistentes).

- **Mejor Planificación y Coordinación:** Se Implemento prácticas avanzadas de gestión de proyectos y coordinación en el sitio para reducir tiempos de espera y mejorar la eficiencia operativa.
- **Optimización de Rutas y Procedimientos de Viaje:** Revisar y mejorar las rutas y los tiempos de desplazamiento dentro del sitio para minimizar el tiempo no productivo y agilizar los movimientos necesarios.
- **Políticas de Uso de Celulares:** Establecer reglas claras y estrictas sobre el uso de dispositivos personales durante el horario laboral para disminuir distracciones y aumentar la concentración en las tareas asignadas.
- **Optimización de Procesos:** Revisar y mejorar los procesos de trabajo actuales para eliminar tareas no contributivas. Considerar la automatización o eliminación de pasos innecesarios como una estrategia para aumentar la eficiencia.
- **Mejora en la Planificación de Recursos:** Asegurar una disponibilidad eficiente de los recursos necesarios para reducir el tiempo dedicado a tareas de soporte. Esto permitirá un mayor enfoque en el trabajo productivo y reducirá los retrasos operativos.
- **Capacitación y Comunicación:** Fortalecer la capacitación del personal en técnicas de trabajo eficientes y promover una comunicación más efectiva en el sitio con el fin de disminuir el tiempo perdido en actividades no productivas. Esto se logrará mediante la implementación de charlas de inducción centradas en el uso de cartas balance, fomentando así la mejora continua

Estas estrategias no solo podrían mejorar la eficiencia, sino también acelerar el cronograma del proyecto y reducir posibles costos adicionales asociados con retrasos y gestión ineficaz del trabajo lo cual es el objetivo principal de la aplicación de la carta balance.



Cálculo del rendimiento basado en las mediciones de la carta balance y los metrados obtenidas en el campo en la partida de encofrado del reservorio Ccotoma.

Paso 01.- Cálculo total de mediciones de carta balance:

$$\text{Total medicion segun carta Balance} = 240.0 \text{ min}$$

Paso 02.- Cálculo total de mediciones de carta balance en horas:

$$\text{Total medicion segun carta balance en horas} = \frac{240.0 \text{ min}}{60.0 \text{ min/h}}$$

$$\text{Total medicion segun carta balance en horas} = 4.0 \text{ h}$$

Paso 03.- Cálculo del tiempo empleado por obrero:

$$\text{Tiempo empleado por Obrero} = \frac{\text{Total medicion segun carta balance en horas}}{\text{Cuadrilla}}$$

$$\text{Tiempo empleado por Obrero} = \frac{4.00 \text{ h}}{6.00 \text{ obreros}}$$

$$\text{Tiempo empleado por Obrero} = 0.667 \text{ hh}$$

Paso 04.- Longitud de encofrado según carta balance:

$$\text{Longitud de encofrado} = 1.15 \text{ m}$$

Paso 05.- Altura de encofrado:

$$\text{Altura de encofrado por 2 lados} = 2.65 \text{ m}$$

Paso 06.- Cálculo de Metrado ejecutado durante la toma de datos:

$$\text{Metrado ejecutado} = \text{Largo} * \text{Alto}$$

$$\text{Metrado ejecutado} = 1.15 \text{ m} * 2.65 \text{ m}$$

$$\text{Metrado ejecutado} = 3.05 \text{ m}^2$$

Paso 07.- Cálculo de tiempo para ejecutar 1.00 m² de encofrado:

$$\text{Tiempo en 1.00 m}^2 \text{ de encofrado} = \frac{\text{Total medicion segun carta balance en horas}}{\text{Metrado ejecutado}}$$

$$\text{Tiempo en 1.00 m}^2 \text{ de encofrado} = \frac{4.00 \text{ h}}{3.05 \text{ m}^2}$$

$$\text{Tiempo en 1.00 m}^2 \text{ de encofrado} = 1.31 \text{ h/m}^2$$

Paso 08.- Cálculo del rendimiento en una jornada laboral:

$$\text{Rendimiento en jornada laboral} = \frac{\text{Cuadrilla} * \text{Jornada laboral}}{\text{Tiempo en 1.00 m}^2 \text{ de encofrado h/m}^2}$$

$$\text{Rendimiento en jornada laboral} = \frac{6.00 * 8.00 \text{ h}}{1.31 \text{ h/m}^2}$$

$$\text{Rendimiento en jornada laboral de 6 obreros} = 36.60 \text{ m}^2/\text{dia}$$



Tabla 57 — Rendimiento en encofrado del reservorio Ccotoma

Medición de tiempo	
Total, de mediciones (min)	240.00
Total, de mediciones (h)	4.00
Tiempo empleado por obrero (hh)	0.67
Metrados	
Longitud de encofrado (m)	1.15
Altura de encofrado x dos lados (m)	2.65
Metrado ejecutado (m ²)	3.05
Rendimientos	
Tiempo para 1 m ² de encofrado (hh/m ²)	1.31
Rendimiento en un día de jornada laboral por 6 obreros (m ² /día)	36.60
Rendimiento promedio en un día de jornada laboral (m ² /día) por 2 obreros que (01 operario + 01 oficial).	12.20

Cálculo de la productividad basado en las mediciones de la carta balance, los metrados obtenidos en campo y los rendimientos teóricos del expediente técnico de la obra para la partida de encofrado del reservorio Ccotoma.

Paso 01.- Rendimiento teórico según expediente técnico:

$$\text{Rendimiento teórico según expediente técnico} = 12 \text{ m}^2/\text{día}$$

Paso 02.- Cuadrilla teórica:

$$\text{Cuadrilla teorica} = 2.00 \text{ (01 Operario – 01 Oficial)}$$

Paso 03.- Cálculo de horas en jornada laboral:

$$\text{jornada laboral} = \text{Cuadrilla} * 8.00 \text{ horas}$$

$$\text{jornada laboral} = 2.00 * 8.00 \text{ horas}$$

$$\text{jornada laboral} = 16.00 \text{ horas}$$

Paso 04.- Rendimiento real:

$$\text{Rendimiento real} = 12.20 \text{ m}^2/\text{dia}$$

Paso 05.- Cálculo de la cantidad real de bienes producidos:

$$\text{Cantidad real de bienes producidos} = \frac{\text{Rendimiento real}}{\text{Horas en jornada laboral}}$$

$$\text{Cantidad real de bienes producidos} = \frac{12.20}{16.00}$$

$$\text{Cantidad real de bienes producidos} = 0.76$$

Paso 06.- Cálculo de recursos reales empleados:

$$\text{Recursos reales empleados} = \frac{\text{Horas en jornada laboral}}{\text{Rendimiento real}}$$

$$\text{Recursos reales empleados} = \frac{16.00}{12.20}$$

$$\text{Recursos reales empleados} = 1.31$$

Paso 07.- Cálculo de productividad real:

$$\text{Productividad real} = \frac{\text{Cantidad real de bienes producidos}}{\text{recursos reales empleados}}$$

$$\text{Productividad real} = \frac{0.76}{1.31}$$

$$\text{Productividad real} = 0.58$$

Paso 08.- Cálculo de la cantidad teórica de bienes producidos:

$$\text{cantidad teórica de bienes producidos} = \frac{\text{Ren. teórico según Exp. técnico}}{\text{Horas en jornada laboral}}$$

$$\text{cantidad teórica de bienes producidos} = \frac{12.00}{16.00}$$

$$\text{cantidad teórica de bienes producidos} = 0.75$$



Paso 09.- Cálculo de recursos teóricos empleados:

$$\text{recursos teóricos empleados} = \frac{\text{Jornada laboral}}{\text{Rendimiento teorico segun Exp.Tecnico}}$$

$$\text{recursos teóricos empleados} = \frac{16.00}{12.00}$$

$$\text{recursos teóricos empleados} = 1.33$$

Paso 10.- Cálculo de productividad teórica:

$$\text{Productividad teorica} = \frac{\text{Cantidad teórica de bienes producidos}}{\text{Recursos teóricos empleados}}$$

$$\text{Productividad teorica} = \frac{0.75}{1.33}$$

$$\text{Productividad teorica} = 0.56$$

Paso 11.- Índice de productividad:

$$\text{Índice de productividad} = \frac{\text{Productividad real}}{\text{Productividad teorica}}$$

$$\text{Índice de productividad} = \frac{0.58}{0.56}$$

$$\text{Índice de productividad} = 1.036$$

Tabla 58 — Rendimiento y productividad en encofrado del reservorio Ccotoma

Partida	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Rendimient o exp técnico (m2/día)	Cuadrill a teórica Exp. técnico (cant. Obreros)	Jornada complet a (h)	Rendimient o real (m2/día)	Cantidad real de bienes producido s [4/3]	Recursos reales empleado s [3/4]	Productivida d real [5/6]	Cantidad teórica de bienes producido s [1/3]	Recursos teóricos empleado s [3/1]	Productivida d teórica [8/9]	ÍNDICE DE PRODUCTIVIDA D [7/10]
Encofrado y desencofrado en reservorio Ccotoma antes de mejoramient o de rendimiento	12.00	2.00	16.00	12.20	0.76	1.31	0.58	0.75	1.33	0.56	1.04

2. Resultados optimizados con carta balance en la partida de encofrado de reservorio Crusmocco.

El 10 de junio de 2023, se llevó a cabo un análisis detallado en la partida de encofrado del reservorio Crusmocco, tras la implementación de la carta balance, con el fin de evaluar y mejorar el rendimiento real de las operaciones. Para ello, se recolectaron 40 muestras de las actividades laborales de cada una de las tres cuadrillas, cada una integrada por un operario y un oficial. Durante el análisis, se monitorizaron las actividades de cada miembro de la cuadrilla minuto a minuto durante 40 minutos, utilizando el formato de Carta de Balance. Los datos recolectados fueron digitalizados para facilitar el análisis posterior y la comparación con resultados anteriores, permitiendo una evaluación más precisa y sistemática del impacto de las mejoras implementadas.

Reconocimiento e identificación de las actividades productivas, contributarios y no contributarios

Para optimizar los rendimientos en la partida de encofrado y desencofrado del reservorio Crusmocco, es esencial desarrollar cartas balance que clasifiquen los trabajos en tres categorías: trabajos productivos (TP), trabajos contributivos (TC) y trabajos no contributivos (TNC). Es importante también analizar el tamaño y ubicación de cada cuadrilla, utilizando en este caso la misma cuadrilla del análisis inicial, pero con un reemplazo en el personal debido al bajo rendimiento observado. Se sustituirá al oficial Richard Gómez, cuya productividad fue insatisfactoria y demostró desinterés por su trabajo, por el oficial William Pachacama, esperando mejorar así la eficiencia del grupo. El propósito de estas medidas es profundizar en el entendimiento de cómo se pueden mejorar los rendimientos a nivel individual y grupal, aplicando las acciones correctivas adecuadas basadas en los resultados obtenidos anteriormente en el primer análisis del reservorio. Estos ajustes son cruciales para asegurar que las mejoras en los procesos no solo se mantengan, sino que también se optimicen continuamente.

Tabla 59 — Trabajos productivos en partida de encofrado, reservorio Crusmocco

Código	Trabajo Productivo
1	Instalación de paneles
2	Amarre y/o clavado

3	Alineación vertical del encofrado
4	Apuntalado de encofrado

Tabla 60 — Trabajos contributivos en partida de encofrado, reservorio Crusmocco

Código	Trabajo Contributorio
11	Preparación de amarres
12	Armado de paneles
13	Limpieza y colocación de desmoldante
14	Mediciones
15	Transporte de insumos
16	Corte de madera
17	Recibir/Dar instrucciones
18	Orden y limpieza

Tabla 61 — Trabajos no contributivos en partida de encofrado, reservorio Crusmocco

Código	Trabajo no Contributorio
21	Esperas
22	Viajes
23	Utilizar celular
24	Hablar entre compañeros
25	Descanso/tiempo ocioso
26	Ir a SSHH
27	Trabajos rehechos
28	Ausencia

Distribución del personal de la partida de encofrado de reservorio Crusmocco

Actualmente, la cuadrilla encargada del encofrado en el reservorio Crusmocco estará compuesta por un operario y un oficial, respetando el expediente técnico. Para determinar un rendimiento promedio aceptable, se utilizarán como referencia tres cuadrillas, tras la implementación de la carta balance.

En el presente, la composición de la cuadrilla responsable del encofrado en el reservorio Crusmocco incluirá un operario y un oficial, en cumplimiento con lo establecido en el expediente técnico. Con el objetivo de establecer un estándar de rendimiento promedio que sea aceptable, se evaluará y comparará el desempeño de tres cuadrillas diferentes con el primer registro.

Tabla 62 — Mano de obra de la cuadrilla en partida de encofrado, reservorio Crusmocco.

Nro.	Categoría	Actividad
1	operario 1	encofrado
2	operario 2	encofrado
3	operario 3	encofrado
4	oficial 1	encofrado
5	oficial 2	encofrado
6	oficial 4	encofrado

Toma de datos en campo para cálculo de rendimiento y productividad de la partida de encofrado de reservorio Crusmocco

Se aplicaron las cartas balance de lean construction para medir los rendimientos en el proyecto. A partir de los rendimientos obtenidos, se realizó el cálculo de la productividad. Este método no solo proporcionó una evaluación precisa de la eficiencia, sino que también facilitó la identificación de áreas de mejora y la implementación de estrategias para optimizar mano de obra, materiales, recursos procesos futuros.

Nº	Operario 1	Operario 2	Operario 3	Oficial 1	Oficial 2	Oficial 3	Tiempo Promedio (min)
1	17	17	17	17	17	17	1.00
2	17	17	17	17	17	17	1.00

3	27	13	12	15	15	24	1.00
4	13	11	13	15	26	15	1.00
5	2	2	14	13	13	13	1.00
6	14	2	2	2	13	2	1.00
7	2	14	14	2	21	25	1.00
8	21	14	2	1	14	13	1.00
9	1	1	1	15	1	1	1.00
10	12	1	12	16	1	27	1.00
11	2	15	2	1	12	2	1.00
12	21	2	12	15	14	13	1.00
13	14	14	27	22	2	28	1.00
14	1	27	1	27	2	18	1.00
15	22	1	2	18	21	12	1.00
16	15	13	21	27	13	13	1.00
17	4	14	4	4	13	13	1.00
18	4	4	14	15	4	21	1.00
19	21	4	4	12	4	22	1.00
20	15	24	26	12	15	4	1.00
21	4	14	4	2	13	13	1.00
22	1	4	14	15	4	22	1.00
23	14	1	1	22	1	4	1.00
24	24	24	28	11	15	12	1.00
25	4	4	4	4	24	18	1.00
26	14	4	22	13	15	26	1.00
27	1	1	14	15	24	4	1.00
28	14	14	16	3	18	15	1.00
29	15	4	3	21	13	14	1.00
30	3	12	4	17	14	4	1.00
31	14	14	12	13	4	24	1.00
32	4	4	14	4	27	12	1.00
33	27	26	16	18	18	16	1.00
34	1	4	4	12	3	14	1.00
35	3	21	27	14	15	15	1.00
36	12	12	14	25	14	4	1.00
37	4	14	22	4	4	28	1.00
38	27	3	4	15	14	14	1.00
39	1	15	14	16	27	17	1.00
40	14	1	1	18	18	4	1.00
1	6.00	6.00	4.00	2.00	3.00	1.00	22.00
2	3.00	3.00	4.00	3.00	2.00	2.00	17.00
3	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00		6.00
4	6.00	8.00	7.00	4.00	5.00	6.00	36.00
11		1.00		1.00			2.00
12	2.00	2.00	4.00	3.00	1.00	3.00	15.00
13	1.00	2.00	1.00	3.00	6.00	6.00	19.00



14	7.00	8.00	8.00	1.00	5.00	3.00	32.00
15	3.00	2.00		8.00	5.00	3.00	21.00
16			2.00	2.00		1.00	5.00
17	2.00	2.00	2.00	3.00	2.00	3.00	14.00
18				3.00	3.00	2.00	8.00
21	3.00	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	9.00
22	1.00		2.00	2.00		2.00	7.00
23							
24	1.00	2.00			2.00	2.00	7.00
25				1.00		1.00	2.00
26		1.00	1.00		1.00	1.00	4.00
27	3.00	1.00	2.00	2.00	2.00	1.00	11.00
28			1.00			2.00	3.00
Total	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	240.00

Figura 43 — Datos de encofrado en reservorio Crusmocco

Resultados Obtenidos a nivel general.

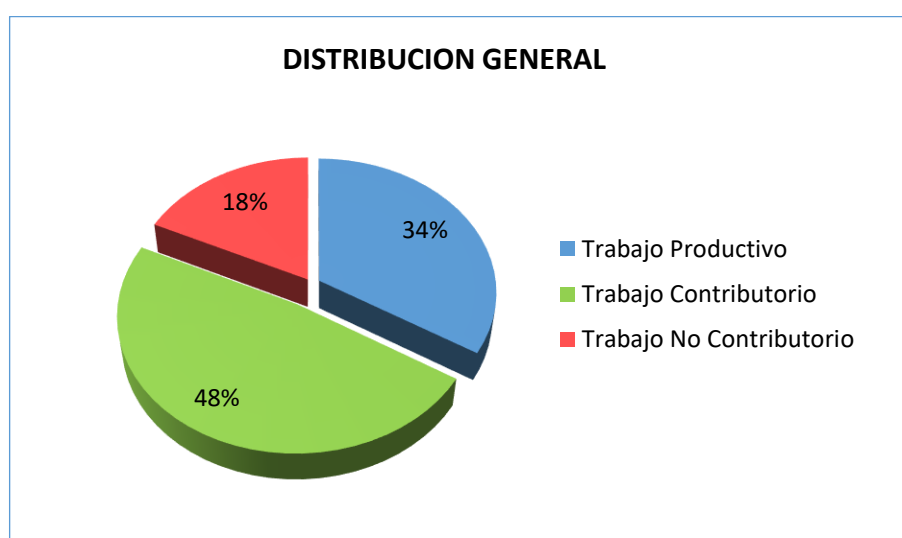


Figura 44 — Distribución general, partida de encofrado en reservorio Crusmocco

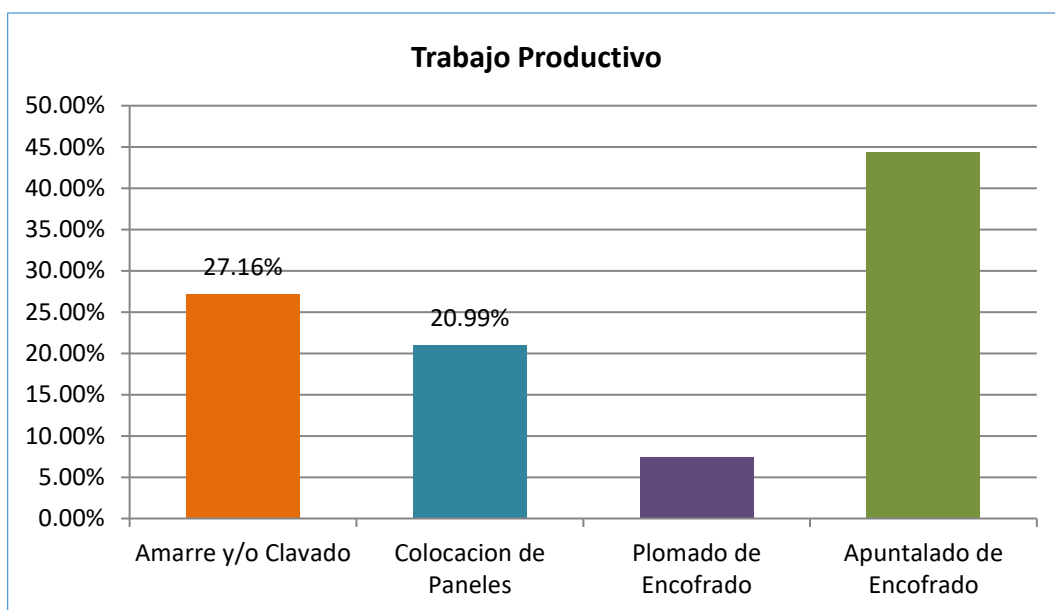


Figura 45 — Distribución de TP en partida de encofrado, reservorio Crusmocco.

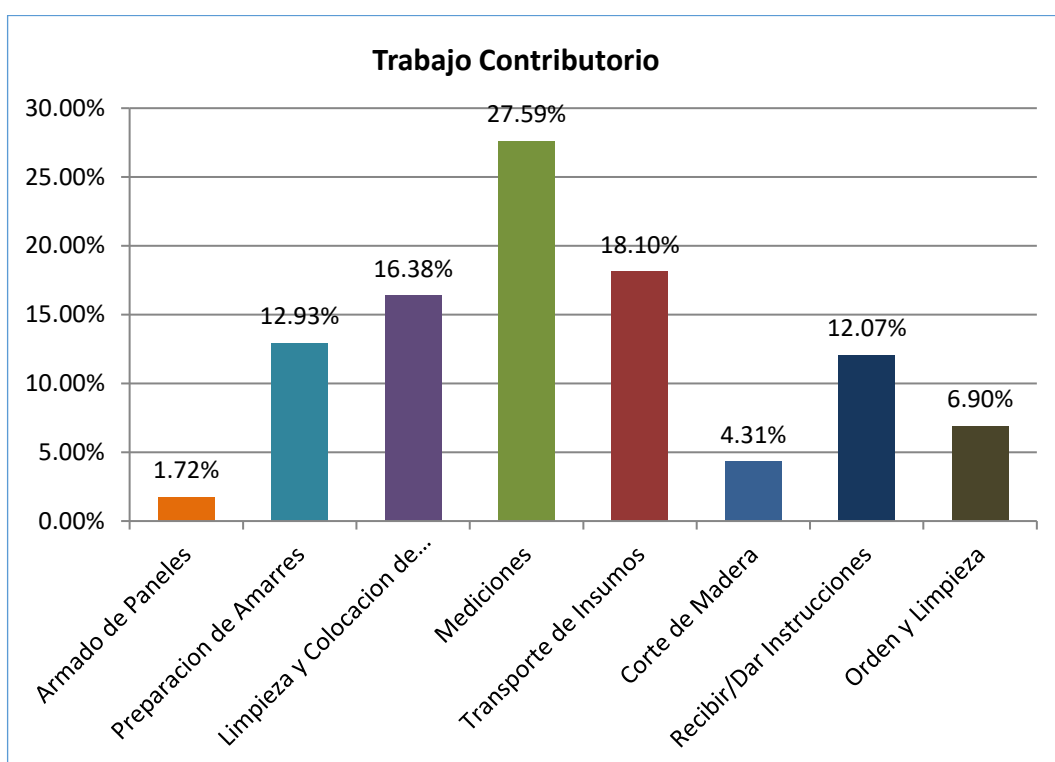


Figura 46 — Distribución de TC en partida de encofrado, reservorio Crusmocco

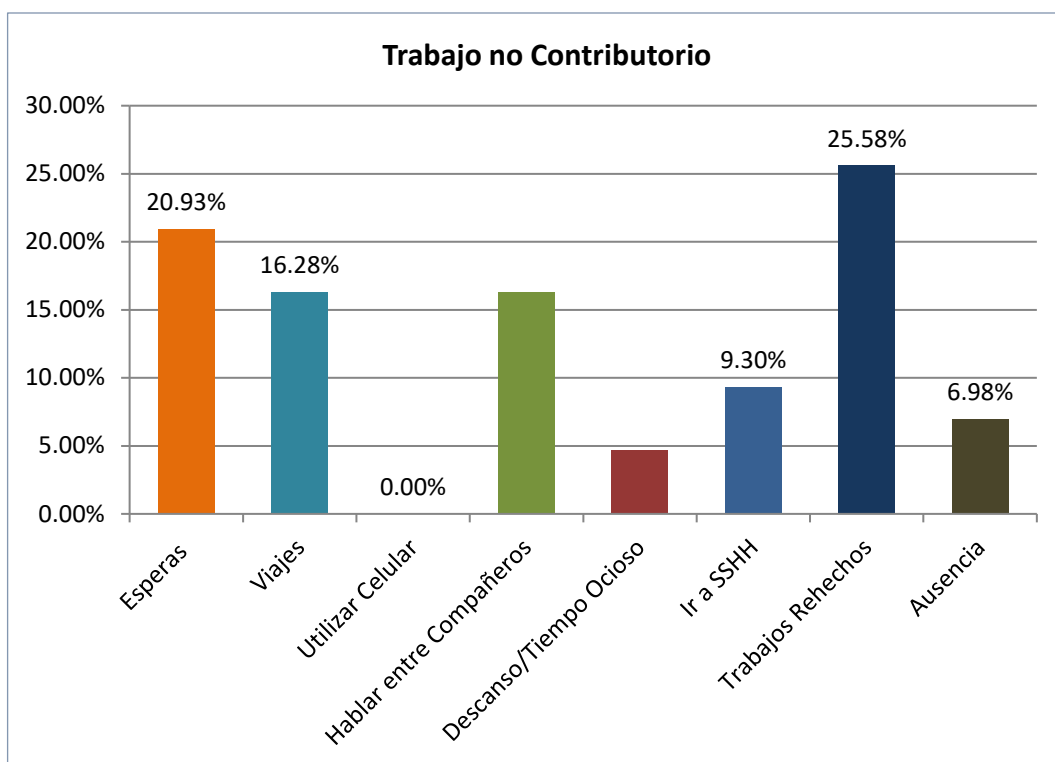


Figura 47 — Distribución de TNC en partida de encofrado, reservorio Crusmocco

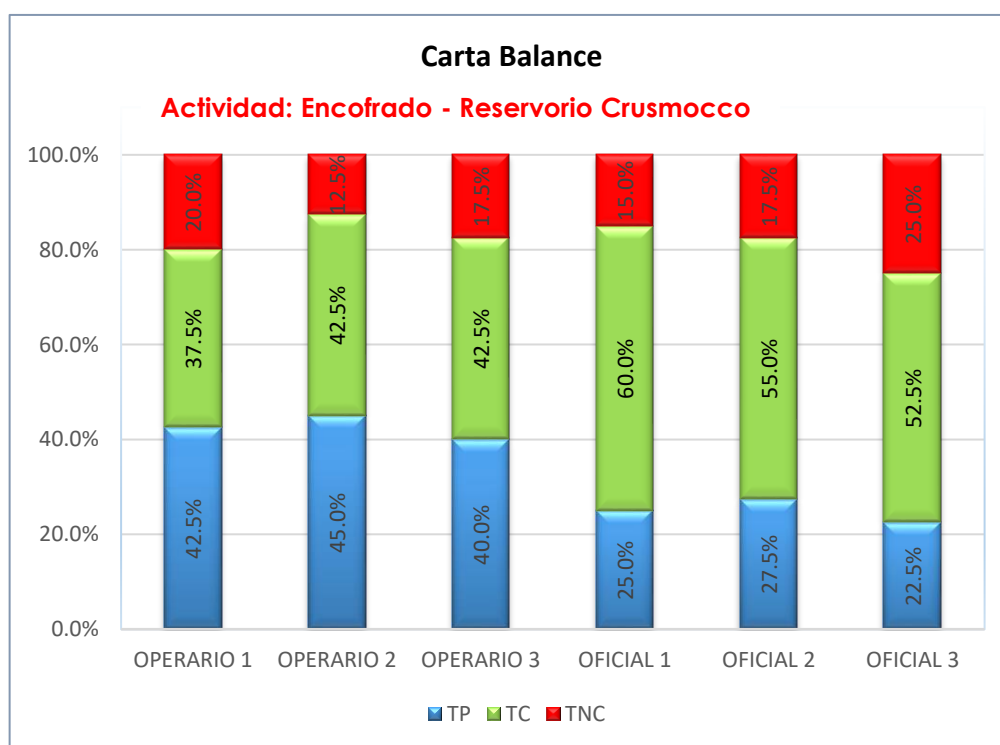


Figura 48 — Distribución de trabajo por obrero

Tabla 63 — Resultados de la carta balance en encofrado del reservorio Crusmocco.

Tipo de trabajo	% Alcanzado
Trabajo Productivo	34%
Trabajo Contributorio	48%
Trajo no Contributorio	18%
Total	100%

Resultados obtenidos a nivel individual

Después de presentar los resultados de manera general, procederemos a detallar los porcentajes específicos obtenidos de TP (Trabajo Productivo), TC (Trabajo Contributorio) y TNC (Trabajo No Contributorio) para cada miembro del equipo de la partida de encofrado en el reservorio de Crusmocco. Este análisis detallado permitirá una comprensión más profunda del rendimiento individual y colectivo, facilitando la identificación de áreas donde se optimizaron en el rendimiento y la productividad a comparación del primer registro.

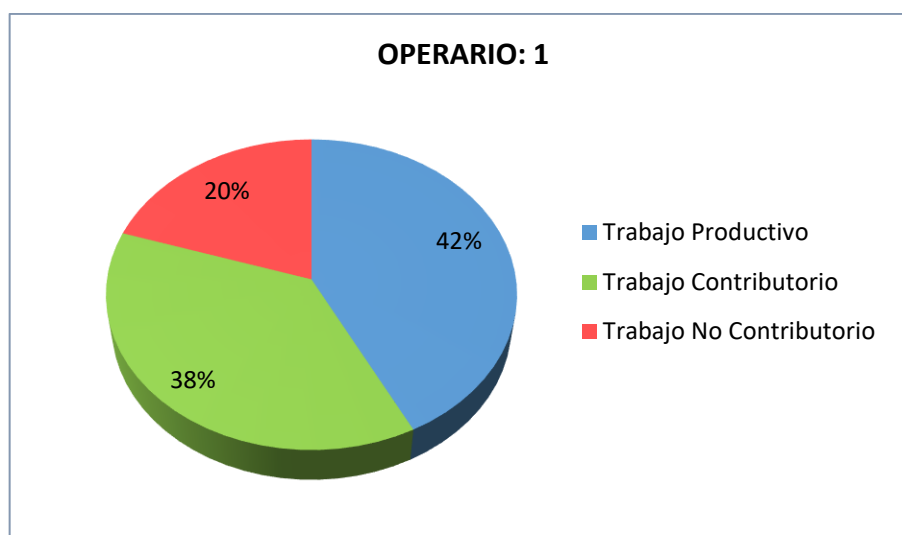


Figura 49 — Distribución del tiempo del operario 1 en encofrado, reservorio Crusmocco

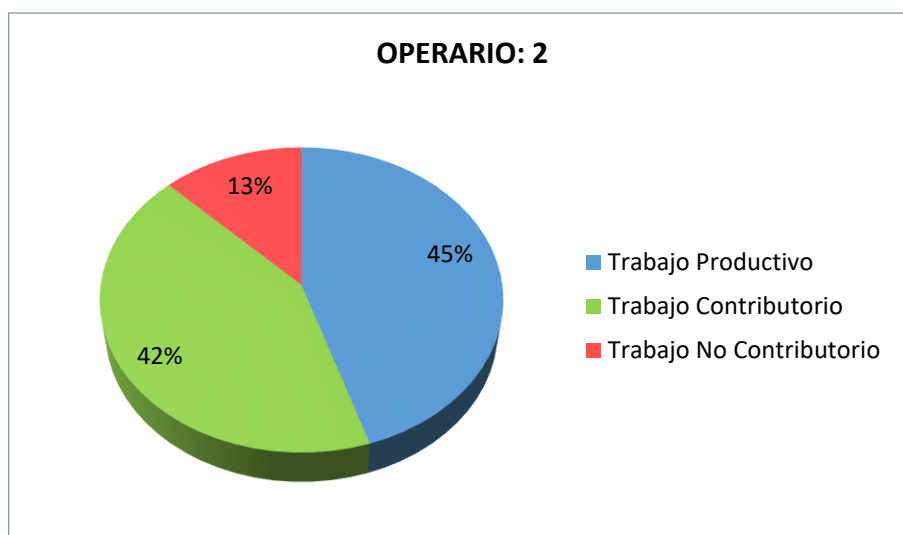


Figura 50 — Distribución del tiempo del operario 2 en encofrado, reservorio Crusmocco

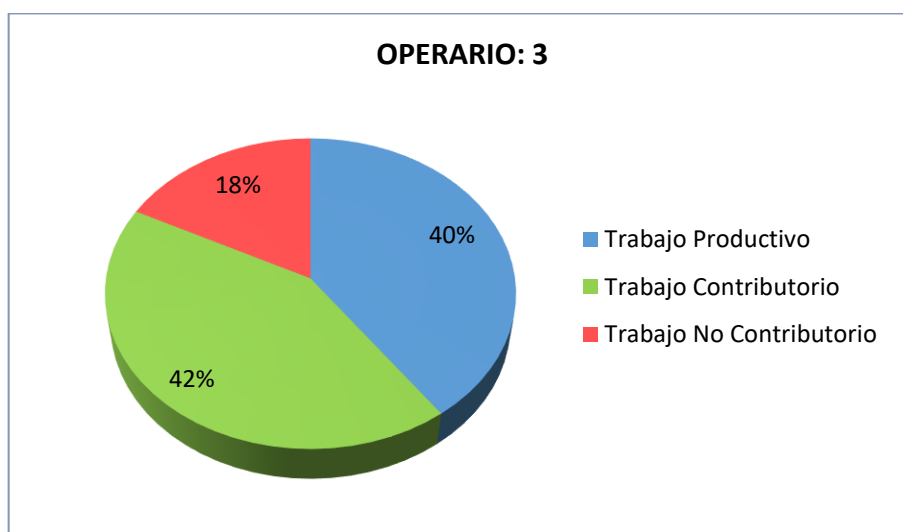


Figura 51 — Distribución del tiempo operario 3 en encofrado, reservorio Crusmocco.

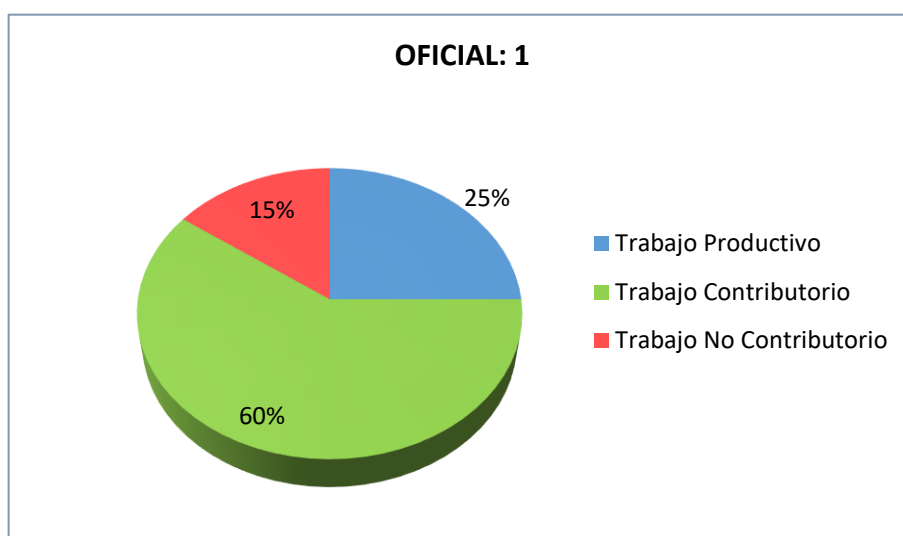


Figura 52 — Distribución del tiempo del oficial 1 en encofrado, reservorio Crusmocco

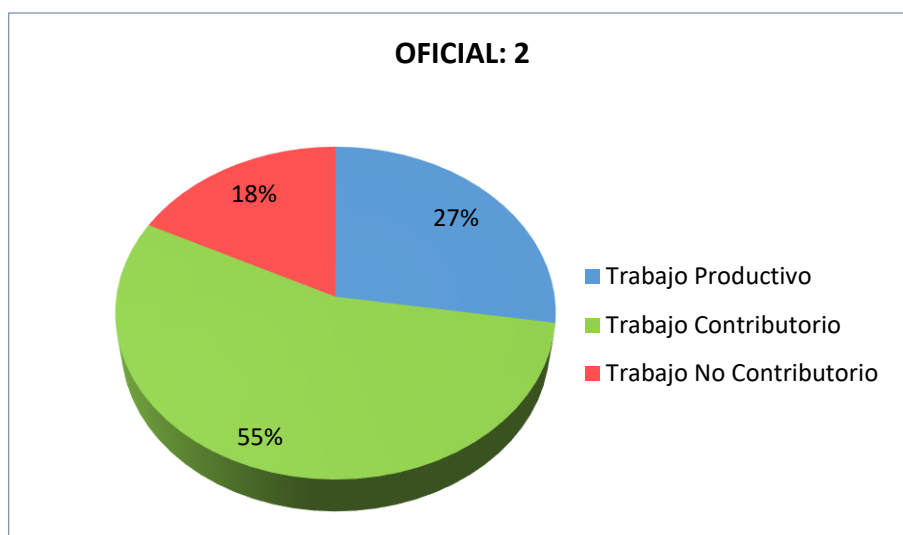


Figura 53 — Distribución del tiempo del oficial 2 en encofrado, reservorio Crusmocco

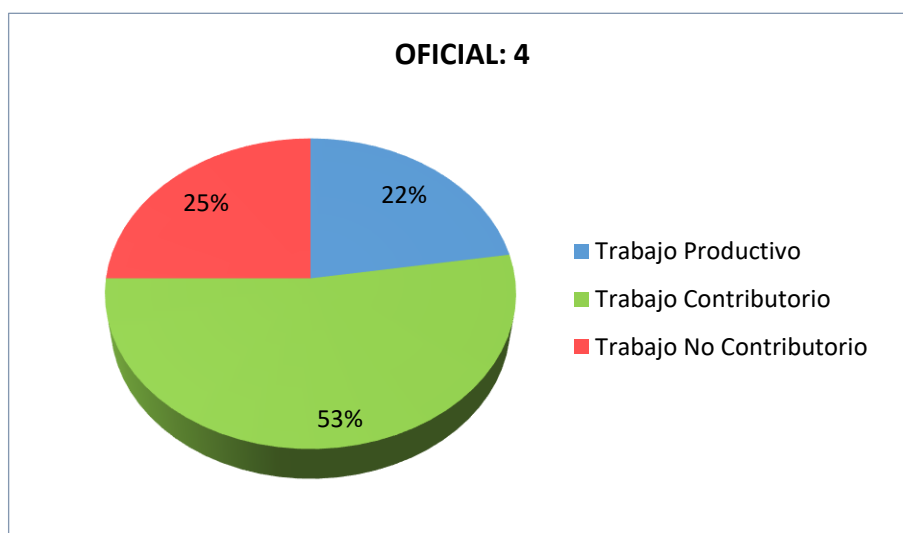


Figura 54 — Distribución del tiempo del oficial 4 en encofrado, reservorio Crusmocco

Cálculo del rendimiento basado en las mediciones de la carta balance y los metrados obtenidas en el campo en la partida de encofrado del reservorio Crusmocco

Paso 01.- Cálculo total de mediciones de carta balance:

$$\text{Total medicion segun carta Balance} = 240.0 \text{ min}$$

Paso 02.- Cálculo total de mediciones de carta balance en horas:

$$\text{Total medicion segun carta balance en horas} = \frac{240.0 \text{ min}}{60.0 \text{ min/h}}$$

$$\text{Total medicion segun carta balance en horas} = 4.0 \text{ h}$$

Paso 03.- Cálculo del tiempo empleado por obrero:

$$\text{Tiempo empleado por Obrero} = \frac{\text{Total medicion segun carta balance en horas}}{\text{Cuadrilla}}$$

$$\text{Tiempo empleado por Obrero} = \frac{4.00 \text{ h}}{6.00 \text{ obreros}}$$

$$\text{Tiempo empleado por Obrero} = 0.667 \text{ hh}$$

Paso 04.- Longitud de encofrado según carta balance:

$$\text{Longitud de encofrado} = 1.87 \text{ m}$$

Paso 05.- Altura de encofrado:

$$\text{Altura de encofrado por 2 lados} = 2.65 \text{ m}$$

Paso 06.- Cálculo de metrado ejecutado durante la toma de datos:

$$\text{Metrado ejecutado} = \text{Largo} * \text{Alto}$$

$$\text{Metrado ejecutado} = 1.87 \text{ m} * 2.65 \text{ m}$$

$$\text{Metrado ejecutado} = 4.95 \text{ m}^2$$

Paso 07.- Cálculo de tiempo para ejecutar 1.00 m² de encofrado:

$$\text{Tiempo en 1.00 m}^2 \text{ de encofrado} = \frac{\text{Total medicion segun C.B en horas}}{\text{Metrado ejecutado}}$$

$$\text{Tiempo en 1.00 m}^2 \text{ de encofrado} = \frac{4.00 \text{ h}}{4.95 \text{ m}^2}$$

$$\text{Tiempo en 1.00 m}^2 \text{ de encofrado} = 0.81 \text{ h/m}^2$$

Paso 08.- Cálculo del rendimiento en una jornada laboral:

$$\text{Rendimiento en jornada laboral} = \frac{\text{Cuadrilla} * \text{Jornada laboral}}{\text{Tiempo en 1.00 m}^2 \text{ de encofrado h/m}^2}$$

$$\text{Rendimiento en jornada laboral} = \frac{6.00 * 8.00 \text{ h}}{0.81 \text{ h/m}^2}$$

$$\text{Rendimiento en jornada laboral de 6 obreros} = 59.40 \text{ m}^2/\text{dia}$$

Tabla 64 — Rendimiento en partidas de encofrado del reservorio Crusmocco

Medición de tiempo	
Total, de mediciones (min)	240.00
Total, de mediciones (h)	4.00
Tiempo empleado por obrero (hh)	0.67
Metrados	
Longitud de encofrado (m)	1.87

Altura de encofrado x dos lados (m)	2.65
Metrado ejecutado (m ²)	4.95
Rendimientos	
Tiempo para 1 m ² de encofrado (hh/m ²)	0.81
Rendimiento en un día de jornada laboral por 6 obreros (m ² /día)	59.40
Rendimiento promedio en un día de jornada laboral (m ² /día) por 2 obreros que (01 operario + 01 oficial).	19.80

Cálculo de la productividad basado en las mediciones de la carta balance, los metrados obtenidas en campo y los rendimientos teóricos según el expediente técnico de la obra para la partida de encofrado del reservorio Crusmocco.

Paso 01.- Rendimiento teórico según expediente técnico:

$$\text{Rendimiento teórico según expediente técnico} = 12 \text{ m}^2/\text{día}$$

Paso 02.- Cuadrilla teórica:

$$\text{Cuadrilla teorica} = 2.00 \text{ (01 Operario – 01 Oficial)}$$

Paso 03.- Cálculo de horas en jornada laboral:

$$\text{jornada laboral} = \text{Cuadrilla} * 8.00 \text{ horas}$$

$$\text{jornada laboral} = 2.00 * 8.00 \text{ horas}$$

$$\text{jornada laboral} = 16.00 \text{ horas}$$

Paso 04.- Rendimiento real

$$\text{Rendimiento real} = 19.80 \text{ m}^2/\text{día}$$

Paso 05.- Cálculo de la cantidad real de bienes producidos:

$$\text{Cantidad real de bienes producidos} = \frac{\text{Rendimiento real}}{\text{Horas en jornada laboral}}$$

$$\text{Cantidad real de bienes producidos} = \frac{19.80}{16.00}$$

$$\text{Cantidad real de bienes producidos} = 1.24$$

Paso 06.- Cálculo de recursos reales empleados:

$$\text{Recursos reales empleados} = \frac{\text{Horas en jornada laboral}}{\text{Rendimiento real}}$$



$$\text{Recursos reales empleados} = \frac{16.00}{19.80}$$

$$\text{Recursos reales empleados} = 0.81$$

Paso 07.- Cálculo de productividad real:

$$\text{Productividad real} = \frac{\text{Cantidad real de bienes producidos}}{\text{recursos reales empleados}}$$

$$\text{Productividad real} = \frac{1.24}{0.81}$$

$$\text{Productividad real} = 1.53$$

Paso 08.- Cálculo de la cantidad teórica de bienes producidos:

$$\text{cantidad teórica de bienes producidos} = \frac{\text{Ren. teórico según Exp. técnico}}{\text{Horas en jornada laboral}}$$

$$\text{cantidad teórica de bienes producidos} = \frac{12.00}{16.00}$$

$$\text{cantidad teórica de bienes producidos} = 0.75$$

Paso 09.- Cálculo de recursos teóricos empleados:

$$\text{recursos teóricos empleados} = \frac{\text{Jornada laboral}}{\text{Rendimiento teorico según Exp. Tecnico}}$$

$$\text{recursos teóricos empleados} = \frac{16.00}{12.00}$$

$$\text{recursos teóricos empleados} = 1.33$$

Paso 10.- Cálculo de productividad teórica:

$$\text{Productividad teorica} = \frac{\text{Cantidad teórica de bienes producidos}}{\text{Recursos teóricos empleados}}$$

$$\text{Productividad teorica} = \frac{0.75}{1.33}$$

$$\text{Productividad teorica} = 0.56$$

Paso 11.- Índice de productividad:

$$\text{Índice de productividad} = \frac{\text{Productividad real}}{\text{Productividad teorica}}$$

$$\text{Índice de productividad} = \frac{1.53}{0.56}$$

$$\text{Índice de productividad} = 2.73$$



Tabla 65 — Rendimiento y productividad en partida de encofrado, reservorio Crusmocco

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Partida	Rendimiento exp técnico (m2/día)	Cuadrilla teórica Exp. técnico (cant. Obreros)	Jornada completa (h)	Rendimiento real (m2/día)	Cantidad real de bienes producidos [4/3]	Recursos reales empleados [3/4]	Productividad real [5/6]	Cantidad teórica de bienes producidos [1/3]	Recursos teóricos empleados [3/1]	Productividad teórica [8/9]	ÍNDICE DE PRODUCTIVIDAD [7/10]
Encofrado y desencofrado en reservorio Crusmocco después de mejoramiento de rendimiento	12.00	2.00	16.00	19.80	1.24	0.81	1.53	0.75	1.33	0.56	2.73

Análisis de la partida de encofrado (Antes y Después) de la aplicación de carta balance

A lo largo de esta tesis, se ha destacado repetidamente la influencia significativa que ejercen las herramientas de Lean Construction, en particular el uso de las cartas de balance, sobre la mejora del rendimiento y la productividad tanto a nivel individual como de cuadrilla. En el siguiente análisis, se compararán los resultados obtenidos para ilustrar claramente estas diferencias en el mejoramiento del rendimiento y la productividad.

Tabla 66 — Partida de encofrado TP, TC y TNC

Trabajo	Reservorio Ccotoma	Reservorio Crusmocco
TP	19%	34%
TC	51%	48%
TNC	30%	18%
Total	100%	100%

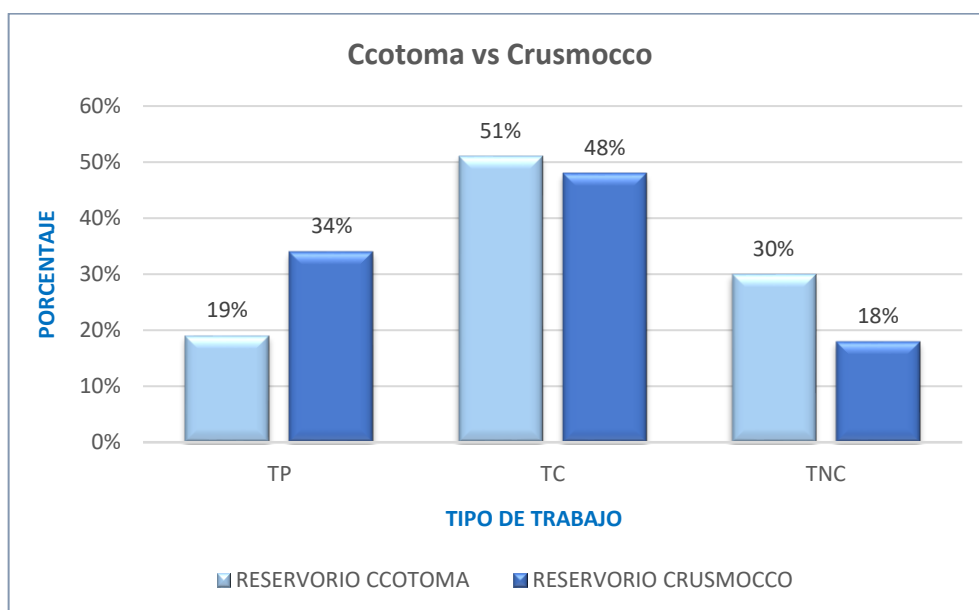


Figura 55 — Cuadro comparativo por tipo de trabajo, partida de encofrado

Trabajos Productivos

Tabla 67 — Cuadro comparativo de la distribución del tiempo del TP

Actividad	Reservorio Ccotoma (Antes de la optimización)	Reservorio Crusmocco (Después de la optimización)
Instalación de paneles	46.67%	20.99%
Amarre y/o clavado	13.33%	27.16%
Alineación vertical del encofrado	15.56%	7.41%
Apuntalado de encofrado	24.44%	44.44%
Total	100%	100%

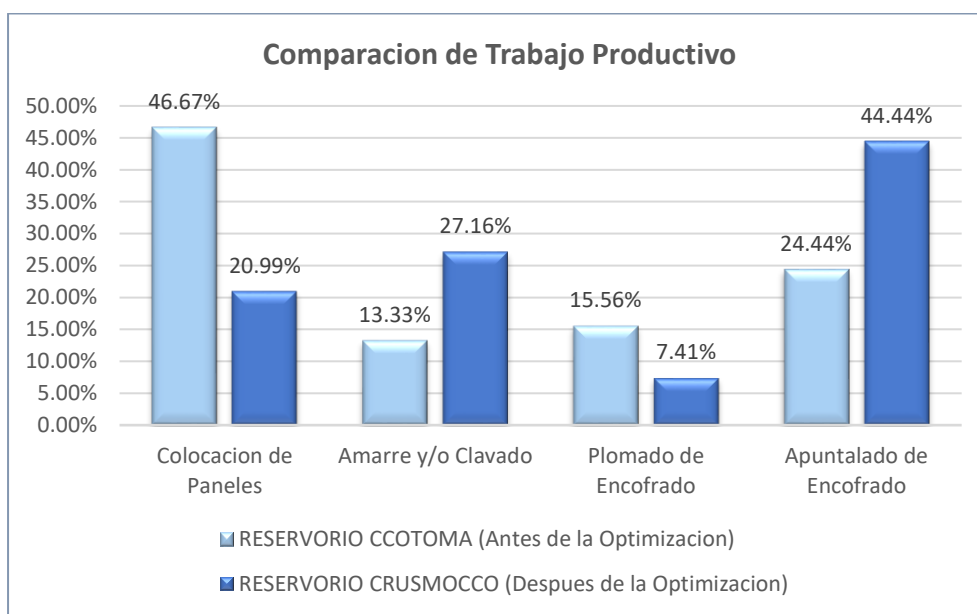


Figura 56 — Cuadro comparativo de trabajo productivo en partida de encofrado

La gráfica visualiza la distribución porcentual del tiempo dedicado a cada actividad de encofrado, mostrando una reducción significativa en la duración de la Instalación de Paneles y del apuntalado de encofrado en Crusmocco, mientras que el tiempo dedicado al armare y clavado aumenta. Esto indica una redistribución de esfuerzos que podría reflejar una optimización de los procesos.

La implementación de cartas balance en el Reservorio Crusmocco, utilizando la herramienta cartas balance, ha resultado en una notable mejora en la eficiencia del trabajo productivo comparado con el Reservorio Ccotoma. Se observa una reducción drástica en el trabajo dedicado a la colocación y apuntalado de paneles, que son actividades

significativamente laboriosas. Por otro lado, el aumento en el tiempo para el armare y clavado sugiere un enfoque más detallado en la calidad y precisión en esta etapa del proceso. En general, los cambios reflejan un uso más eficiente del tiempo y recursos, resultando en una ejecución más ágil y posiblemente más precisa del encofrado. Esto subraya los beneficios de aplicar principios de Lean Construction para mejorar la productividad y reducir trabajos no contributivos en proyectos de construcción.

Trabajos Contributivos

A continuación, en la Tabla 68 se presentan los porcentajes de trabajos contributivos (TC) de ambos reservorios. Luego, la Figura 57 ilustra gráficamente esta comparación.

Tabla 68 — Cuadro comparativo de la distribución del tiempo del TC

Actividad	Reservorio Ccotoma (Antes de la optimización)	Reservorio Crusmocco (Después de la optimización)
Preparación de amarres	5.74%	12.93%
Armado de paneles	17.21%	1.72%
Limpieza y colocación de desmoldante	13.93%	16.38%
Mediciones	17.21%	27.59%
Transporte de insumos	18.85%	18.10%
Corte de madera	4.92%	4.31%
Recibir/dar instrucciones	18.03%	12.07%
Orden y Limpieza	4.10%	6.90%
Total	100%	100%

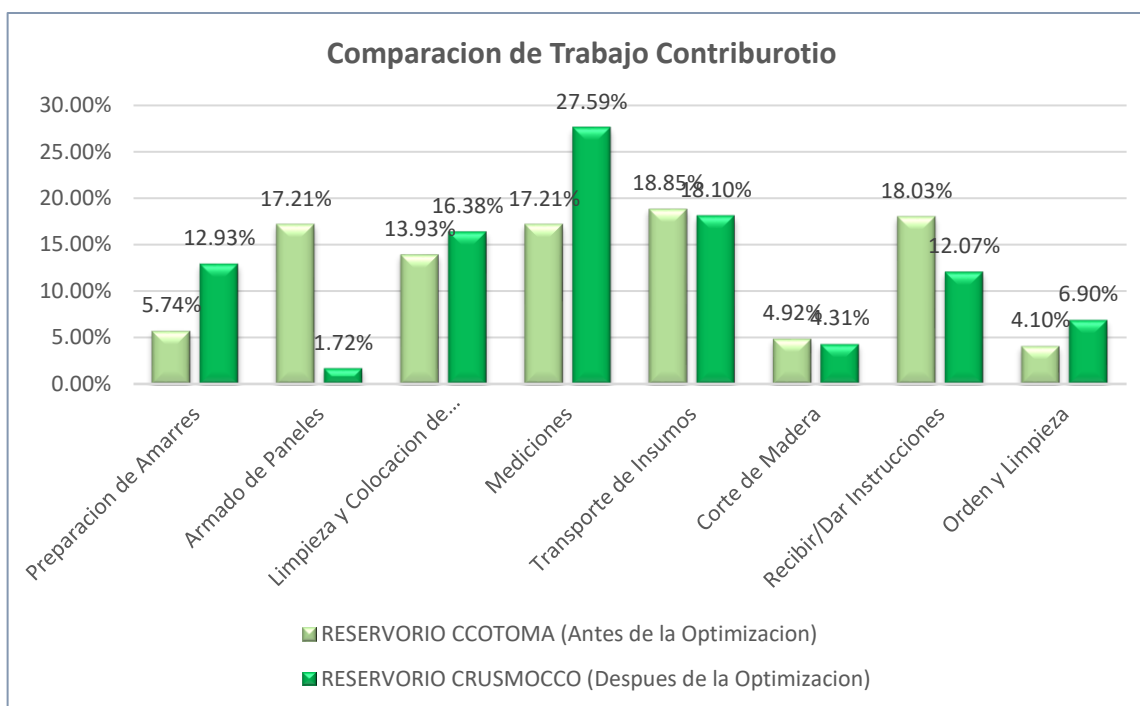


Figura 57 — Cuadro comparativo del trabajo contributivo, partida de encofrado

Trabajos No Contributivos

Los porcentajes correspondientes a los trabajos no contributivos (TNC) de cada obra están detallados en la Tabla 73. A continuación, la Figura 58 ilustra gráficamente esta comparación.

Tabla 69 — Cuadro comparativo de la distribución del tiempo del TNC

Actividad	Reservorio Ccotoma (Antes de la optimización)	Reservorio Crusmocco (Después de la optimización)
Esperas	19.18%	20.93%
Viajes	5.48%	16.28%
Utilizar celular	21.92%	0.00%
Hablar entre compañeros	5.48%	16.28%
Descanso/tiempo ocioso	10.96%	4.65%
Ir a SSHH	15.07%	9.30%
Trabajos rehechos	17.81%	25.58%
Ausencia	4.11%	6.98%
Total	100%	100%

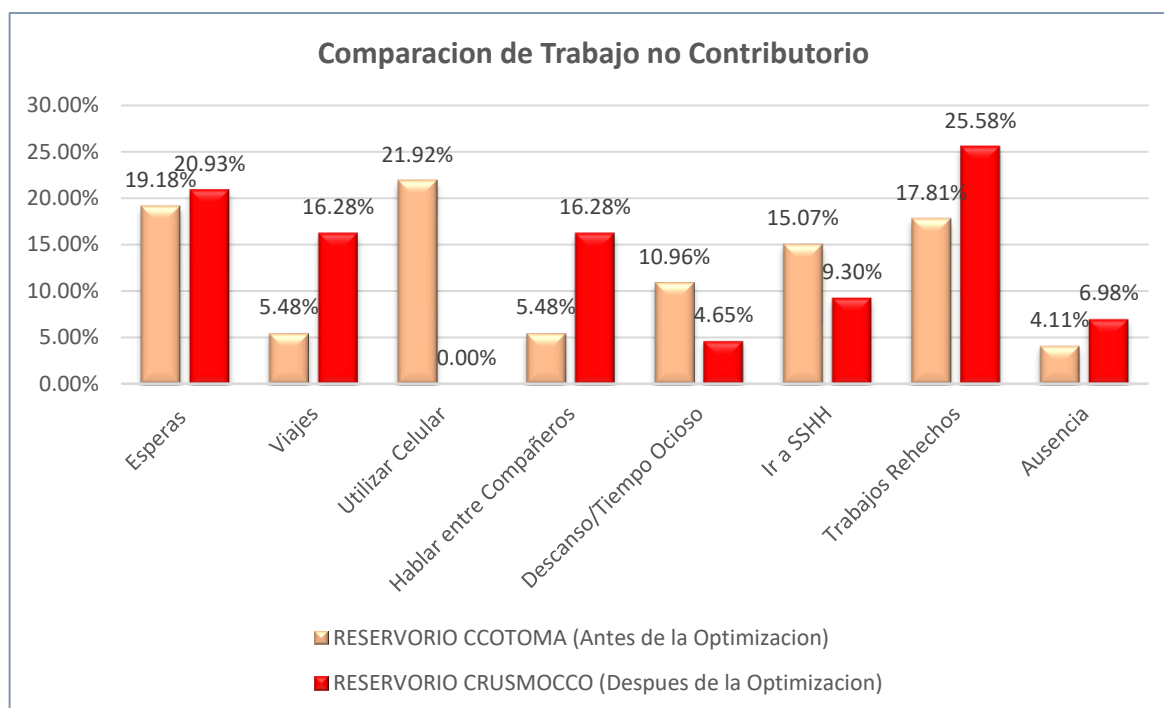


Figura 58 — Cuadro comparativo de TNC en partida de encofrado

La implementación de cartas balance mediante la utilización de cartas balance, en el reservorio Crusmocco ha tenido un impacto mixto en la reducción de trabajos no contributivos. Mientras que ha habido mejoras significativas en la reducción del uso de los celulares, conversaciones entre compañeros, viajes, y tiempo ocioso, se observa un aumento en las tasas de trabajos rehechos y ausencia. Esto sugiere que mientras algunas prácticas de Lean han sido efectivas, otras áreas, especialmente la calidad y la gestión de personal, podrían necesitar atención adicional para optimizar completamente los beneficios de Lean Construction. En general, la implementación ha llevado a una redistribución y en algunos casos reducción del trabajo no contributivo, pero con áreas específicas que necesitan mejoras adicionales.

3. Elaboración de concreto en el reservorio Ccotoma antes de la implementación de carta balance

Este procedimiento manual consiste en la preparación, transporte, vaciado de concreto premezclado en los moldes o encofrados previamente instalados para formar las paredes del reservorio. El objetivo es crear una estructura sólida, impermeable y duradera capaz de soportar la presión ejercida por el contenido líquido. Las características del reservorio son Ccotoma según el expediente técnico son los siguientes: largo tiene una longitud de 15.30

metros, ancho tiene una longitud de 8.50 metros, altura de 2.65 metros y un espesor de pantalla de 0.25 metros, la unidad de medición de esta partida está en m3.

Procedimiento Constructivo:

La elaboración de concreto de forma manual en obra implica seguir ciertos pasos para garantizar la calidad y la resistencia del material.

Una vez aprobada el encofrado de la pantalla del reservorio Ccotoma se procede a la elaboración manual de concreto en una mezcladora con el personal necesario de acuerdo al expediente técnico, después se transportará en carretillas o buggys hasta el lugar donde se construirá las pantallas del reservorio, se vacía el concreto y los operarios y/o albañiles darán el vibrado y los acabados finales de acuerdo a los planos establecidos.

Recursos Utilizados

Los recursos empleados incluyen mano de obra y herramientas. Según el expediente técnico, la cuadrilla está compuesta por 2 operarios, 1 oficial y 11 peones. Los materiales utilizados son piedra chancada de 3/4", arena gruesa, cemento Portland tipo I y agua. En cuanto a los equipos, se dispone de una mezcladora de concreto tipo tambor de 11 pies cúbicos, un vibrador de concreto, buggys y herramientas. manuales.

Reconocimiento e identificación de las actividades productivas y contributarios y no contributarios

Para el desarrollo de las cartas balance en la partida de vaciado de concreto del reservorio Ccotoma, es esencial clasificar los distintos tipos de trabajos en trabajos productivos (TP), trabajos contributarios (TC) y trabajos no contributarios (TNC). También se debe considerar el tamaño y la ubicación de la cuadrilla. El objetivo es comprender cómo se distribuye el tiempo entre todos los miembros del equipo, tanto a nivel individual como colectivo, para posteriormente analizar los datos y aplicar acciones correctivas, mejoras o soluciones a los problemas que puedan surgir a partir de los resultados obtenidos.

Tabla 70 — Trabajos productivos partida de concreto, reservorio Ccotoma

Código	Trabajo Productivo
1	Vibrado de concreto
2	Colocación de mezcla
3	Moldear concreto



En la tabla N. °71 se presenta las actividades que se desarrollan y que son parte del trabajo contributivo de la partida de vaciado de concreto en reservorio Ccotoma.

Tabla 71 — Trabajos contributivos en partida de concreto, reservorio Ccotoma

Código	Trabajo Contributivo
11	Preparación de concreto
12	Transporte de materiales/insumos
13	Transportar concreto
14	Retornar a Recoger concreto
15	Recibir/dar instrucciones
16	Armado de andamio
17	Llenado de agregado en los baldes
18	Orden y limpieza

Tabla 72 — Trabajos no contributivos en partida de concreto, reservorio Ccotoma

Código	Trabajo no Contributivo
21	Esperas
22	Parado esperando concreto
23	Utilizar celular
24	Conversaciones
25	Descanso por agotamiento físico
26	Ir a SSHH
27	Trabajos rehechos
28	Ausencia
29	Viajes con manos vacías

Diagrama de flujo de la partida

En la figura se muestra el diagrama de flujo de las actividades que conforman la partida de vaciado concreto en reservorio Ccotoma.

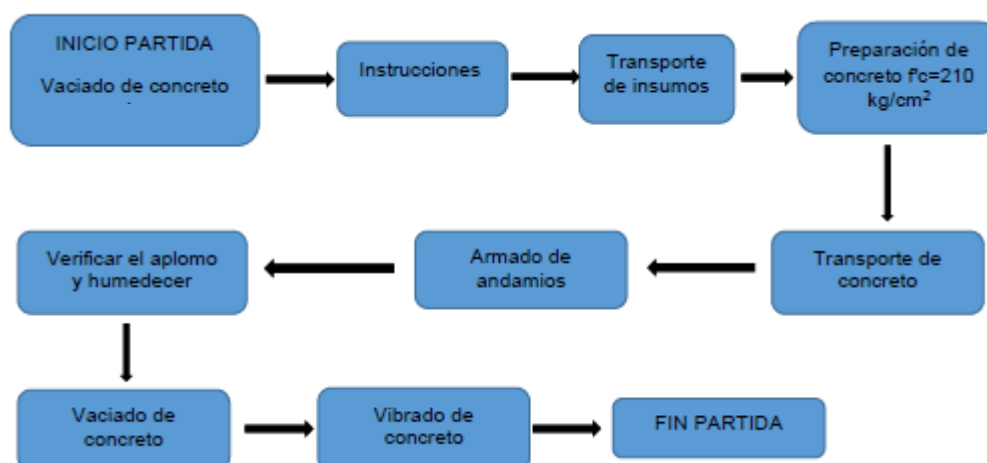


Figura 59 — Diagrama de flujo de la partida

Extraído de: (CHAMBI PARI 2021, p. 43)

Distribución del personal en la partida de vaciado de concreto en el reservorio Ccotoma

La Figura 59 presenta el diagrama de flujo de las actividades que componen la partida de vaciado de concreto en el reservorio Ccotoma. Este diagrama ilustra de manera detallada cada paso del proceso, facilitando la comprensión y el análisis de las etapas involucradas en la ejecución del vaciado de concreto.

Tabla 73 — Mano de obra de la cuadrilla en partida concreto, reservorio Ccotoma

Nro.	Categoría	Actividad
1	operario 1	Acabado y vibrado
2	operario 2	Acabado y vibrado
3	oficial 1	Operador de mezcladora
4	peón 1	Alimentador de cementero
5	peón 2	Alimentador piedra
6	peón 3	Alimentador piedra
7	peón 4	Alimentador piedra
8	peón 5	Alimentador arena
9	peón 6	Alimentador arena
10	peón 7	Alimentador arena
11	peón 8	Carretillero
12	peón 9	Carretillero
13	peón 10	Carretillero

14	peón 11	Carretillero
----	---------	--------------

Toma de datos en campo para cálculo de rendimiento y productividad de la partida de vaciado de concreto en reservorio Ccotoma

El 24 de mayo de 2023 se tomaron 40 muestras de la cuadrilla en estudio, conformada por los siguientes integrantes: 2 operarios, 1 oficial y 11 peones. Las muestras se recolectaron a intervalos de 1 minuto cada una.

Se analizó la partida de vaciado de concreto en el reservorio Ccotoma antes de la implementación de las mejoras correspondientes, utilizando una carta de balanza para evaluar el rendimiento real basado en los registros de las mediciones. Esto permitió evaluar la productividad según los rendimientos reales especificados en el expediente técnico, identificar deficiencias, analizarlas y aplicar medidas correctivas y mejoras necesarias.

Las actividades de cada integrante de la cuadrilla se registraron minuto a minuto en el formato de Carta de Balance. Además, los resultados fueron digitalizados para facilitar su análisis.

Nº	Operario 1	Operario 2	Oficial 1	Peón 2	Peón 4	Peón 5	Peón 8	Peón 9	Peón 10	Peón 11	Tiempo Promedio (min)
1	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	1.00
2	3	1	11	19	17	17	14	13	2	15	1.00
3	2	1	21	17	17	17	2	26	13	2	1.00
4	2	3	11	19	19	19	13	2	14	13	1.00
5	12	12	11	17	19	19	22	13	14	22	1.00
6	1	1	11	17	17	17	14	14	2	2	1.00
7	2	1	19	19	19	19	2	14	2	13	1.00
8	2	1	11	17	17	17	22	2	13	15	1.00
9	3	1	11	19	19	19	14	13	22	14	1.00
10	15	12	22	19	19	19	2	14	2	2	1.00
11	2	12	11	19	21	19	2	2	2	2	1.00
12	22	1	18	17	17	17	2	14	14	14	1.00
13	2	2	19	19	19	17	2	2	14	2	1.00
14	2	2	19	19	19	19	13	14	2	13	1.00
15	2	21	11	17	17	17	22	2	13	22	1.00
16	3	1	11	19	19	19	22	13	14	21	1.00
17	1	21	11	19	19	21	14	21	14	14	1.00
18	12	2	11	17	17	17	22	21	2	2	1.00
19	2	1	19	19	19	19	14	2	13	2	1.00
20	2	25	19	19	21	17	14	2	21	14	1.00
21	2	2	21	19	19	19	2	21	2	2	1.00



22	2	15	11	17	17	17	14	2	13	21	1.00
23	2	1	19	19	19	19	2	13	13	13	1.00
24	1	2	11	21	17	19	13	14	2	2	1.00
25	12	29	21	19	25	25	14	14	21	21	1.00
26	2	1	19	19	19	19	13	2	18	21	1.00
27	3	1	11	25	17	17	21	14	26	2	1.00
28	21	2	21	19	19	19	14	14	2	22	1.00
29	22	21	11	17	17	17	22	13	2	2	1.00
30	3	2	11	19	17	19	14	21	13	2	1.00
31	2	1	21	17	17	17	13	22	14	14	1.00
32	22	2	19	19	19	19	13	18	2	13	1.00
33	2	21	11	19	19	19	2	2	14	13	1.00
34	2	21	11	17	17	17	22	2	14	21	1.00
35	1	2	19	19	26	17	13	14	2	2	1.00
36	15	15	11	17	17	17	13	2	21	25	1.00
37	2	21	11	17	17	19	14	2	2	13	1.00
38	21	1	11	17	25	19	22	14	13	13	1.00
39	2	1	19	19	19	17	2	13	13	14	1.00
40	2	1	11	17	17	17	2	14	2	2	1.00
1	4.00	16.00									20.00
2	20.00	9.00					11.00	13.00	15.00	14.00	82.00
3	5.00	1.00									6.00
11			22.00								22.00
12	3.00	3.00									6.00
13							8.00	7.00	9.00	8.00	32.00
14							11.00	12.00	9.00	6.00	38.00
15	3.00	3.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	16.00
16											
17				15.00	17.00	18.00					50.00
18			1.00					1.00	1.00		3.00
19			10.00	22.00	17.00	19.00					68.00
21	2.00	6.00	5.00	1.00	2.00	1.00	1.00	4.00	3.00	5.00	30.00
22	3.00		1.00				8.00	1.00	1.00	3.00	17.00
23											
24											
25		1.00		1.00	2.00	1.00				1.00	6.00
26					1.00			1.00	1.00		3.00
27											
28											
29		1.00									1.00
Total	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	400.00

Figura 60 — Datos de concreto del reservorio Ccotoma

Resultados obtenidos a nivel general

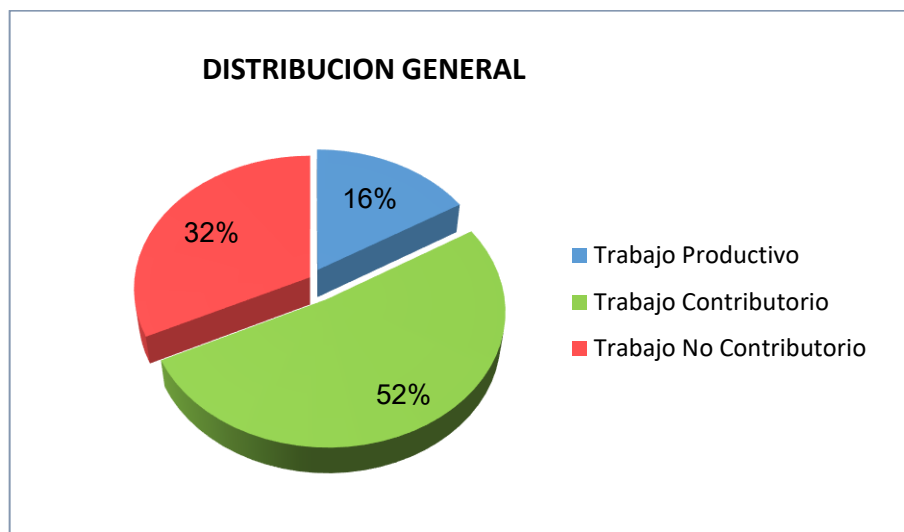


Figura 61 — Distribución general de la partida de concreto, reservorio Ccotoma

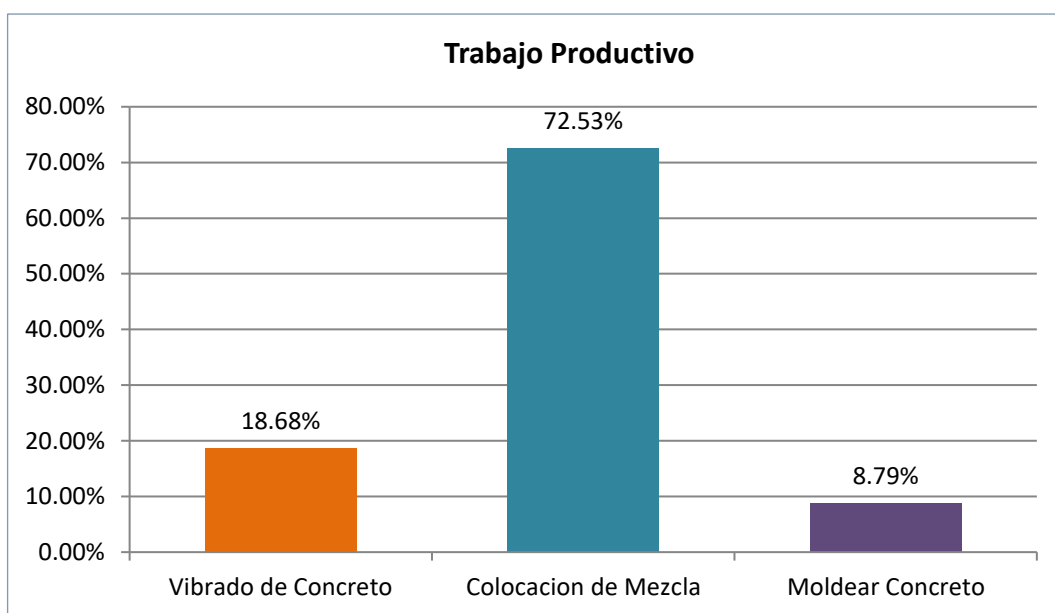


Figura 62 — Distribución de TP en partida de concreto, reservorio Ccotoma

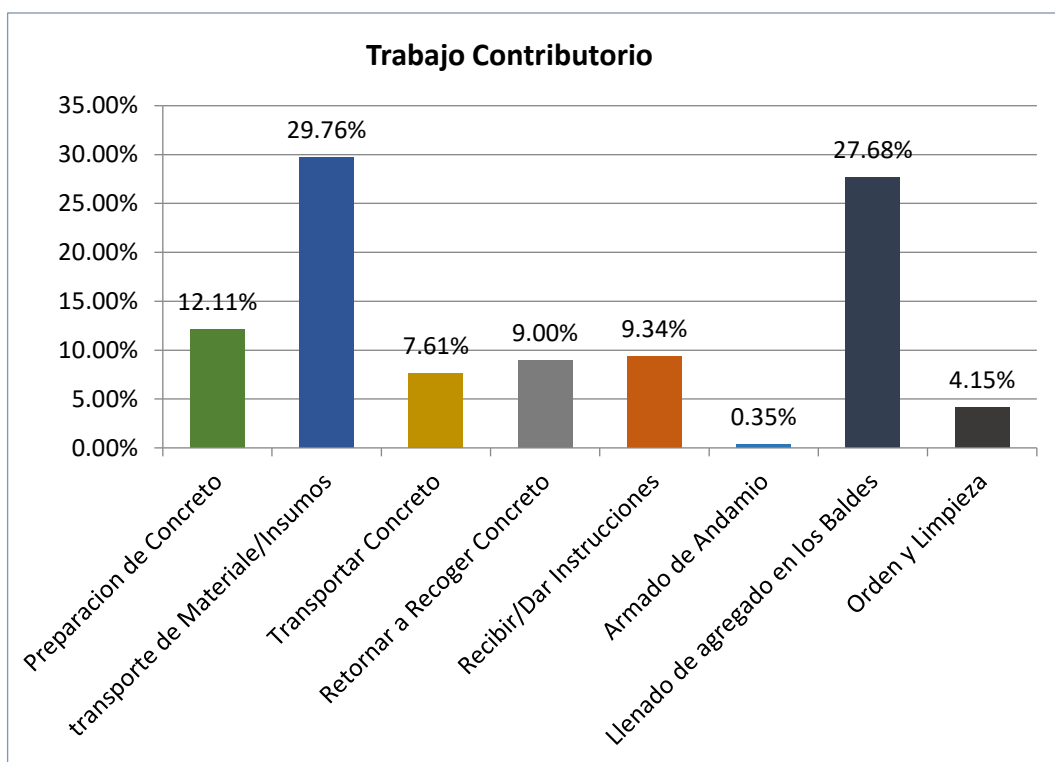


Figura 63 — Distribución de TC en partida de concreto, reservorio Ccotoma

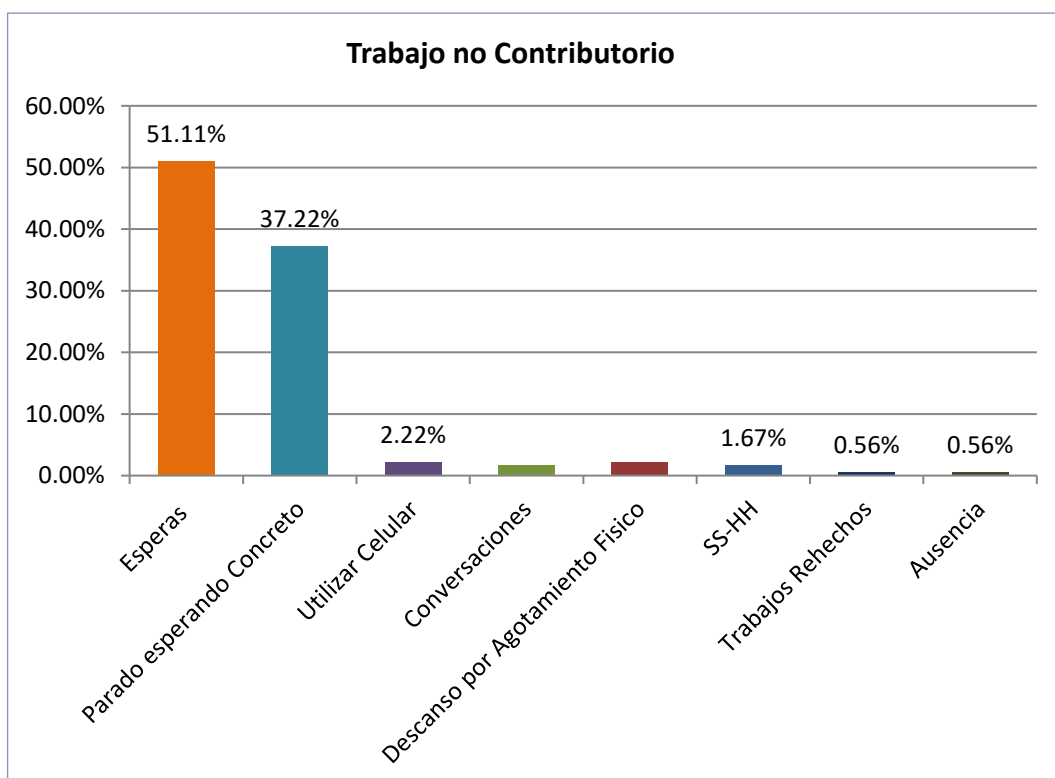


Figura 64 — Distribución de TNC en partida de concreto, reservorio Ccotoma

La implementación de la carta balance apuntará a redistribuir las actividades de los obreros de manera que se maximice el tiempo dedicado a tareas productivas y se minimice el tiempo perdido en actividades no productivas o innecesarias.

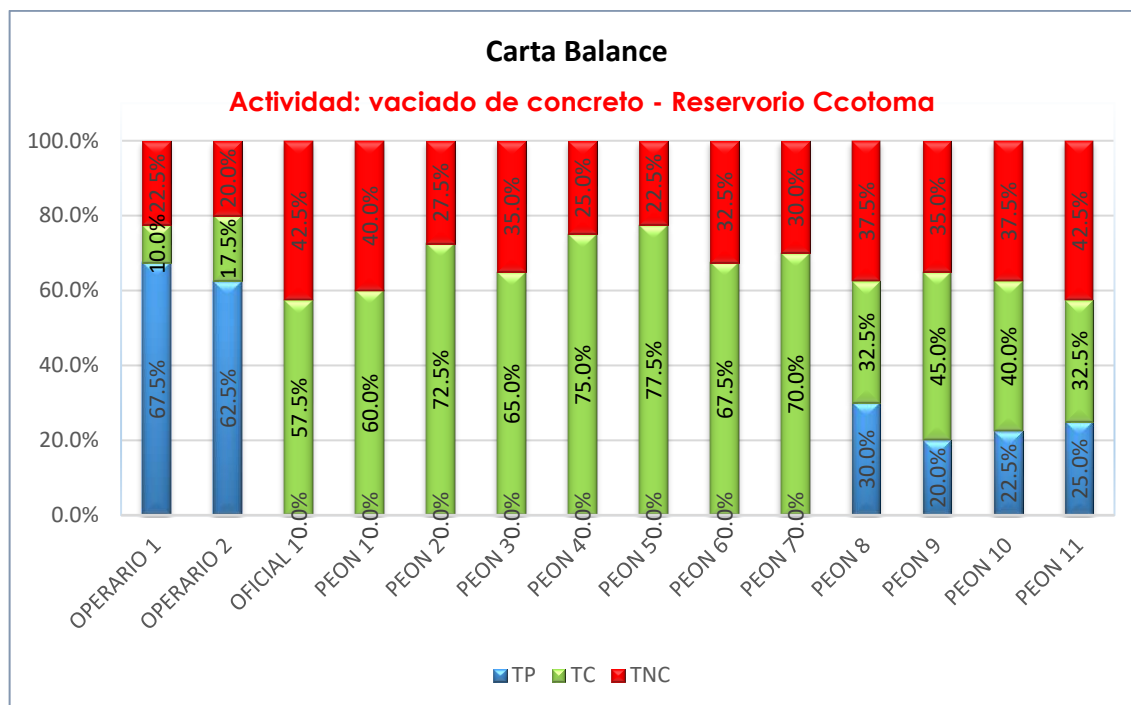


Figura 65 — Distribución de trabajo por obrero

Tabla 74 — Resultados de la carta balance en partida de concreto del reservorio Ccotoma

Tipo de trabajo	% Alcanzado
Trabajo Productivo	16%
Trabajo Contributorio	51%
Trabajo no Contributorio	30%
Total	100%

Resultados Obtenidos a nivel Individual

Después de presentar los resultados de manera general, procederemos a detallar los porcentajes específicos obtenidos para TP (Trabajo Productivo), TC (Trabajo Contributorio) y TNC (Trabajo No Contributorio) para cada miembro del equipo en la partida de vaciado de concreto en el reservorio. Ccotoma. Este análisis detallado permitirá una comprensión más profunda del rendimiento individual y colectivo, facilitando la

identificación de áreas con déficit de control del rendimiento y productividad de la mano de obra.

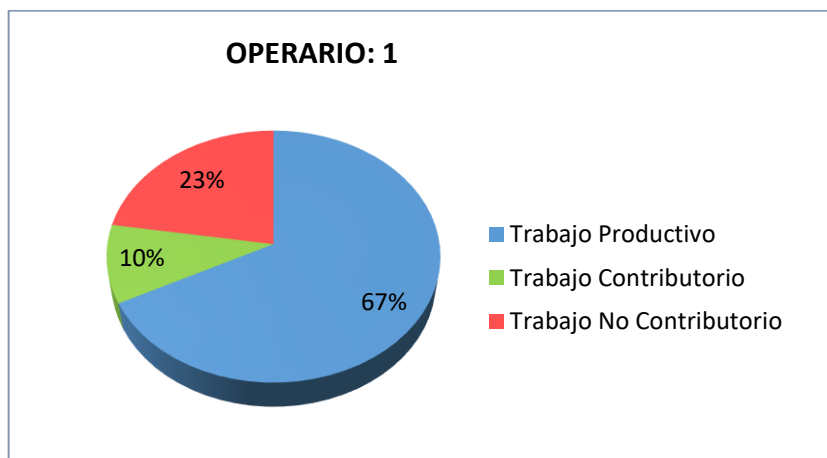


Figura 66 — Distribución del tiempo de operario 1 en concreto, reservorio Ccotoma

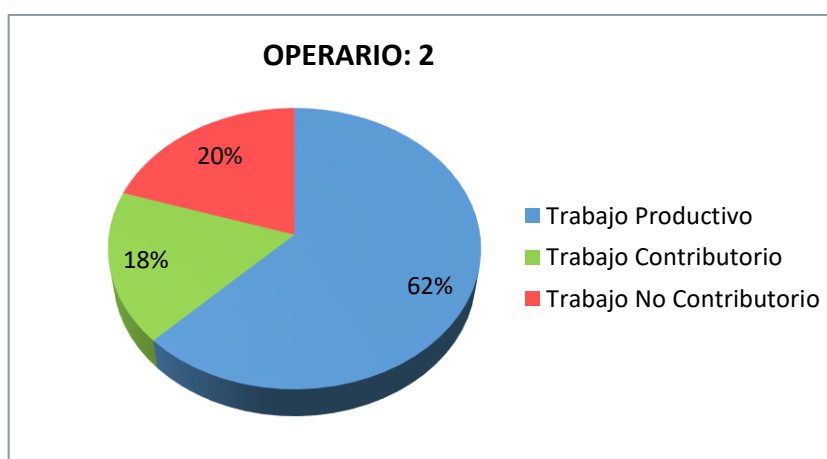


Figura 67 — Distribución del tiempo de operario 2 en concreto, reservorio Ccotoma

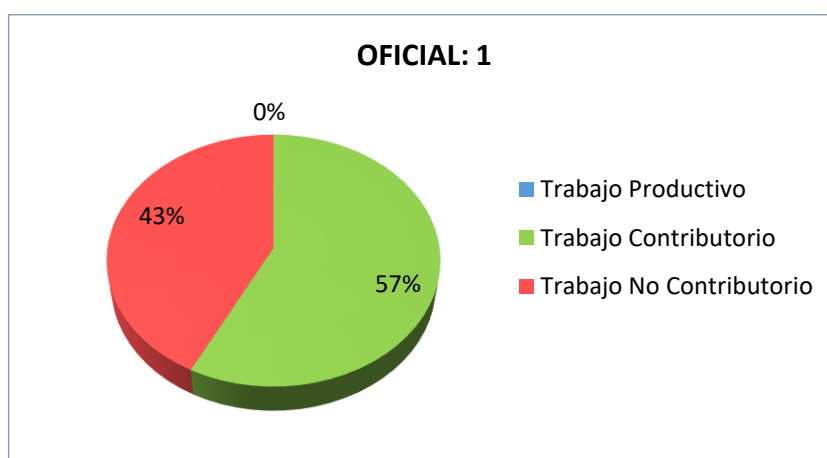


Figura 68 — Oficial 1 en partida de concreto, reservorio Ccotoma

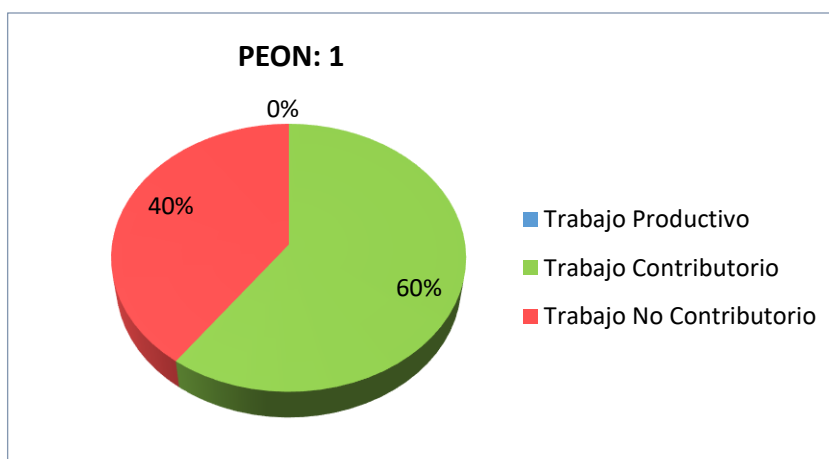


Figura 69 — Peón 1 en partida de concreto reservorio Ccotoma

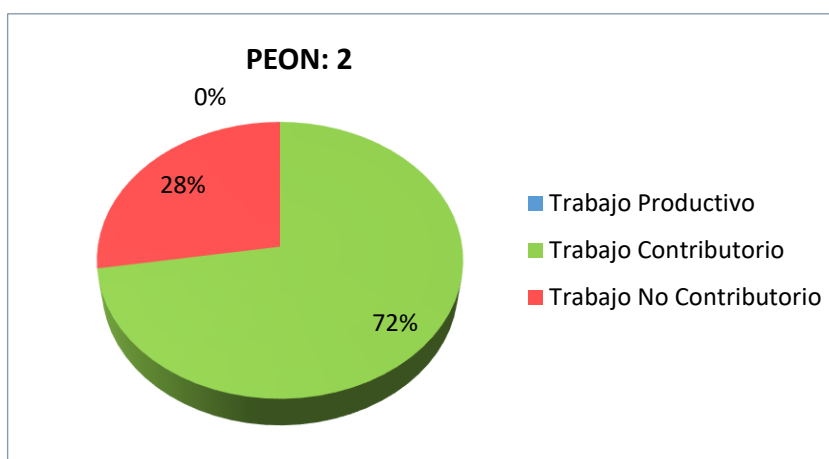


Figura 70 — Peón 2 en partida de concreto en reservorio Ccotoma

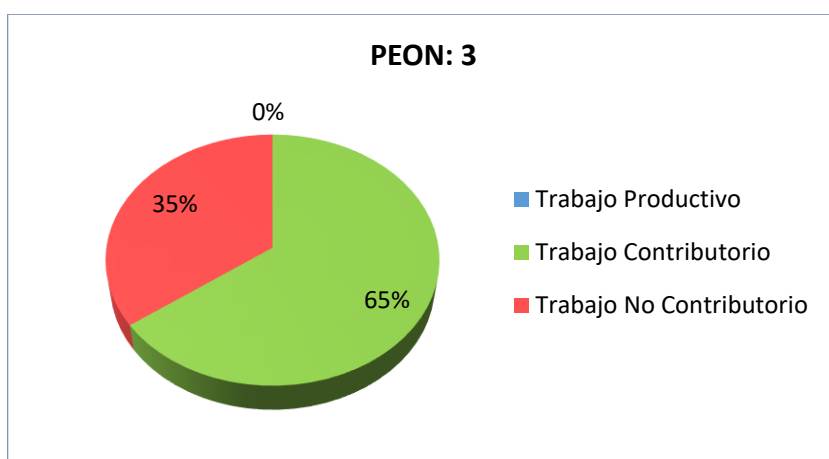


Figura 71 — Peón 3 en partida de concreto reservorio Ccotoma

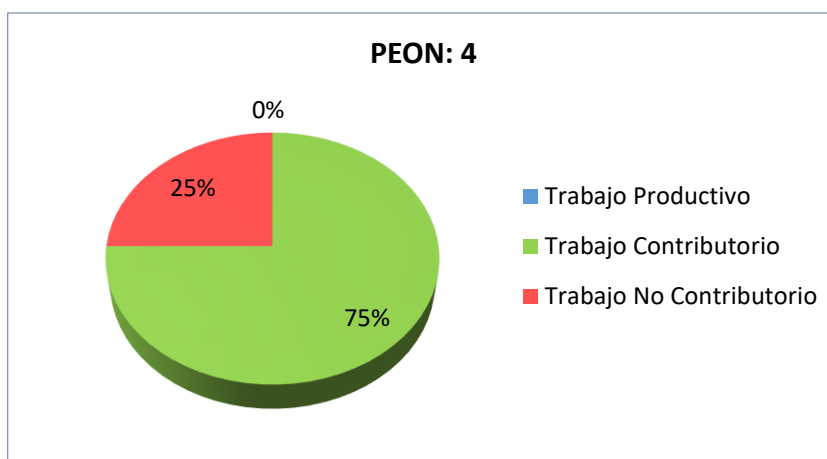


Figura 72 — Peón 4 en partida de concreto, reservorio Ccotoma

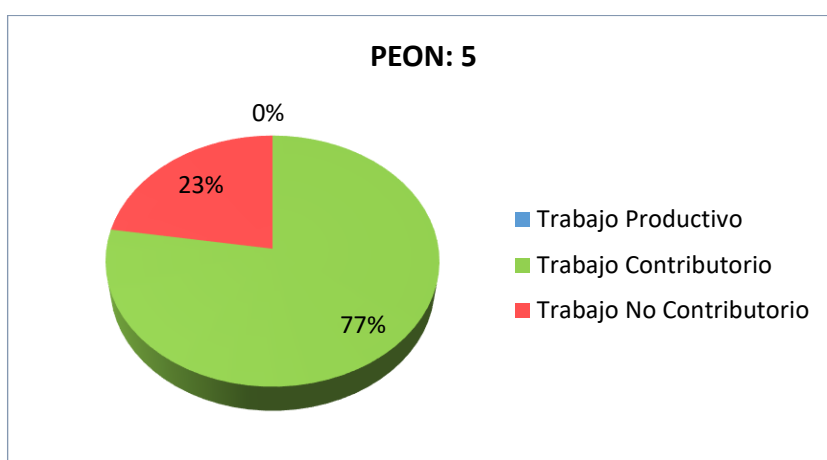


Figura 73 — Peón 5 en partida de concreto, reservorio Ccotoma

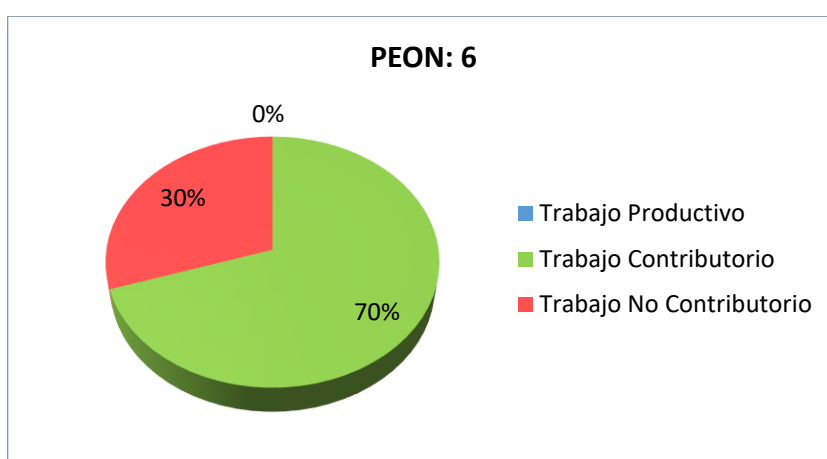


Figura 74 — Peón 6 en partida de concreto, reservorio Ccotoma

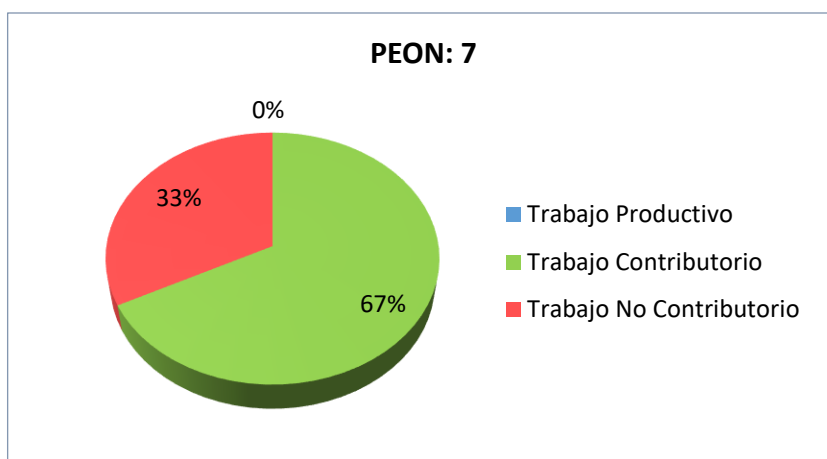


Figura 75 — Peón 7 en partida de concreto, reservorio Ccotoma

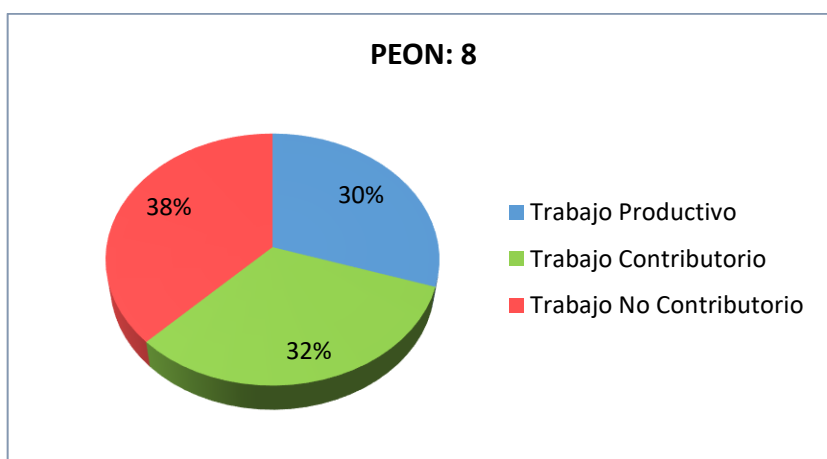


Figura 76 — Peón 8 en partida de concreto, reservorio Ccotoma

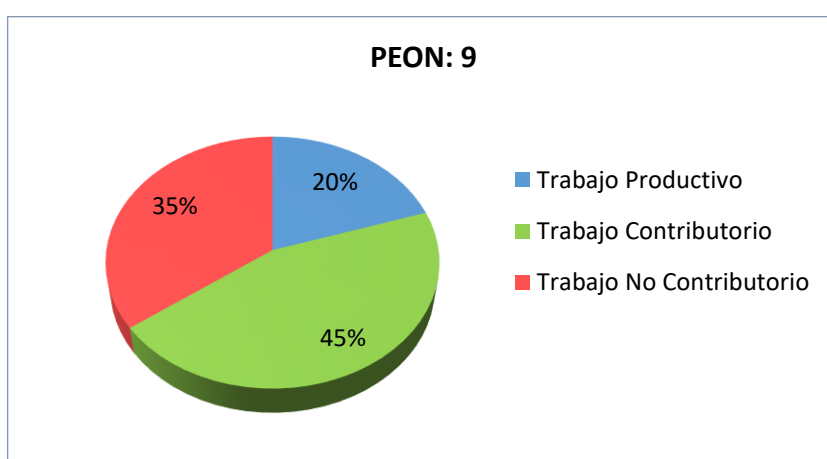


Figura 77 — Peón 9 en partida de concreto reservorio Ccotoma

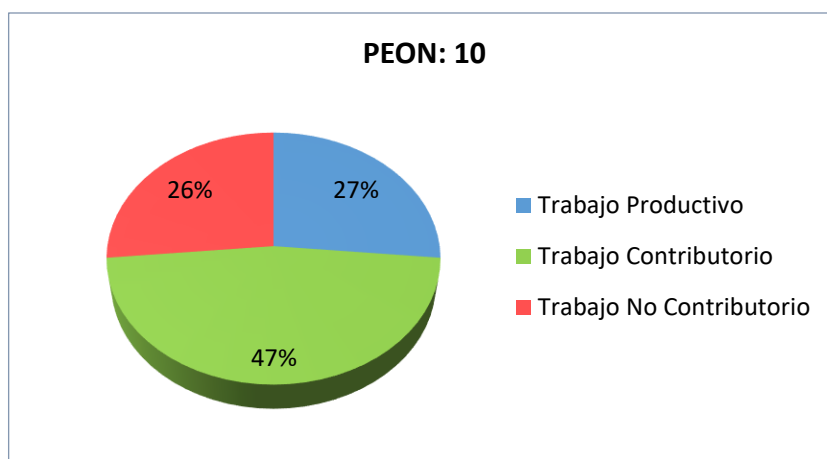


Figura 78 — Peón 10 en partida de concreto en reservorio Ccotoma

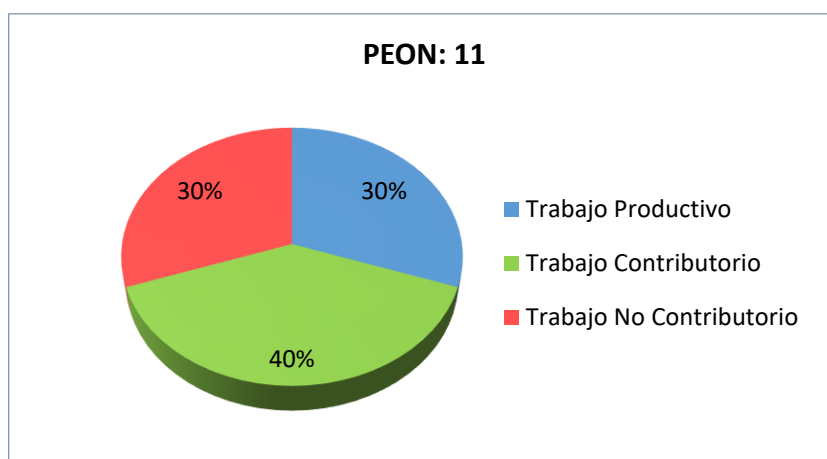


Figura 79 — Peón 11 en partida de concreto reservorio Ccotoma

Medidas correctivas para el mejoramiento del rendimiento y la productividad de la partida de concreto de reservorio Ccotoma

Para optimizar el proceso de vaciado y elaboración de concreto, se desarrolló una serie de propuestas destinadas a elevar el nivel de trabajo productivo de toda la cuadrilla, con el objetivo de incrementar la productividad general del equipo.

Antes de presentar los resultados de la propuesta de mejora, es crucial entender que el objetivo principal no se limita a demostrar estadísticamente los resultados, sino a utilizar dicha información para mejorar efectivamente la productividad de la cuadrilla y reducir el tiempo o los costos asociados al proyecto.

Las cartas de equilibrio ofrecen una visión del flujo de procesos y cómo estos podrían optimizarse, aunque no confirman directamente si los índices de productividad han mejorado. Por lo tanto, es fundamental utilizar adecuadamente la información

proporcionada por las cartas balance, manteniendo siempre el objetivo principal de agilizar y mejorar el proceso, sin incrementar las horas hombre por metro cúbico.

A continuación, se describirán las propuestas de mejoras y cómo estas han impactado en los niveles generales de trabajo productivo de la cuadrilla encargada de la elaboración y vaciado de concreto.

- Se llevó a cabo una reunión con la cuadrilla para comunicar las decisiones adoptadas y proporcionar instrucciones detalladas sobre las tareas específicas que cada miembro debe ejecutar, con el objetivo de eliminar desperdicios y optimizar el tiempo de trabajo. Durante la reunión, se enfatizó que, durante el tiempo asignado para las tareas, los integrantes no deben incurrir en ausencias, viajes innecesarios, conversaciones no relacionadas con el trabajo, uso del celular, ni tomar descansos no programados. Además, se subrayó que bajo ninguna circunstancia se deben repetir trabajos ya realizados. Se insistió en la importancia de seguir estas directrices estrictamente para mejorar la eficiencia, garantizar la calidad del trabajo y asegurar que cada actividad se complete dentro del plazo estipulado. Se destacó también la necesidad de trabajar en equipo y de mantener un enfoque constante en las tareas asignadas para lograr los objetivos del proyecto.
- Todo el material necesario para llevar a cabo esta tarea debe estar disponible directamente en el sitio de la obra, ubicado lo más cerca posible del área de trabajo, idealmente a no más de 15 metros de distancia. Esto incluye cemento, agregados, agua, equipos livianos y herramientas manuales. Además, se asegurarán rutas claras y accesibles para el transporte del material. El objetivo de esta medida es reducir significativamente el tiempo empleado en el transporte del concreto, minimizando así las esperas entre el equipo que prepara el concreto y el equipo encargado del vaciado. Esta proximidad permitirá una transferencia más eficiente y rápida de los materiales, mejorando la continuidad del trabajo y aumentando la productividad general del equipo. Se establecerán puntos de almacenamiento estratégicos y se coordinará la logística para reabastecer los materiales de manera constante y eficiente, evitando cualquier interrupción en el flujo de trabajo.
- Inicialmente, la cuadrilla no estaba balanceada, ya que constaba de 14 trabajadores, incluyendo 6 peones cuya única función era alimentar un balde por bolsa de cemento. Esta actividad se realizaba rápidamente, resultando en que gran parte de su tiempo no contributivo lo pasaban esperando a que terminara el ciclo de trabajo (transporte de concreto). Tras verificar esta observación, se decidió ajustar la composición de la



cuadrilla para el segundo análisis. Se redujo el número de trabajadores a 10, optimizando así la distribución de tareas. Los alimentadores ahora añadirán 2 baldes de agregado por bolsa de cemento a la mezcladora. Además, mientras se realiza el transporte del concreto, aprovecharán ese tiempo para continuar llenando los baldes con agregados. Este ajuste busca mejorar la eficiencia y reducir el tiempo del TNC.

- Un elemento crucial para el éxito de estas medidas correctivas es, sin duda, una supervisión efectiva por parte de los encargados de la obra. Esta supervisión debe ser continua, desde el inicio hasta la finalización de la actividad, ya que solo así se podrán alcanzar los resultados esperados. Es posible que durante la ejecución surjan imprevistos o que algo no funcione según lo planeado; en esos momentos, es esencial realizar las correcciones necesarias de manera inmediata en el lugar de trabajo.
- Fomentar el compromiso y la asistencia a través de incentivos y reconocimientos.
- Se establecido políticas claras y firmes sobre el uso de dispositivos móviles durante las horas de trabajo.
- Se realizar sesiones de sensibilización sobre cómo las distracciones afectan la seguridad y la productividad.
- Se analizar las cargas de trabajo para asegurar que sean manejables y no causen fatiga excesiva y promover técnicas de trabajo ergonómicas y ofrecer descansos adecuados para recuperarse.
- Se implemento rotaciones de tareas para prevenir la fatiga.
- Ajustar las cargas de trabajo y ofrecer pausas adecuadas.

Cálculo del rendimiento basado en las mediciones de la carta balance y los metrados obtenidas en el campo en la partida de concreto del reservorio Ccotoma.

Paso 01.- Cálculo total de mediciones de carta balance:

$$\text{Total medicion segun carta Balance} = 560.0 \text{ min}$$

Paso 02.- Cálculo total de mediciones de carta balance en horas:

$$\text{Total medicion segun carta balance en horas} = \frac{560.0 \text{ min}}{60.0 \text{ min/h}}$$

$$\text{Total medicion segun carta balance en horas} = 9.33 \text{ h}$$

Paso 03.- Cálculo del tiempo empleado por obrero:

$$\text{Tiempo empleado por Obrero} = \frac{\text{Total medicion segun carta balance en horas}}{\text{Cuadrilla}}$$

$$\text{Tiempo empleado por Obrero} = \frac{9.33 \text{ h}}{14.00 \text{ obreros}}$$



$$\text{Tiempo empleado por Obrero} = 0.67\text{hh}$$

Paso 04.- Longitud de vaciado de concreto según carta balance:

$$\text{Longitud de vaciado} = 1.92\text{ m}$$

Paso 05.- Sección de pantalla de reservorio:

$$\text{Altura de vaciado} = 2.65\text{ m}$$

$$\text{Ancho de vaciado} = 0.25\text{ m}$$

Paso 06.- Cálculo de metrado ejecutado durante la toma de datos:

$$\text{Metrado ejecutado} = \text{Largo} * \text{Alto} * \text{Ancho}$$

$$\text{Metrado ejecutado} = 1.92\text{ m} * 2.65\text{ m} * 0.25\text{ m}$$

$$\text{Metrado ejecutado} = 1.27\text{ m}^3$$

Paso 07.- Cálculo de tiempo para ejecutar 1.00 m³ de concreto:

$$\text{Tiempo en } 1.0\text{ m}^3 \text{ de concreto} = \frac{\text{Total medicion segun carta balance en horas}}{\text{Metrado ejecutado}}$$

$$\text{Tiempo en } 1.00\text{ m}^3 \text{ de concreto} = \frac{9.33\text{ h}}{1.27\text{ m}^3}$$

$$\text{Tiempo en } 1.00\text{ m}^3 \text{ de concreto} = 7.35\text{ h/m}^3$$

Paso 08.- Cálculo del rendimiento en una jornada laboral:

$$\text{Rendimiento en jornada laboral} = \frac{\text{Cuadrilla} * \text{Jornada laboral}}{\text{Tiempo en } 1.00\text{ m}^3 \text{ de concreto h/m}^3}$$

$$\text{Rendimiento en jornada laboral} = \frac{14.00 * 8.00\text{ h}}{7.35\text{ h/m}^3}$$

$$\text{Rendimiento en jornada laboral de 6 obreros} = 15.23\text{ m}^3/\text{dia}$$

Tabla 75 — Rendimiento en encofrado del reservorio Ccotoma

Medición de tiempo	
Total, de mediciones (min)	560.00
Total, de mediciones (hh)	9.33
Tiempo empleado por obrero (hh)	0.67

Metrados	
Longitud de vaciado (m)	1.92
Altura de vaciado (m)	2.65
Ancho de Vaciado (m)	0.25
Metrado ejecutado (m ³)	1.27
Rendimientos	
Tiempo para 1 m ³ de concreto (hh/m ³)	7.35
Rendimiento en un día de jornada laboral por 14 obreros (m ³ /día)	15.23

Cálculo de productividad basado en las mediciones de carta balance, metrados ejecutados en campo y rendimientos teóricos según expediente técnico de obra en la partida de vaciado de concreto en el reservorio Ccotoma. Cálculo

Paso 01.- Rendimiento teórico según expediente técnico:

$$\text{Rendimiento teórico según expediente técnico} = 12.00 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Paso 02.- Cuadrilla teórica:

$$\text{Cuadrilla teorica} = 12.00 (01 \text{ Operario} + 01 \text{ Oficial} + 10 \text{ peones})$$

Paso 03.- Cálculo de horas en jornada laboral:

$$\text{jornada laboral} = \text{Cuadrilla} * 8.00 \text{ horas}$$

$$\text{jornada laboral} = 12.00 * 8.00 \text{ horas}$$

$$\text{jornada laboral} = 96.00 \text{ horas}$$

Paso 04.- Rendimiento real

$$\text{Rendimeitno real} = 15.23 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Paso 05.- Cálculo de la cantidad real de bienes producidos:

$$\text{Cantidad real de bienes producidos} = \frac{\text{Rendimiento real}}{\text{Horas en jornada laboral}}$$

$$\text{Cantidad real de bienes producidos} = \frac{15.23}{96.00}$$



$$\text{Cantidad real de bienes producidos} = 0.16$$

Paso 06.- Cálculo de recursos reales empleados:

$$\text{Recursos reales empleados} = \frac{\text{Horas en jornada laboral}}{\text{Rendimeinto real}}$$

$$\text{Recursos reales empleados} = \frac{96.00}{15.23}$$

$$\text{Recursos reales empleados} = 6.30$$

Paso 07.- Cálculo de productividad real:

$$\text{Productividad real} = \frac{\text{Cantidad real de bienes producidos}}{\text{recursos reales empleados}}$$

$$\text{Productividad real} = \frac{0.16}{6.30}$$

$$\text{Productividad real} = 0.025$$

Paso 08.- Cálculo de la cantidad teórica de bienes producidos:

$$\text{cantidad teórica de bienes producidos} = \frac{\text{Ren. teórico según Exp. técnico}}{\text{Horas en jornada laboral}}$$

$$\text{cantidad teórica de bienes producidos} = \frac{12.00}{96.00}$$

$$\text{cantidad teórica de bienes producidos} = 0.125$$

Paso 09.- Cálculo de recursos teóricos empleados:

$$\text{recursos teóricos empleados} = \frac{\text{Jornada laboral}}{\text{Rendimiento teorico segun Exp. Tecnico}}$$

$$\text{recursos teóricos empleados} = \frac{96.00}{12.00}$$

$$\text{recursos teóricos empleados} = 8.00$$

Paso 10.- Cálculo de productividad teórica:



$$\text{Productividad teórica} = \frac{\text{Cantidad teórica de bienes producidos}}{\text{Recursos teóricos empleados}}$$

$$\text{Productividad teórica} = \frac{0.125}{8.00}$$

$$\text{Productividad teórica} = 0.015$$

Índice de productividad:

$$\text{Índice de productividad} = \frac{\text{Productividad real}}{\text{Productividad teórica}}$$

$$\text{Índice de productividad} = \frac{0.025}{0.015}$$

$$\text{Índice de productividad} = 1.67$$

Tabla 76 — Rendimiento y productividad en encofrado del reservorio Ccotoma

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Partida	Rendimiento exp técnico (m2/día)	Cuadrilla teórica Exp. técnico (cant. Obreros)	Jornada completa (h)	Rendimiento real (m2/día)	Cantidad real de bienes producidos [4/3]	Recursos reales empleados [3/4]	Productividad real [5/6]	Cantidad teórica de bienes producidos [1/3]	Recursos teóricos empleados [3/1]	Productividad teórica [8/9]	ÍNDICE DE PRODUCTIVIDAD [7/10]
Vaciado de concreto en el reservorio Ccotoma antes de mejoramiento de rendimiento	12.00	12.00	96.00	15.23	0.16	6.30	0.025	0.125	8.00	0.015	1.67

4. Resultados optimizados con carta balance en la partida de elaboración de concreto en el reservorio Crusmocco

El 15 de junio de 2023, se recolectaron 40 muestras de la cuadrilla, compuestas por 2 operarios, 1 oficial y 7 peones, en el contexto del análisis de la partida de vaciado de concreto en el reservorio Crusmocco. Esta evaluación se realizó después de implementar las medidas correctivas basadas en las observaciones de la primera medición. Cada muestra consistió en un registro detallado de las actividades de cada miembro de la cuadrilla durante 40 minutos, con observaciones realizadas cada minuto, utilizando el formato de Carta de Balance. Los datos recopilados fueron digitalizados para facilitar análisis posteriores y comparar con los resultados anteriores. Este proceso de comparación permite evaluar la eficacia de las intervenciones realizadas, identificar áreas de mejora y planificar futuras acciones para optimizar aún más la productividad y eficiencia del equipo.

Reconocimiento e identificación de las actividades productivas, contributarios y no contributarias

Para desarrollar las cartas balance en la partida de vaciado de concreto en el reservorio Crusmocco, es necesario clasificar los distintos tipos de trabajos: trabajos productivos (TP), trabajos contributarios (TC) y trabajos no contributarios (TNC). Además, se debe considerar el tamaño y la ubicación de la cuadrilla. El objetivo es comprender cómo se mejorarán los rendimientos tanto a nivel individual como en equipo, una vez implementadas las acciones correctivas basadas en los resultados obtenidos en los trabajos realizados en el primer reservorio. Esta clasificación y análisis detallado permitirán identificar áreas de mejora, optimizar procesos y aumentar la eficiencia general del equipo, asegurando que las lecciones aprendidas se apliquen eficazmente para maximizar la productividad y minimizar el desperdicio de recursos en futuros proyectos.

Tabla 77 — Trabajos productivos en partida de concreto, reservorio Crusmocco

Código	Trabajo Productivo
1	Vibrado de concreto
2	Colocación de mezcla
3	Moldear concreto

Tabla 78 — Trabajos contributivos en partida de concreto reservorio Crusmocco

Código	Trabajo Contributorio
11	Preparación de concreto
12	transporte de material/Insumos
13	Transportar concreto
14	Retornar a recoger concreto
15	Recibir/dar instrucciones
16	Armado de andamio
17	Llenado de agregado en los baldes
18	Orden y limpieza
19	Alimentar a la mezcladora con agregados/cemento/agua

Tabla 79 — Trabajos no contributivos en partida de concreto, reservorio Crusmocco

Código	Trabajo no Contributorio
21	Esperas
22	Parado esperando concreto
23	Utilizar celular
24	Conversaciones
25	Descanso por agotamiento físico
26	SS-HH
27	Trabajos rehechos
28	Ausencia
29	Viajes con manos vacías

Distribución del personal de la partida en vaciado de concreto en reservorio Crusmocco

La cuadrilla para el vaciado de concreto en el reservorio Crusmocco estará conformada por 2 operarios, 1 oficial y 7 peones. En la evaluación del primer reservorio, se observó que la cuadrilla estaba desbalanceada debido a que los trabajadores encargados de la alimentación de la mezcladora presentaban un alto porcentaje de tiempo en espera. Por consiguiente, se reducirán 4 peones, los cuales fueron asumidos por los mismos alimentadores de arena

gruesa. Además, de acuerdo con el expediente técnico, se disminuirán dos personales con el fin de optimizar tiempos, reducir costos y aumentar la productividad.

Tabla 80 — Mano de obra de la cuadrilla en partida de concreto, reservorio Crusmocco

Nro.	Categoría	Actividad
1	operario 1	Acabado y vibrado
2	operario 2	Acabado y vibrado
3	oficial 1	Operador de M.
4	peón 2	Alimentador
5	peón 4	Alimentador
6	peón 5	Alimentador
7	peón 8	Carretillero
8	peón 9	Carretillero
9	peón 10	Carretillero
10	peón 11	Carretillero

Toma de datos en campo para cálculo de rendimiento y productividad de la sub partida de concreto del reservorio Crusmocco

El 15 de junio de 2023 se tomaron 40 muestras a la cuadrilla en estudio, conformada por 2 operarios, 1 oficial y 7 peones, en intervalos de tiempo de 1 minuto cada una. Se analizó la partida de vaciado de concreto en el reservorio Crusmocco. Las actividades de cada uno de los integrantes de la cuadrilla se registraron minuto a minuto en el formato de Carta de Balance, después de la implementación de esta herramienta, para posteriormente procesar los datos obtenidos.

Nº	Operario 1	Operario 2	Oficial 1	Peón 1	Peón 2	Peón 5	Peón 6	Peón 5	Peón 6	Peón 7	Peón 8	Peón 9	Peón 10	Peón 11	Tiempo Promedio (min)
1	15	15	15	15	15	15	15	15	23	15	15	15	15	15	1.00
2	15	15	15	23	17	17	15	15	15	15	15	15	23	15	1.00
3	29	16	11	12	15	21	11	21	11	12	22	22	22	22	1.00
4	21	21	21	17	17	17	17	17	21	21	13	13	13	13	1.00
5	2	2	11	12	18	12	14	12	21	14	2	14	14	2	1.00
6	1	2	21	12	25	27	17	21	17	18	22	13	2	14	1.00
7	2	1	11	12	17	17	17	17	17	12	14	2	13	22	1.00
8	22	2	21	21	11	21	11	12	21	11	13	22	14	14	1.00
9	2	22	11	11	21	11	21	23	17	21	2	22	22	22	1.00
10	2	1	21	21	17	17	21	17	17	21	22	2	21	22	1.00

11	2	2	11	12	17	21	17	17	21	12	22	22	2	2	1.00
12	2	22	21	17	12	17	12	12	17	21	2	22	14	14	1.00
13	1	2	11	21	21	21	17	17	12	12	2	13	22	21	1.00
14	2	29	12	12	12	21	21	12	17	12	22	2	14	22	1.00
15	1	2	21	21	17	17	17	25	29	12	18	14	14	2	1.00
16	22	22	11	21	12	17	12	17	12	18	14	22	22	13	1.00
17	2	22	21	21	21	12	12	17	17	21	2	14	22	22	1.00
18	22	3	21	17	12	21	25	17	12	12	22	13	22	22	1.00
19	1	2	11	21	17	12	12	21	21	18	22	22	2	22	1.00
20	15	15	12	17	12	17	17	12	12	12	13	2	22	22	1.00
21	1	2	24	11	11	25	12	11	12	21	14	14	13	2	1.00
22	3	1	11	21	29	17	26	11	24	29	22	22	22	22	1.00
23	2	22	11	17	17	17	12	12	12	12	2	14	22	22	1.00
24	22	22	11	17	21	21	17	21	17	21	18	12	18	14	1.00
25	22	2	21	21	17	17	12	17	12	12	22	22	14	2	1.00
26	2	1	21	12	21	12	21	17	21	17	2	2	18	2	1.00
27	22	1	11	18	17	21	17	12	17	21	22	13	22	22	1.00
28	3	1	11	21	17	21	17	21	12	12	22	13	2	28	1.00
29	2	1	21	17	17	12	21	12	12	18	2	26	12	2	1.00
30	2	3	11	12	21	17	12	17	21	21	13	2	13	22	1.00
31	12	12	11	26	17	12	12	12	17	12	13	13	22	22	1.00
32	1	1	21	17	12	21	21	21	12	12	22	22	2	2	1.00
33	2	1	11	21	21	17	17	12	21	21	2	14	2	13	1.00
34	2	1	21	11	12	11	11	17	11	18	22	2	13	15	1.00
35	3	1	11	17	21	12	21	12	12	12	21	22	22	14	1.00
36	3	12	21	12	12	21	12	17	21	17	14	14	14	14	1.00
37	2	12	21	21	17	12	17	12	24	11	2	2	2	2	1.00
38	22	3	11	21	21	17	12	21	17	21	22	22	22	22	1.00
39	2	2	11	12	17	21	17	12	12	18	2	21	2	2	1.00
40	3	2	21	21	12	17	21	17	17	12	2	13	2	13	1.00
1	6.00	11.00													17.00
2	16.00	11.00									12.00	8.00	9.00	10.00	66.00
3	5.00	3.00													8.00
11			19.00	3.00	2.00	2.00	3.00	2.00	2.00	2.00					35.00
12	1.00	3.00	2.00	10.00	9.00	8.00	11.00	13.00	12.00	15.00		1.00	1.00		86.00
13											5.00	8.00	5.00	4.00	22.00
14							1.00			1.00	4.00	7.00	7.00	6.00	26.00
15	3.00	3.00	2.00	1.00	2.00	1.00	2.00	2.00	1.00	2.00	2.00	2.00	1.00	3.00	27.00
16		1.00													1.00
17				9.00	15.00	15.00	13.00	14.00	12.00	2.00					80.00
18				1.00	1.00					6.00	2.00		2.00		12.00
21	1.00	1.00	16.00	14.00	9.00	12.00	8.00	7.00	9.00	11.00	1.00	1.00	1.00	1.00	92.00
22	7.00	6.00									14.00	12.00	13.00	15.00	67.00
23				1.00				1.00	1.00				1.00		4.00
24			1.00						2.00						3.00

25					1.00	1.00	1.00	1.00							4.00
26				1.00			1.00					1.00			3.00
27						1.00									1.00
28														1.00	1.00
29	1.00	1.00			1.00				1.00	1.00					5.00
Total	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	560.00

Figura 80 — Datos de concreto en reservorio Crusmocco

Resultados Obtenidos a nivel general de la partida de vaciado de concreto en el reservorio Crusmocco

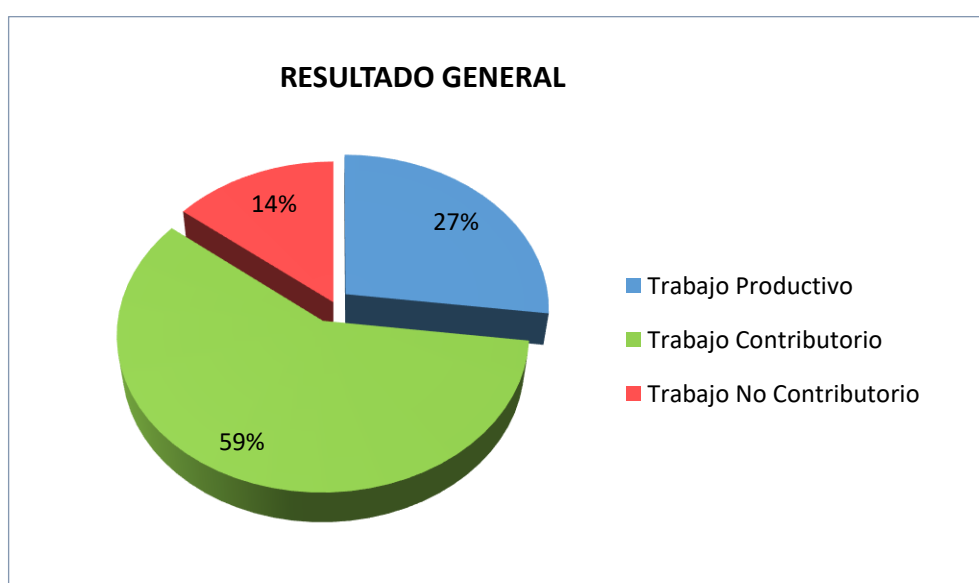


Figura 81 — Distribución general en partida de concreto, reservorio Crusmocco

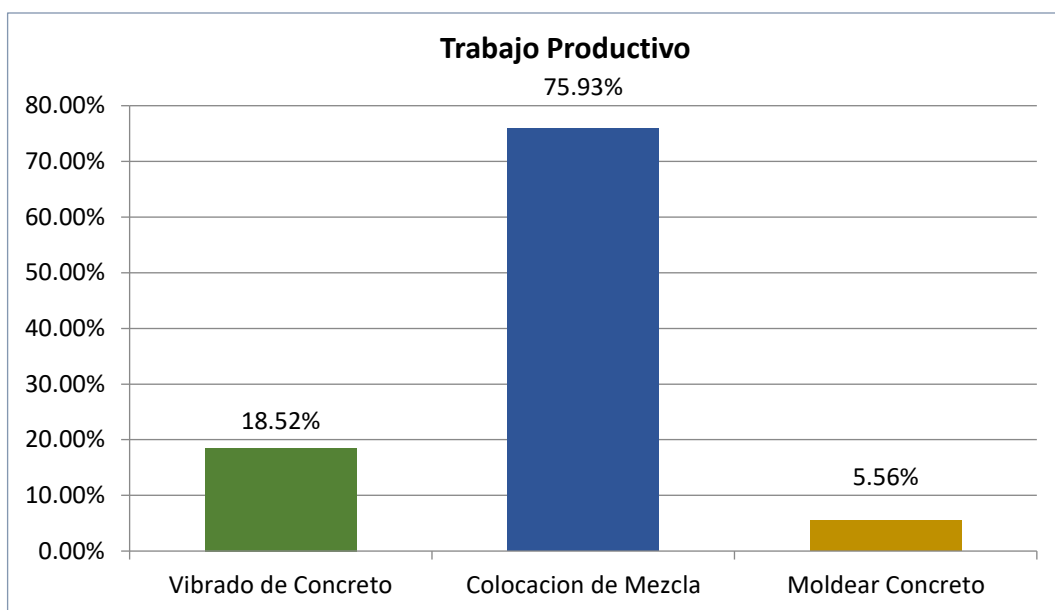


Figura 82 — Distribución de TP en partida concreto, reservorio Crusmocco

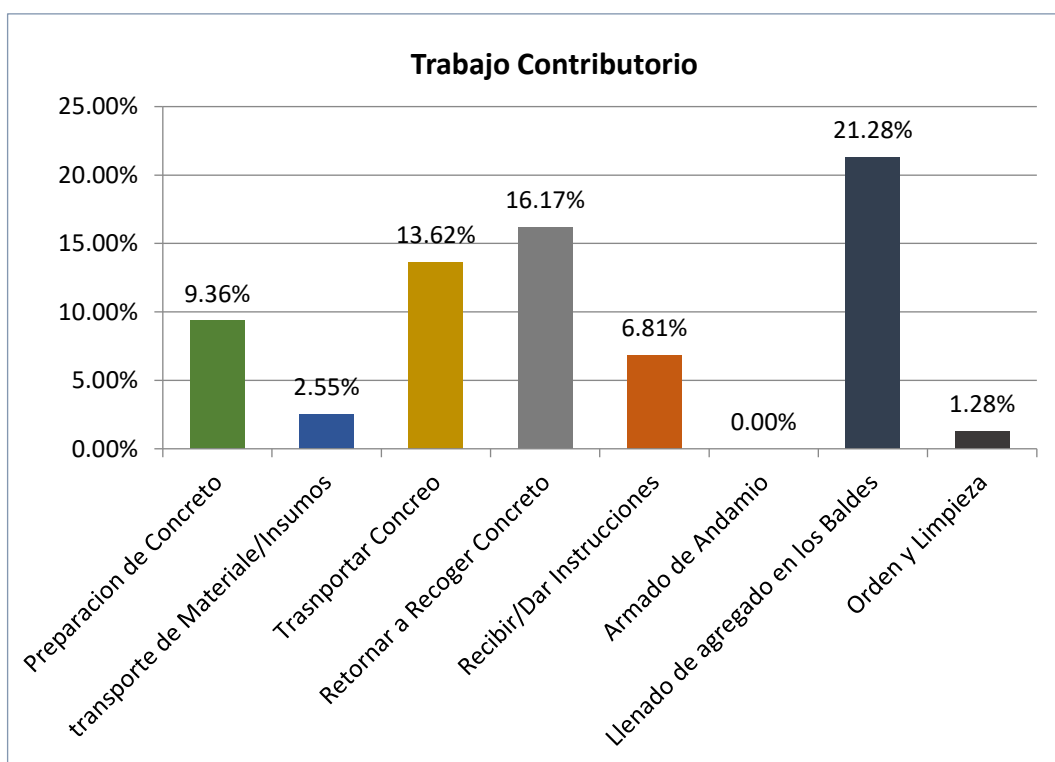


Figura 83 — Distribución de TC en partida de concreto, reservorio Crusmocco

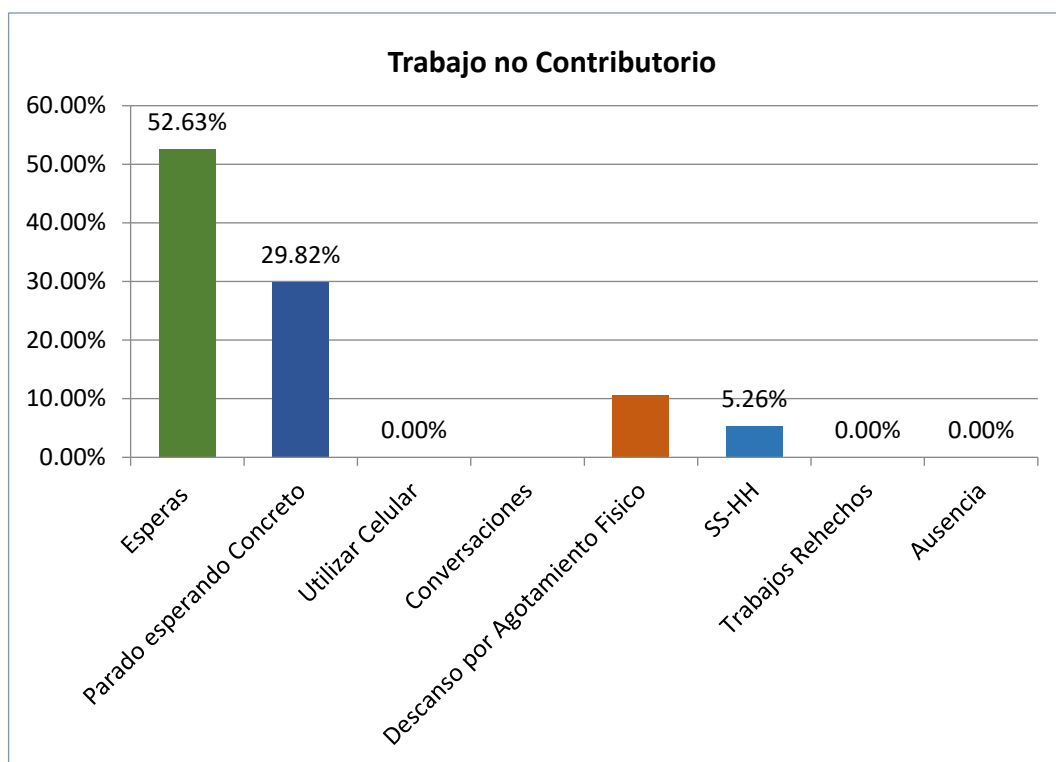


Figura 84 — Distribución de TNC en partida de concreto, reservorio Crusmocco

Alta Productividad: Trabajadores como Operario 1 (72.5%) y Operario 2 con un 65.0% de (TP), muestran una optimización notable en sus actividades, probablemente como resultado de intervenciones dirigidas a mejorar la eficiencia en sus tareas específicas.

Equilibrio en Productividad: Trabajadores como Oficial 1, peón 2, peón 4 y peón 5 presentan un alto porcentaje de trabajos contributivos lo cual indica que hay un buen equilibrio entre TC y TNC, indican que las medidas correctivas han ayudado a mejorar su eficiencia sin eliminar completamente los tiempos de espera, lo que puede ser inevitable dependiendo de la naturaleza de sus tareas.

Áreas de Mejora: peón 8 y peón 11 presentan un alto nivel de trabajo no contributivo (TNC), con un promedio del 22.5%. Este porcentaje sugiere que aún existen oportunidades para realizar intervenciones adicionales que mejoren su rendimiento. Entre las posibles medidas se incluyen la capacitación adicional, la reasignación de tareas, y la mejora en la gestión del flujo de trabajo de estos trabajadores en particular.

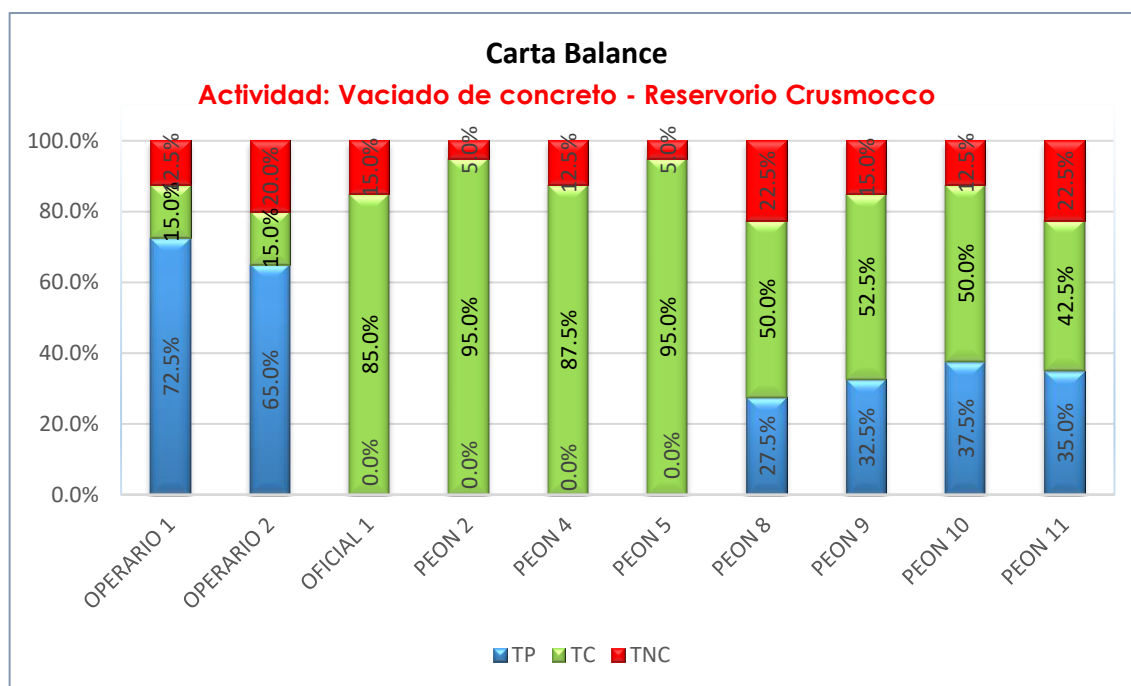


Figura 85 — Distribución de trabajo por obrero

Tabla 81 — Resultado final de carta balance en partida de concreto, reservorio Crusmocco

Tipo de trabajo	% Alcanzado
Trabajo Productivo	27%
Trabajo Contributorio	59%
Trabajo No Contributorio	14%
Total	100%

Resultados Obtenidos a nivel Individual

Tras ofrecer una visión general de los resultados, ahora procederemos a desglosar con detalle los porcentajes específicos obtenidos para el Trabajo Productivo (TP), el Trabajo Contributorio (TC) y el Trabajo No Contributorio (TNC) de cada miembro del equipo en la partida de vaciado de concreto en el reservorio de Crusmocco, la cual es el resultado de la implementación de la carta balance, una herramienta estratégica que ha demostrado ser efectiva para mejorar significativamente tanto el rendimiento individual como el colectivo del equipo ha permitido identificar áreas de eficiencia. y oportunidades de mejora, facilitando así una distribución más efectiva de tareas y una reducción de los tiempos improductivos o muertos. Este enfoque metódico no solo ha incrementado la productividad general, sino que también ha contribuido a optimizar los costos, recursos y mano de obra.

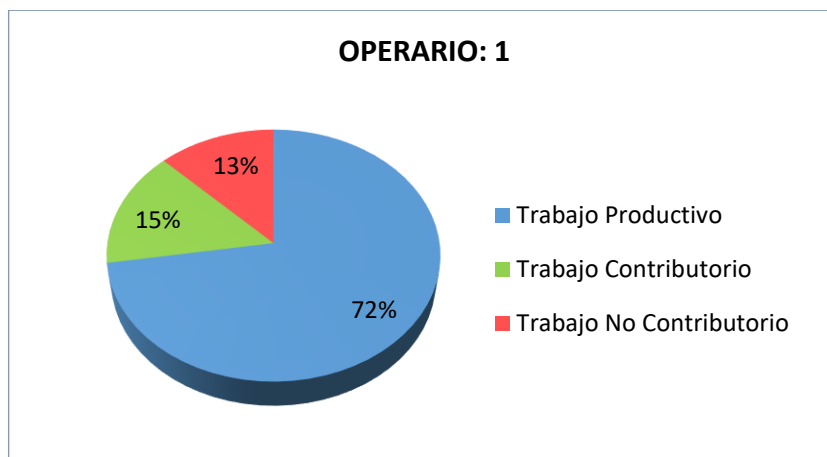


Figura 86 — Operario 1 en partida de concreto, reservorio Crusmocco

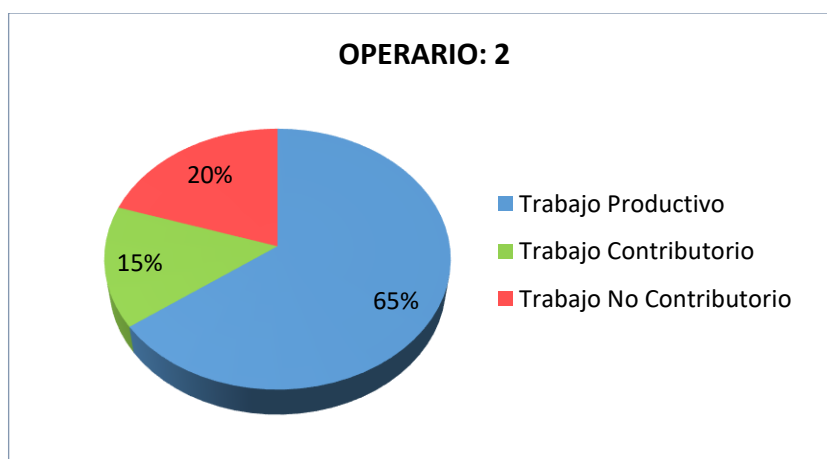


Figura 87 — Operario 2 en partida de concreto, reservorio Crusmocco

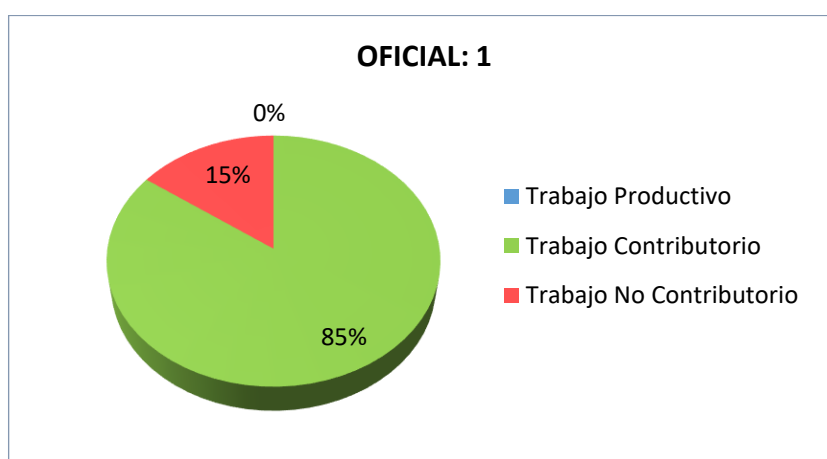


Figura 88 — Oficial 1 en partida de concreto, reservorio Crusmocco

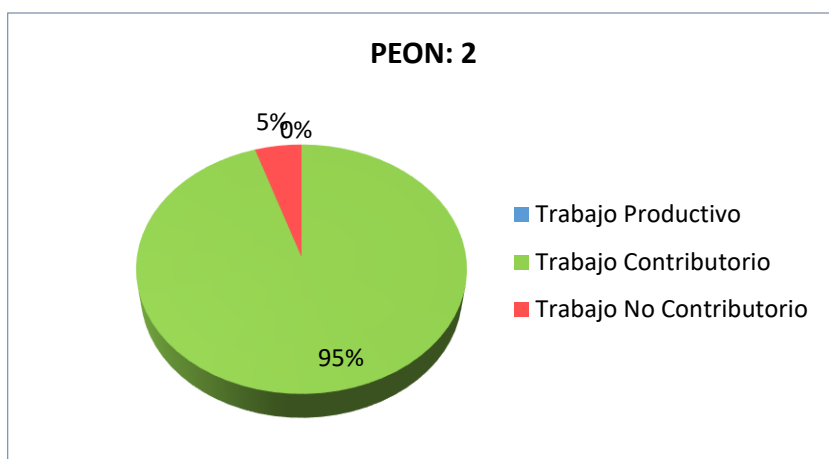


Figura 89 — Peón 2 en partida de concreto en reservorio Crusmocco

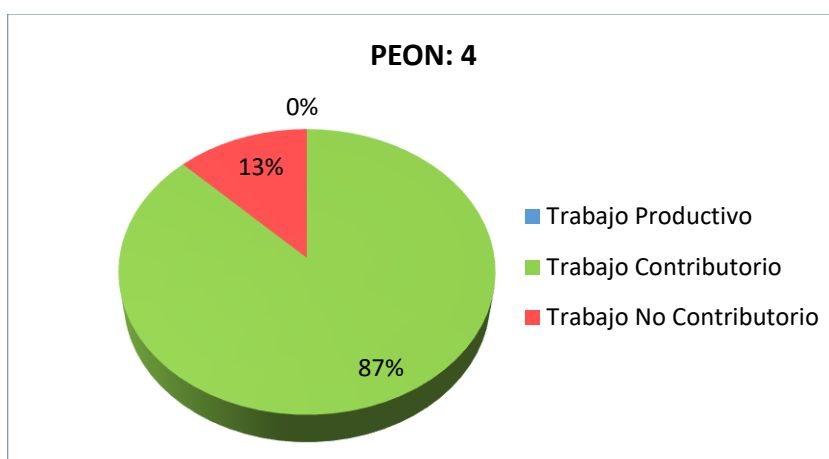


Figura 90 — Peón 4 en partida de concreto, reservorio Crusmocco

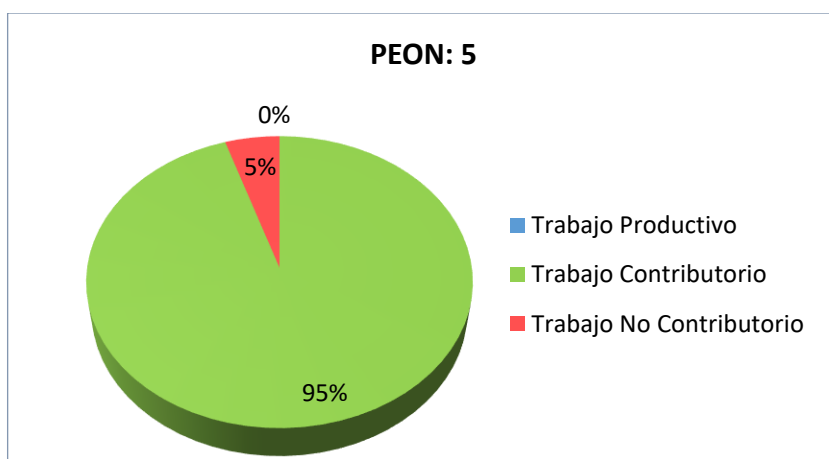


Figura 91 — Peón 5 en partida de concreto, reservorio Crusmocco

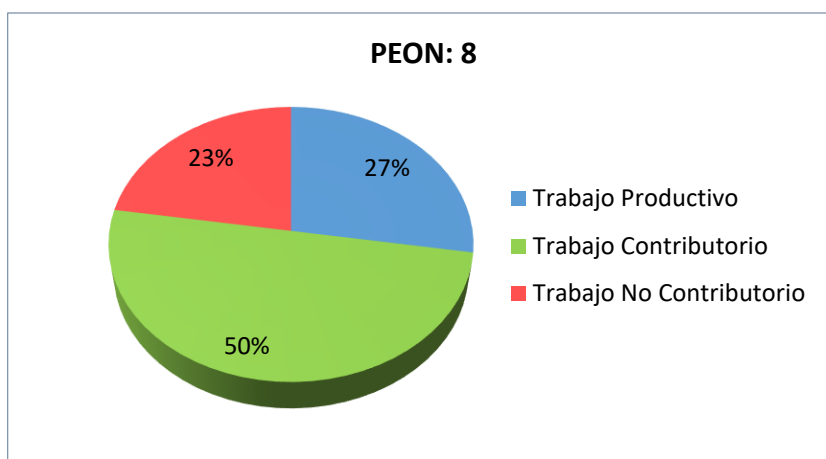


Figura 92 — Peón 8 en partida de concreto reservorio Crusmocco

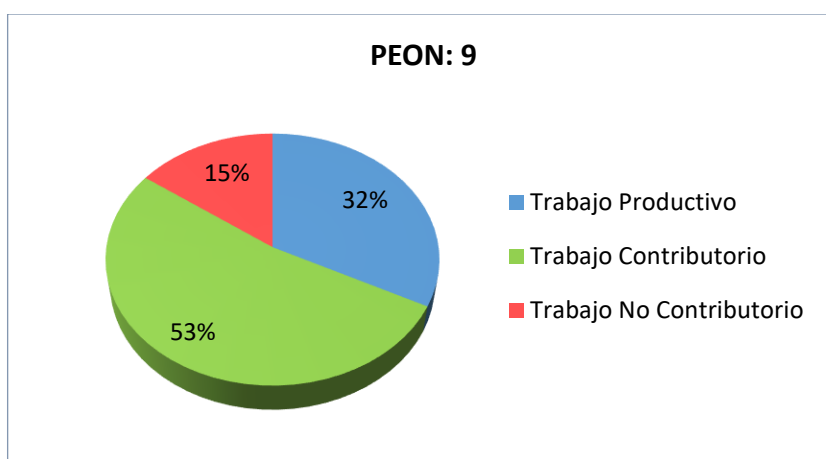


Figura 93 — Peón 9 en partida de concreto, reservorio Crusmocco

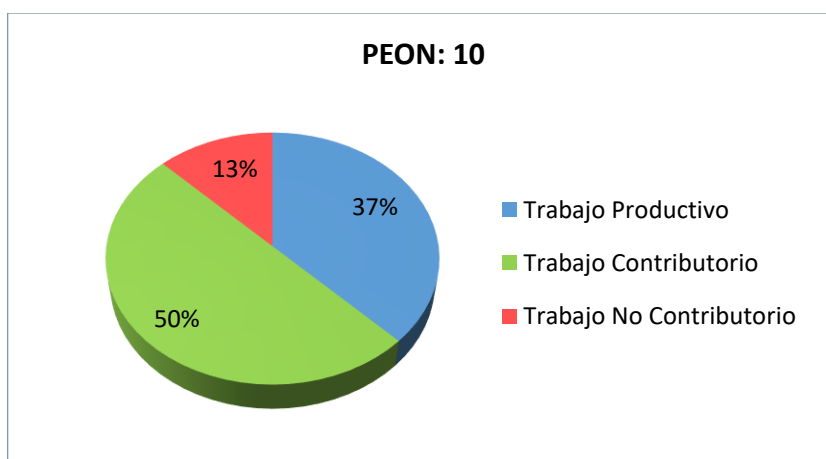


Figura 94 — Peón 10 en partida de concreto en reservorio Crusmocco

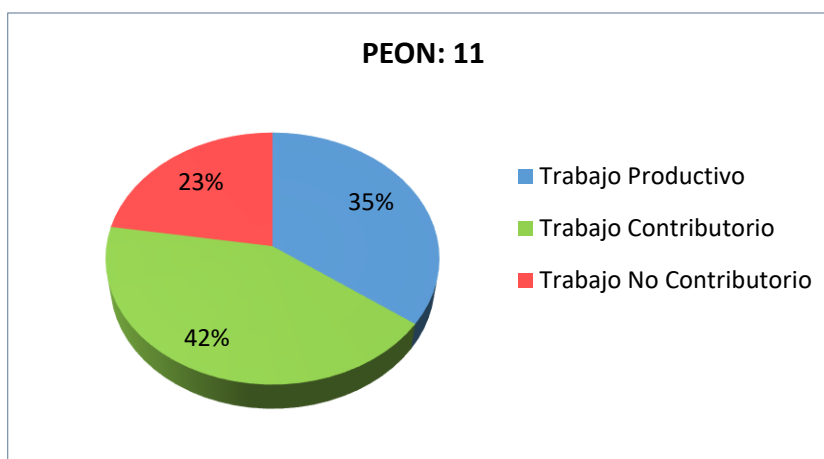


Figura 95 — Peón 11 en partida de concreto, reservorio Crusmocco

Cálculo de rendimiento según mediciones de carta balance y metrados ejecutados en campo en la partida de vaciado de concreto en el reservorio Crusmocco después de la mejora continua y aplicación de cartas balance.

Paso 01.- Cálculo total de mediciones de carta balance:

$$Total\ medicion\ segun\ carta\ Balance = 400.0\ min$$

Paso 02.- Cálculo total de mediciones de carta balance en horas:

$$Total\ medicion\ segun\ carta\ balance\ en\ horas = \frac{400.0\ min}{60.0\ min/h}$$

$$Total\ medicion\ segun\ carta\ balance\ en\ horas = 6.67\ h$$

Paso 03.- Cálculo del tiempo empleado por obrero:

$$Tiempo\ empleado\ por\ Obrero = \frac{Total\ medicion\ segun\ carta\ balance\ en\ horas}{Cuadrilla}$$

$$Tiempo\ empleado\ por\ Obrero = \frac{6.67\ h}{10.00\ obreros}$$

$$Tiempo\ empleado\ por\ Obrero = 0.67h$$

Paso 04.- Longitud de vaciado de concreto según carta balance:

$$Longitud\ de\ vaciado = 2.37\ m$$

Paso 05.- Sección de pantalla de reservorio:

$$Altura\ de\ vaciado = 2.65\ m$$

$$Ancho\ de\ vaciado = 0.25\ m$$

Paso 06.- Cálculo de metrado ejecutado durante la toma de datos:

$$\begin{aligned} \text{Metrado ejecutado} &= \text{Largo} * \text{Alto} * \text{Ancho} \\ \text{Metrado ejecutado} &= 2.37 \text{ m} * 2.65 \text{ m} * 0.25 \text{ m} \\ \text{Metrado ejecutado} &= 1.57 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Paso 07.- Cálculo de tiempo para ejecutar 1.00 m³ de concreto:

$$\begin{aligned} \text{Tiempo en 1.0 m}^3 \text{ de concreto} &= \frac{\text{Total medicion segun carta balance en horas}}{\text{Metrado ejecutado}} \\ \text{Tiempo en 1.00 m}^3 \text{ de concreto} &= \frac{6.67 \text{ h}}{1.57 \text{ m}^3} \\ \text{Tiempo en 1.00 m}^3 \text{ de concreto} &= 4.25 \text{ h/m}^3 \end{aligned}$$

Paso 08.- Cálculo del rendimiento en una jornada laboral:

$$\begin{aligned} \text{Rendimiento en jornada laboral} &= \frac{\text{Cuadrilla} * \text{Jornada laboral}}{\text{Tiempo en 1.00 m}^3 \text{ de concreto h/m}^3} \\ \text{Rendimiento en jornada laboral} &= \frac{10.00 * 8.00 \text{ h}}{4.25 \text{ h/m}^3} \\ \text{Rendimiento en jornada laboral de 10 obreros} &= 18.82 \text{ m}^3/\text{dia} \end{aligned}$$

Tabla 82 — Rendimiento en partida de concreto del reservorio Crusmocco

Medición de tiempo	
Total, de mediciones (min)	400.00
Total, de mediciones (hh)	6.67
Tiempo empleado por obrero (hh)	0.67
Metrados	
Longitud de vaciado (m)	2.37
Altura de vaciado (m)	2.65
Ancho de Vaciado (m)	0.25
Metrado ejecutado (m ³)	1.57
Rendimientos	
Tiempo para 1 m ³ de concreto (hh/m ³)	4.25

Rendimiento en un día de jornada laboral por 14 obreros (m ³ /día)	18.82
--	-------

Cálculo de productividad basado en las mediciones de carta balance, metrados ejecutados en campo y rendimientos teóricos según expediente técnico de obra en la partida de vaciado de concreto en el reservorio Crusmocco después de la implementación de carta balance y mejoras continuas.

Paso 01.- Rendimiento teórico según expediente técnico:

$$\text{Rendimiento teórico según expediente técnico} = 12.00 \text{ m}^3/\text{día}$$

Paso 02.- Cuadrilla teórica:

$$\text{Cuadrilla teorica} = 12.00 (01 \text{ Operario} + 01 \text{ Oficial} + 10 \text{ peones})$$

Paso 03.- Cálculo de horas en jornada laboral:

$$\text{jornada laboral} = \text{Cuadrilla} * 8.00 \text{ horas}$$

$$\text{jornada laboral} = 12.00 * 8.00 \text{ horas}$$

$$\text{jornada laboral} = 96.00 \text{ horas}$$

Paso 04.- Rendimiento real

$$\text{Rendimeitno real} = 18.82 \text{ m}^3/\text{día}$$

Paso 05.- Cálculo de la cantidad real de bienes producidos:

$$\text{Cantidad real de bienes producidos} = \frac{\text{Rendimiento real}}{\text{Horas en jornada laboral}}$$

$$\text{Cantidad real de bienes producidos} = \frac{18.82}{96.00}$$

$$\text{Cantidad real de bienes producidos} = 0.196$$

Paso 06.- Cálculo de recursos reales empleados:

$$\text{Recursos reales empleados} = \frac{\text{Horas en jornada laboral}}{\text{Rendimeinto real}}$$



$$\text{Recursos reales empleados} = \frac{96.00}{18.82}$$

$$\text{Recursos reales empleados} = 5.10$$

Paso 07.- Cálculo de productividad real:

$$\text{Productividad real} = \frac{\text{Cantidad real de bienes producidos}}{\text{recursos reales empleados}}$$

$$\text{Productividad real} = \frac{0.196}{5.10}$$

$$\text{Productividad real} = 0.038$$

Paso 08.- Cálculo de la cantidad teórica de bienes producidos:

$$\text{cantidad teórica de bienes producidos} = \frac{\text{Ren. teórico según Exp. técnico}}{\text{Horas en jornada laboral}}$$

$$\text{cantidad teórica de bienes producidos} = \frac{12.00}{96.00}$$

$$\text{cantidad teórica de bienes producidos} = 0.125$$

Paso 09.- Cálculo de recursos teóricos empleados:

$$\text{recursos teóricos empleados} = \frac{\text{Jornada laboral}}{\text{Rendimiento teorico segun Exp. Tecnico}}$$

$$\text{recursos teóricos empleados} = \frac{96.00}{12.00}$$

$$\text{recursos teóricos empleados} = 8.00$$

Paso 10.- Cálculo de productividad teórica:

$$\text{Productividad teorica} = \frac{\text{Cantidad teórica de bienes producidos}}{\text{Recursos teóricos empleados}}$$

$$\text{Productividad teorica} = \frac{0.125}{8.00}$$

$$\text{Productividad teorica} = 0.015$$



Índice de productividad:

$$\text{Índice de productividad} = \frac{\text{Productividad real}}{\text{Productividad teorica}}$$

$$\text{Índice de productividad} = \frac{0.038}{0.015}$$

$$\text{Índice de productividad} = 2.53$$

Tabla 83 — Rendimiento y productividad en partida de concreto, reservorio Crusmocco

Partida	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Rendimient o exp técnico (m2/día)	Cuadrill a teórica Exp. técnico (cant. Obreros)	Jornada complet a (h)	Rendimient o real (m2/día)	Cantidad real de bienes producido s [4/3]	Recursos reales empleado s [3/4]	Productivida d real [5/6]	Cantidad teórica de bienes producido s [1/3]	Recursos teóricos empleado s [3/1]	Productivida d teórica [8/9]	ÍNDICE DE PRODUCTIVIDA D [7/10]
Vaciado de concreto en el reservorio Crusmocco después del mejoramient o de rendimiento	12.00	12.00	96.00	18.82	0.196	5.10	0.038	0.125	8.00	0.015	2.53

Análisis de la partida de vaciado de concreto (antes y después) de la aplicación de carta balance

Los porcentajes derivados en ambos reservorios a través de la carta de balance mediante la implementación de carta balance se detallan en la Tabla 84. Posteriormente, la Figura 96 donde se ilustra visualmente estas comparaciones.

Tabla 84 — Partida de vaciado de concreto TP, TC y TNC.

Trabajo	Reservorio Ccotoma	Reservorio Crusmocco
TP	16%	27%
TC	52%	59%
TNC	32%	14%
Total	100%	100%

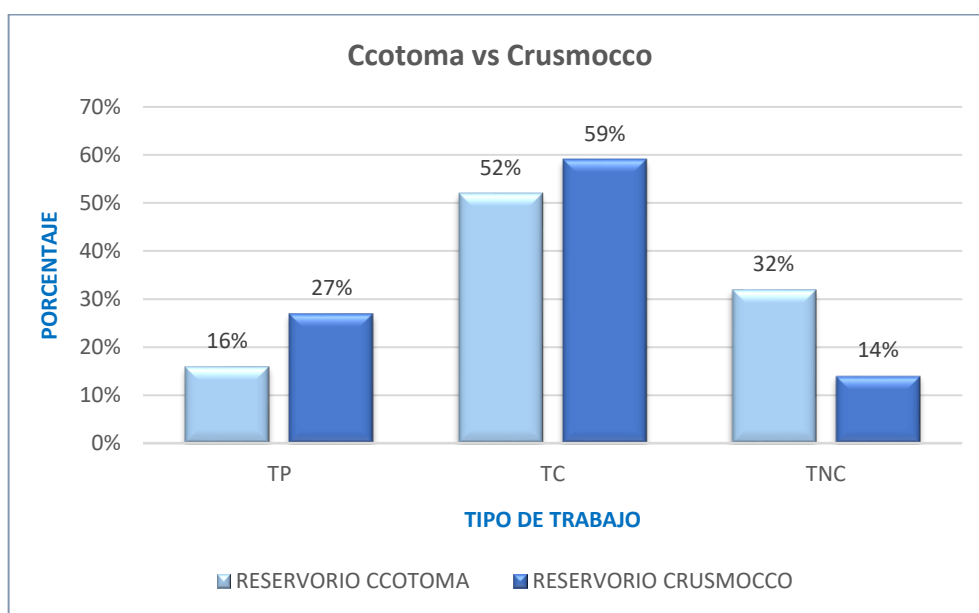


Figura 96 — Cuadro comparativo por tipo de trabajo, partida de vaciado de concreto

Resumen General de los Trabajos Productivos en General

La implementación de cartas balance en el Reservorio Crusmocco ha resultado en mejoras significativas en la eficiencia del trabajo. El aumento en el Trabajo Productivo (TP) y el Trabajo Contributorio (TC) y la reducción del Trabajo No Contributorio (TNC) destacan un manejo más eficiente de los recursos y una optimización de los procesos. Estos cambios indican que Lean Construction, mediante el uso de cartas balance, ha tenido un impacto positivo considerable en la reducción de desperdicios y en la mejora de la productividad



general de las actividades de vaciado de concreto. Estas mejoras son evidencia de una ejecución de proyecto más ajustada y eficaz.

Trabajos Productivos

A partir de las mediciones efectuadas en terreno, se generó la Tabla 85, que presenta los porcentajes de cada actividad involucrada en los trabajos productivos (TP). Esta tabla incluye los resultados de ambos reservorios. Además, los datos se comparan visualmente en el gráfico de la Figura 97

Tabla 85 — Cuadro comparativo de la distribución del tiempo TP partida de concreto

Actividad	Reservorio Ccotoma (antes de la optimización)	Reservorio Crusmocco (después de la optimización)
Colocación de mezcla	72.53%	75.93%
Vibrado de concreto	18.68%	18.52%
Moldear concreto	8.79%	5.56%
Total	100%	100%

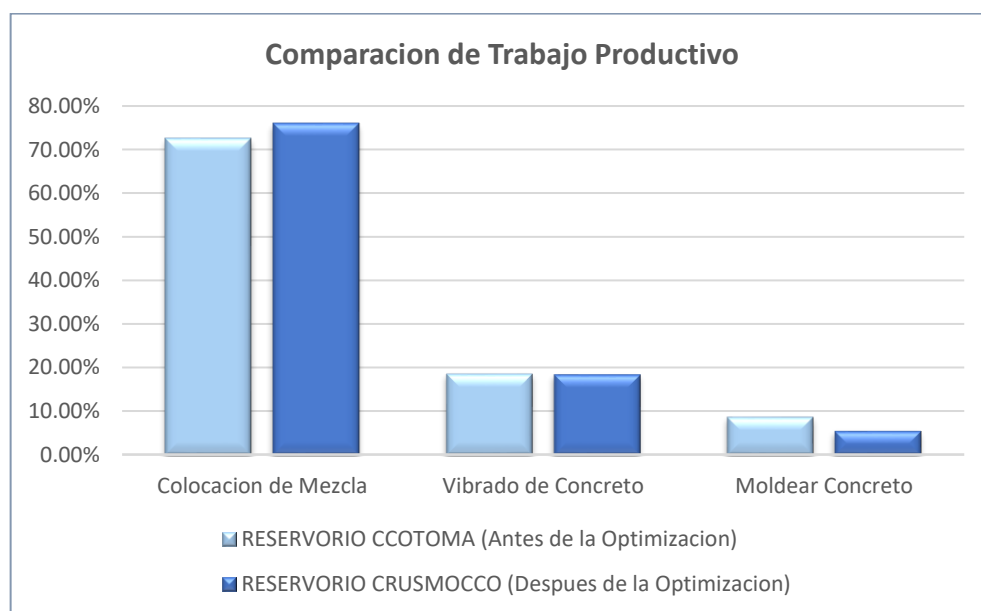


Figura 97 — Cuadro Comparativo en TP partida, vaciado de concreto

La Tabla 85 y la Figura 97 proporcionan una comparativa entre el reservorio Ccotoma y el Reservorio Crusmocco, específicamente para la partida de vaciado de concreto que incluye las actividades de colocación de mezcla, vibrado de concreto y moldeado de concreto.



La implementación de la herramienta cartas balance en el Reservorio Crusmocco ha resultado en mejoras notables en el uso del tiempo durante las partidas de vaciado de concreto. Los aumentos en el tiempo de colocación de la mezcla y las reducciones en las otras dos actividades reflejan un enfoque más estratégico y eficiente. Especialmente notable es la disminución en el tiempo de moldeado, lo que puede indicar una mejora en la calidad del trabajo y en la precisión del proceso.

Trabajos Contributorios

A continuación, en la Tabla 86 se presentan los porcentajes de trabajos contributivos (TC) de ambos reservorios. Luego, la Figura 98 se ilustra gráficamente esta equivalencia.

Tabla 86 — Cuadro comparativo de la distribución del tiempo del TC partida de concreto

Actividad	Reservorio Ccotoma (antes de la optimización)	Reservorio Crusmocco (después de la optimización)
transporte de material/insumos	29.76%	2.55%
Preparación de concreto	12.11%	9.36%
Transportar concreto	7.61%	13.62%
Retornar a recoger concreto	9.00%	16.17%
Recibir/dar instrucciones	9.34%	6.81%
Armado de andamio	0.35%	0.00%
Llenado de agregado en los baldes	27.68%	21.28%
Orden y limpieza	4.15%	1.28%
Alimentar a la mezcladora	0.00%	28.94%
Total	100%	100%

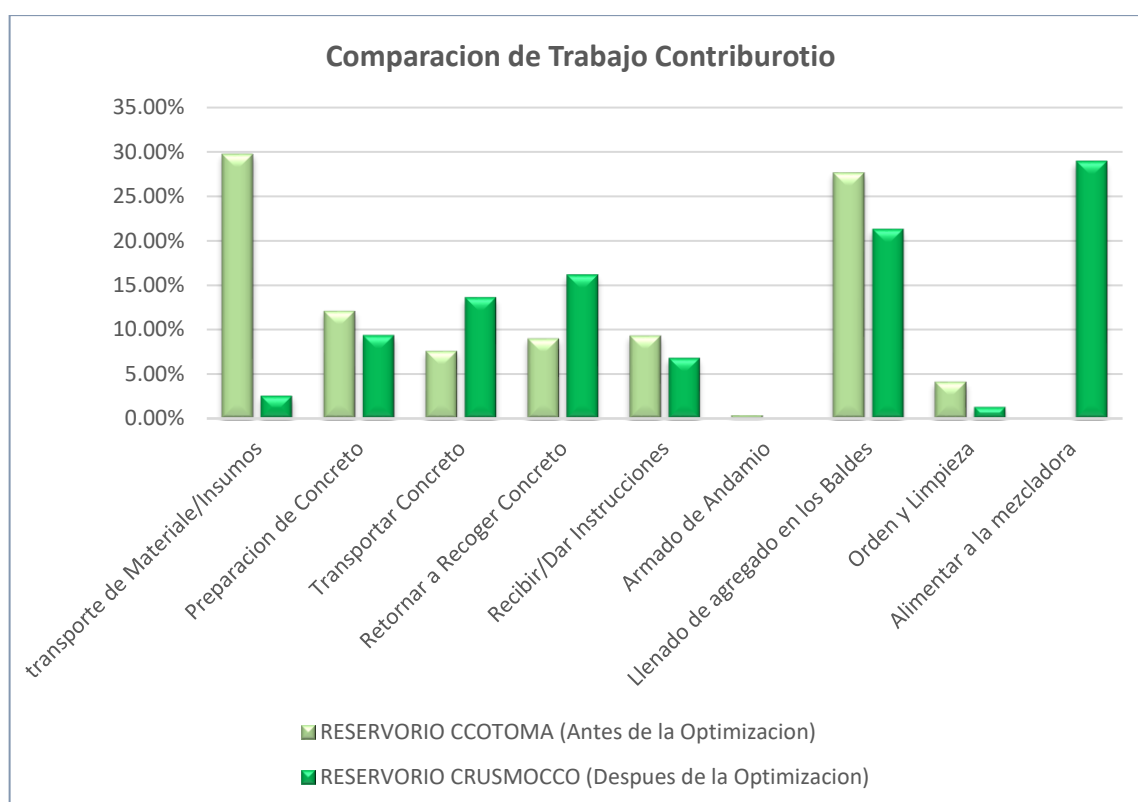


Figura 98 — Cuadro comparativo en TC en la partida de vaciado de concreto

Trabajos No Contributorios

Los porcentajes correspondientes a los trabajos no contributivos (TNC) de cada obra están detallados en la Tabla 87. A continuación, la Figura 99 ilustra gráficamente esta comparación.

Tabla 87 — Cuadro comparativo de la distribución del tiempo del TNC

Actividad	Reservorio Ccotoma (antes de la optimización)	Reservorio Crusmocco (después de la optimización)
Esperas	51.11%	52.63%
Parado esperando concreto	37.22%	29.82%
Utilizar celular	2.22%	0.00%
Conversaciones	1.67%	0.00%
Descanso por agotamiento físico	2.22%	10.53%
SS-HH	1.67%	5.26%
Trabajos rehechos	0.56%	0.00%

Ausencia	0.56%	0.00%
Viajes con manos vacías	2.78%	1.75%

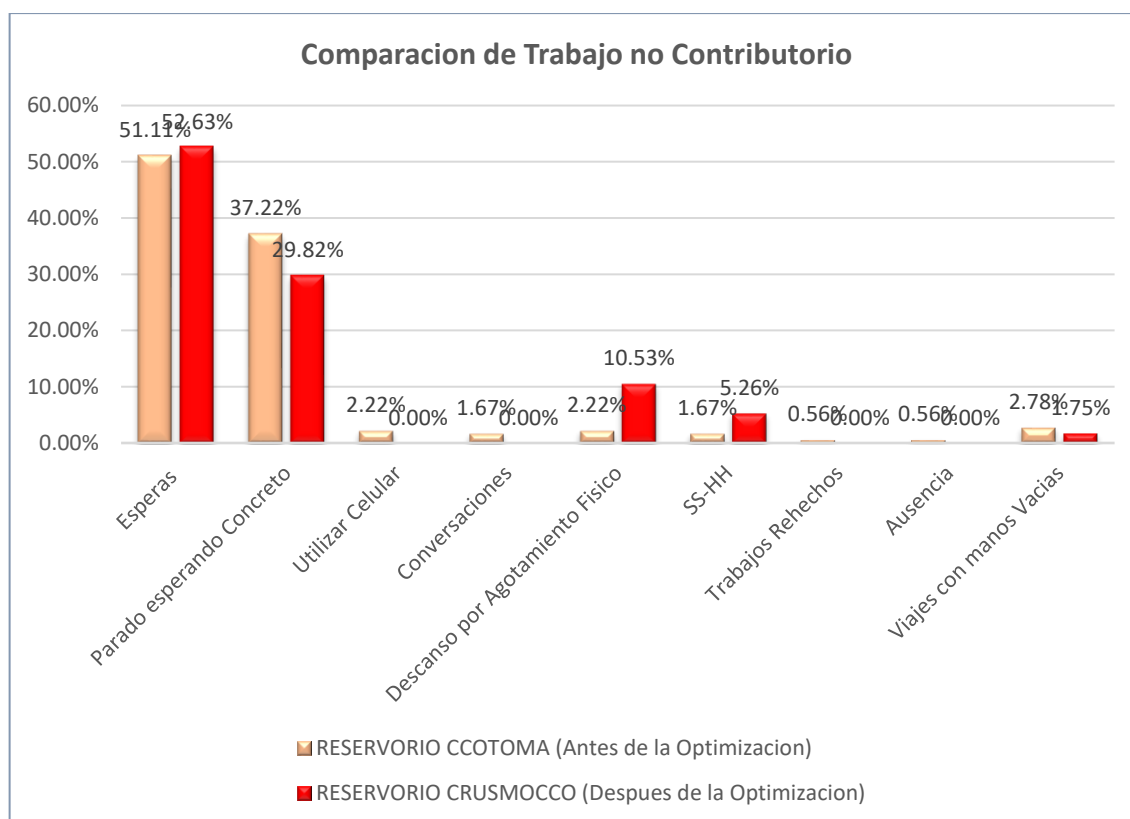


Figura 99 — Comparación de TNC en la partida de vaciado de Concreto

La implementación de cartas balance en el Reservoirio Crusmococo ha llevado a mejoras significativas en la reducción de trabajos no contributivos (TNC) comparado con el Reservoirio Ccotoma. Las prácticas y políticas implementadas han resultado en una reducción trabajos no contributivos (TNC) como el uso de celulares, conversaciones no laborales, y trabajos rehechos. Además, aunque los tiempos de descanso y sanitarios han aumentado, estos cambios podrían estar alineados con una estrategia de mantener una fuerza laboral más saludable y comprometida. En conjunto, estas mejoras sugieren un enfoque más disciplinado y eficiente, alineado con los principios de Lean Construction para maximizar la productividad y minimizar el desperdicio.

5. Análisis de costos unitarios resultante

Análisis de costos unitarios de acuerdo con lo especificado en el expediente técnico

En este caso, el análisis de costos unitarios se basa en los datos proporcionados en el expediente técnico de la obra: “Mejoramiento y ampliación del servicio de agua para

sistema de riego en las localidades de Huayllamotcca, Chichani, Ccotoma, Crusmocco, Paraccay pampa y Cullco distrito de oropesa - Antabamba - Apurímac”.

- Partida 01.01.01.01 encofrado y desencofrado de reservorio, según el expediente técnico.

S10

Página : 1

Análisis de precios unitarios

Presupuesto0801083 PARA PROYECTO DE TESIS DE GRADO "MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DEL SERVICIO DE AGUA PARA SISTEMA DE RIEGO EN LAS LOCALIDADES DE HUAYLLAMOTCCA, CHICHANI, CCOTOMA, PUMAPAY, PARACCAY PAMPA Y CULLCO DISTRITO DE OROPESA - ANTABAMBA - APURIMAC".

Subpresupuesto001 INFRAESTRUCTURA DE RIEGO (RESERVORIO)

Fecha presupuesto20/06/2023

Partida01.01.01.01 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN RESERVORIO SEGUN EL EXPEDIENTE TECNICO.

Rendimiento

m 2/DIA

MO. 12.0000

EQ. 12.0000

Costo unitario directo por : m2

51.41

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.6667	23.80	15.87
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.6667	18.84	12.56
0147010004	PEON	hh	1.0000	0.6667	17.01	11.34
						39.77
Materiales						
0202000008	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	kg		0.2000	4.80	0.96
0202100116	CLAVO PARA MADERA C/C 2"	kg		0.0500	5.00	0.25
0202100117	CLAVO PARA MADERA C/C 3"	kg		0.0700	4.80	0.34
0202100118	CLAVO PARA MADERA C/C 4"	kg		0.0800	5.00	0.40
0230200000	ADITIVO DESMOLDEADOR DE ENCOFRADOS	gln		0.0500	110.00	5.50
0245010008	TRIPLAY FENOLICO DE 18 MM.	pln		0.0250	120.00	3.00
						10.45
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	39.77	1.19
						1.19

Figura 100 — APU encofrado y desencofrado de reservorio, según el expediente técnico

- Partida 01.01.01.02 concreto $f'c = 210$ kg/cm² en reservorio, según el expediente técnico.

S10

Página : 2

Análisis de precios unitarios

Presupuesto0801083 PARA PROYECTO DE TESIS DE GRADO "MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DEL SERVICIO DE AGUA PARA SISTEMA DE RIEGO EN LAS LOCALIDADES DE HUAYLLAMOTCCA, CHICHANI, CCOTOMA, PUMAPAY, PARACCAY PAMPA Y CULLCO DISTRITO DE OROPESA - ANTABAMBA - APURIMAC".

Subpresupuesto001 INFRAESTRUCTURA DE RIEGO (RESERVORIO)

Fecha presupuesto20/06/2023

Partida01.01.01.02 CONCRETO EN RESERVORIO F'C= 210 KG/CM2, SEGUN EL EXPEDIENTE TECNICO.

Rendimiento	m 3/DIA	MO. 12.0000	EQ. 12.0000	Costo unitario directo por : m3	532.57	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.6667	23.80	15.87
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.6667	18.84	12.56
0147010004	PEON	hh	10.0000	6.6667	17.01	113.40
						141.83
Materiales						
0202000008	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	kg		0.2500	4.80	1.20
0205000004	PIEDRA CHANCADA DE 3/4"	m3		0.7000	100.00	70.00
0205010004	ARENA GRUESA	m3		0.5800	100.00	58.00
0221000000	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		9.6000	24.50	235.20
0239050000	AGUA	m3		0.2100	2.00	0.42
						364.82
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	141.83	4.25
0349070004	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	hm	1.0000	0.6667	10.00	6.67
0349100007	MEZCLADORA CONCRETO TAMBOR 18HP 11P3	hm	1.0000	0.6667	22.50	15.00
						25.92

Figura 101 — APU concreto f'c =210 kg/cm2 en reservorio, según el expediente técnico

Análisis de los costos unitarios realizados a partir de la información recabada durante la primera toma de datos, previo a la implementación de mejoras mediante la carta balance para el Reservorio Ccotoma.

En este caso, el análisis de costos unitarios se fundamenta en los datos obtenidos del primer análisis, realizado antes de implementar mejoras en la construcción a través de cartas balance.

- Partida 01.01.01.01 encofrado y desencofrado de reservorio Ccotoma, antes de implementar mejoras en la construcción a través de cartas balance.

S10

Página : 1

Análisis de precios unitarios

Presupuesto 0801084 PROYECTO DE TESIS DE GRADO "MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DEL SERVICIO DE AGUA PARA SISTEMA DE RIEGO EN LAS LOCALIDADES DE HUAYLLAMOTCCA, CHICHANI, CCOTOMA, PUMAPAY, PARACCAY PAMPA Y CULLCO DISTRITO DE OROPESA - ANTABAMBA - APURIMAC".

Subpresupuesto 001 INFRAESTRUCTURA DE RIEGO (RESERVORIOS)

Fecha presupuesto 20/06/2023

Partida 01.01.01.01 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN RESERVORIO CCOTOMA ANTES DE LA IMPL. CARTAS BALANCE.

Rendimiento m 2/DIA MO. 12.2000 EQ. 12.2000 Costo unitario directo por: m2 29.13

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.6557	15.00	9.84
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.6557	12.50	8.20
						18.04
Materiales						
0202000008	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	kg		0.2000	5.00	1.00
0202100116	CLAVO PARA MADERA C/C 2"	kg		0.0500	5.00	0.25
0202100117	CLAVO PARA MADERA C/C 3"	kg		0.0800	5.00	0.40
0202100118	CLAVO PARA MADERA C/C 4"	kg		0.0800	5.00	0.40
0230200000	ADITIVO DESMOLDEADOR DE ENCOFRADOS	gln		0.0500	110.00	5.50
0245010008	TRIPLAY FENOLICO DE 18 MM.	pln		0.0250	120.00	3.00
						10.55
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	18.04	0.54
						0.54

Figura 102 — APU partida de encofrado y desencofrado de reservorio Ccotoma

- Partida 01.01.01.02 Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en reservorio Ccotoma, antes de implementar mejoras en la construcción a través de cartas balance.

S10

Página : 2

Análisis de precios unitarios

Presupuesto0801084 PROYECTO DE TESIS DE GRADO "MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DEL SERVICIO DE AGUA PARA SISTEMA DE RIEGO EN LAS LOCALIDADES DE HUAYLLAMOTCCA, CHICHANI, CCOTOMA, PUMAPAY, PARACCAY PAMPA Y CULLCO DISTRITO DE OROPESA - ANTABAMBA - APURIMAC".

Subpresupuesto001 INFRAESTRUCTURA DE RIEGO (RESERVORIOS)

Fecha presupuesto20/06/2023

Partida01.01.01.02 CONCRETO EN RESERVORIO CCOTOMA F'C= 210 KG/CM2, ANTES DE LA IMPL. CARTAS BALANCE.

Rendimiento

m 3/DIA

MO. 15.2300

EQ. 15.2300

Costo unitario directo por : m3

476.75

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010002	OPERARIO	hh	2.0000	1.0506	15.00	15.76
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.5253	12.50	6.57
0147010004	PEON	hh	11.0000	5.7781	11.25	65.00
						87.33
Materiales						
0205000004	PIEDRA CHANCADA DE 3/4"	m3		0.7000	100.00	70.00
0205010004	ARENA GRUESA	m3		0.5800	100.00	58.00
0221000000	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		9.6000	25.00	240.00
0239050000	AGUA	m3		0.2100	2.00	0.42
						368.42
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	87.33	2.62
0349070004	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	hm	1.0000	0.5253	10.00	5.25
0349100007	MEZCLADORA CONCRETO TAMBOR 18HP 11P3	hm	1.0000	0.5253	25.00	13.13
						21.00

Figura 103 — APU partida de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en reservorio Ccotoma

Análisis de costos unitarios basado en la información obtenida tras la implementación de mejoras mediante la carta balance para el Reservorio Crusmocco.

A continuación, se presenta un análisis detallado del análisis de costos unitarios, el cual se fundamenta en los datos recopilados tras la implementación de mejoras siguiendo el método de la carta balance de Lean Construction. Este análisis permite una comprensión profunda de las variaciones en los costos y eficiencia del proceso constructivo, ofreciendo una visión clara del impacto económico de las mejoras aplicadas.

- Partida 01.01.02.01 encofrado y desencofrado de reservorio Crusmocco, después de haber implementado las mejoras en la construcción a través de cartas balance.

S10

Página : 3

Análisis de precios unitarios

Presupuesto 0801084 PROYECTO DE TESIS DE GRADO "MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DEL SERVICIO DE AGUA PARA SISTEMA DE RIEGO EN LAS LOCALIDADES DE HUAYLLAMOTCCA, CHICHANI, CCOTOMA, PUMAPAY, PARACCAY PAMPA Y CULLCO DISTRITO DE OROPESA - ANTABAMBA - APURIMAC".

Subpresupuesto 001 INFRAESTRUCTURA DE RIEGO (RESERVORIOS)

Fecha presupuesto 20/06/2023

Partida 01.01.02.01 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN RESERVORIO PUMAPAY DESPUES DE LA IMPL. CARTAS BALANCE.

Rendimiento m 2/DIA MO. 19.8000 EQ. 19.8000 Costo unitario directo por : m2 21.99

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.4040	15.00	6.06
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.4040	12.50	5.05
						11.11
Materiales						
0202000008	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	kg		0.2000	5.00	1.00
0202100116	CLAVO PARA MADERA C/C 2"	kg		0.0500	5.00	0.25
0202100117	CLAVO PARA MADERA C/C 3"	kg		0.0800	5.00	0.40
0202100118	CLAVO PARA MADERA C/C 4"	kg		0.0800	5.00	0.40
0230200000	ADITIVO DESMOLDEADOR DE ENCOFRADOS	gln		0.0500	110.00	5.50
0245010008	TRIPLAY FENOLICO DE 18 MM.	pln		0.0250	120.00	3.00
						10.55
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	11.11	0.33
						0.33

Figura 104 — APU partida de encofrado y desencofrado de reservorio Crusmocco

- Partida 01.01.02.02 Concreto $f'c = 210$ kg/cm² en reservorio Crusmocco, después de haber implementado las mejoras en la construcción a través de cartas balance.

S10

Página : 4

Análisis de precios unitarios

Presupuesto	0801084 PROYECTO DE TESIS DE GRADO "MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DEL SERVICIO DE AGUA PARA SISTEMA DE RIEGO EN LAS LOCALIDADES DE HUAYLLAMOTCCA, CHICHANI, CCOTOMA, PUMAPAY, PARACCAY PAMPA Y CULLCO DISTRITO DE OROPESA - ANTABAMBA - APURIMAC".					
Subpresupuesto	001 INFRAESTRUCTURA DE RIEGO (RESERVORIOS)				Fecha presupuesto	20/06/2023
Partida	01.01.02.02 CONCRETO EN RESERVORIO PUMAPAY F'C= 210 KG/CM2, DESPUES DE LA IMPL. CARTAS BALANCE.					
Rendimiento	m 3/DIA	MO. 18.8400	EQ. 18.8400	Costo unitario directo por : m3		436.32
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010002	OPERARIO	hh	2.0000	0.8493	15.00	12.74
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.4246	12.50	5.31
0147010004	PEON	hh	7.0000	2.9724	11.25	33.44
						51.49
Materiales						
0205000004	PIEDRA CHANCADA DE 3/4"	m3		0.7000	100.00	70.00
0205010004	ARENA GRUESA	m3		0.5800	100.00	58.00
0221000000	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		9.6000	25.00	240.00
0239050000	AGUA	m3		0.2100	2.00	0.42
						368.42
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	51.49	1.54
0349070004	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	hm	1.0000	0.4246	10.00	4.25
0349100007	MEZCLADORA CONCRETO TAMBOR 18HP 11P3	hm	1.0000	0.4246	25.00	10.62
						16.41

Figura 105 — APU partida de concreto f'c =210 kg/cm2 en reservorio Crusmocco

Cálculo del costo total de la ejecución de las partidas de encofrado y concreto en el reservorio Ccotoma y Crusmocco antes (según expediente técnico), durante (primera lectura) y después de la implementación de la carta balance (segunda lectura).

S10

Página1

Presupuesto

Presupuesto0801083

PARA PROYECTO DE TESIS DE GRADO "MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DEL SERVICIO DE AGUA PARA SISTEMA DE RIEGO EN LAS LOCALIDADES DE HUAYLLAMOTCCA, CHICHANI, CCOTOMA, PUMAPAY, PARACCAY PAMPA Y CULLCO DISTRITO DE OROPESA - ANTABAMBA - APURIMAC".

Subpresupuesto001

INFRAESTRUCTURA DE RIEGO (RESERVORIO)

ClienteBUENDIA PANCHE PANCHE, JAIME CECILIO

Costo al20/06/2023

LugarAPURIMAC - ANTABAMBA - OROPESA

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	ESTRUCTURAS				143,615.53
01.01	CONCRETO ARMADO				143,615.53
01.01.01	SEGUN EXPEDIENTE TECNICO				143,615.53
01.01.01.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN RESERVORIO SEGUN EL EXPEDIENTE TECNICO.	m2	564.84	51.41	29,038.42
01.01.01.02	CONCRETO EN RESERVORIO F'C= 210 KG/CM2, SEGUN EL EXPEDIENTE TECNICO.	m3	215.14	532.57	114,577.11
	Costo Directo				143,615.53
	SON : CIENTO CUARENTITRES MIL SEISCIENTOS QUINCE Y 53/100 NUEVOS SOLES				

Figura 106 — Costo de las partidas de encofrado y concreto según expediente técnico



S10

Página

1

Presupuesto

Presupuesto0801084PROYECTO DE TESIS DE GRADO "MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DEL SERVICIO DE AGUA PARA SISTEMA DE RIEGO EN LAS LOCALIDADES DE HUAYLLAMOTCCA, CHICHANI, CCOTOMA, PUMAPAY, PARACCAY PAMPA Y CULLCO DISTRITO DE OROPESA - ANTABAMBA - APURÍMAC".

Subpresupuesto001INFRAESTRUCTURA DE RIEGO (RESERVORIOS)

ClienteBUENDIA PANCHE PANCHE, JAIME CECILIOCosto al20/06/2023

LugarAPURIMAC - ANTABAMBA - OROPESA

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	ESTRUCTURA				112,506.13
01.01	CONCRETO ARMADO				112,506.13
01.01.01	RESERVORIO CCOTOMA				58,062.79
01.01.01.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN RESERVORIO CCOTOMA ANTES DE LA IMPL. CARTAS BALANCE.	m2	276.57	29.13	8,056.48
01.01.01.02	CONCRETO EN RESERVORIO CCOTOMA F'C= 210 KG/CM2, ANTES DE LA IMPL. CARTAS BALANCE.	m3	104.89	476.75	50,006.31
01.01.02	RESERVORIO PUMAPAY				54,443.34
01.01.02.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN RESERVORIO PUMAPAY DESPUES DE LA IMPL. CARTAS BALANCE.	m2	288.27	21.99	6,339.06
01.01.02.02	CONCRETO EN RESERVORIO PUMAPAY F'C= 210 KG/CM2, DESPUES DE LA IMPL. CARTAS BALANCE.	m3	110.25	436.32	48,104.28
	Costo Directo				112,506.13
SON : CIENTO DOCE MIL QUINIENTOS SEIS Y 13/100 NUEVOS SOLES					

Figura 107 — Costo total de la ejecución de las partidas de encofrado y concreto actual

Anexo C. Certificado de validación de instrumentos, análisis estadístico y juicio de expertos

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS.

I. DATOS GENERALES

Título del trabajo de investigación: "Mejoramiento del rendimiento y productividad en partidas de encofrado y concreto mediante la implementación de cartas balance en la construcción del reservorio Crusmocco - Oropesa, 2023".

Investigador: Bach. Jaime Cecilio Buendía Panche.

II. DATOS DEL EXPERTO

Nombres y Apellidos: PABLO ALFONSO LOPEZ CHAU NAVA

Especialidad: ECONOMISTA

Cargo e Institución donde labora: RECTOR DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

III. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Complete el cuadro de valoración marcando con una (X) el criterio que mejor refleja su opinión sobre el cuestionario, eligiendo solo una opción por cada criterio.

1. Muy bajo 2. Bajo 3. Medio 4. Alto 5. Muy alto

COMPONENTE	INDICADORES	VALORACION CUANTITATIVA	VALORACION				
			1	2	3	4	5
FORMA	1. Redacción	Está redactado considerando los elementos necesarios.				X	
	2. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado.				X	
	3. Objetividad	Está expresado de manera objetiva y medible.					X
	4. Precisión	Los datos y resultados se presentan con precisión.					X
CONTENIDO	5. Relevancia	Es relevante y adecuado al avance de la ciencia y la tecnología.					X
	6. Suficiencia	Evalúa las dimensiones de las variables en cantidad y calidad.				X	
	7. Coherencia	Los resultados y conclusiones están coherentemente alineados con los objetivos del estudio.					X
	8. Aplicabilidad	Los hallazgos pueden ser aplicados en contextos similares					X
ESTRUCTURA	9. Organización	Existe una lógica de organización y secuencial.				X	
	10. Consistencia	Se basa en fundamentos teóricos y científicos robustos.					X
	11. Metodología	La metodología es adecuada y se ajusta al propósito del estudio.					X
	12. Rigor Científico	Se ha seguido un enfoque riguroso y meticuloso en la investigación.					X

IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

LA TESIS OFRECE UNA VALIOSA CONTRIBUCIÓN AL CAMPO DE LA GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN YA QUE LOS RESULTADOS REFLEJAN UN GRAN POTENCIAL PARA SER UTILIZADOS EN CONTEXTOS SIMILARES POR LO TANTO PROCEDE SU APLICACIÓN.

V. LUEGO DE REVISADO DE INSTRUMENTO.

Procede a su aplicación (X)

Debe Corregirse ()

Abancay, 13 de abril del 2024.


PABLO ALFONSO LÓPEZ CHAU NAVA
Rector
Universidad Nacional de Ingeniería
Sello y firma del Experto
DNI: 25331180

Figura 108 — Validación de instrumentos Dr. Pablo Alfonso López Chau Nava

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS.

I. DATOS GENERALES

Título del trabajo de investigación: “Aplicación de Cartas Balance en Partidas de Encofrado y Concreto para el Mejoramiento en la Construcción del Reservorio Crusmocco en el Distrito de Oropesa - Antabamba, 2023”.

Investigador: Bach. Jaime Cecilio Buendía Panche.

II. DATOS DEL EXPERTO

Nombres y Apellidos: Guido Vázquez Zúñiga

Especialidad: Ingeniero civil, especialista en Gerencia de la Construcción.

Cargo e Institución donde labora: Gerente de Infraestructura Municipalidad provincial de Andahuaylas.

III. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Complete el cuadro de valoración marcando con una (X) el criterio que mejor refleja su opinión sobre el cuestionario, eligiendo solo una opción por cada criterio.

1. Muy bajo 2. Bajo 3. Medio 4. Alto 5. Muy alto

COMPONENTE	INDICADORES	VALORACION CUANTITATIVA	VALORACION				
			1	2	3	4	5
FORMA	1. Redacción	Está redactado considerando los elementos necesarios.				x	
	2. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado.				x	
	3. Objetividad	Está expresado de manera objetiva y medible.					x
	4. Precisión	Los datos y resultados se presentan con precisión.					x
CONTENIDO	5. Relevancia	Es relevante y adecuado al avance de la ciencia y la tecnología.					x
	6. Suficiencia	Evalúa las dimensiones de las variables en cantidad y calidad.				x	
	7. Coherencia	Los resultados y conclusiones están coherentemente alineados con los objetivos del estudio.					x
	8. Aplicabilidad	Los hallazgos pueden ser aplicados en contextos similares					x
ESTRUCTURA	9. Organización	Existe una lógica de organización y secuencial.				x	
	10. Consistencia	Se basa en fundamentos teóricos y científicos robustos.					x
	11. Metodología	La metodología es adecuada y se ajusta al propósito del estudio.					x
	12. Rigor Científico	Se ha seguido un enfoque riguroso y metódico en la investigación.					x



IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

La tesis ofrece una valiosa contribución al campo de la gerencia de la construcción, ya que los resultados reflejan un gran potencial para ser utilizados en contextos similares. Sin embargo, para maximizar su utilidad y relevancia, es recomendable realizar validaciones adicionales, implementar pruebas prácticas y obtener retroalimentación directa de los usuarios. Estas acciones contribuirán a asegurar que los resultados del estudio sean realmente aplicables y beneficiosos en una variedad de situaciones prácticas, ampliando así su impacto y utilidad en el campo.

V. LUEGO DE REVISADO DE INSTRUMENTO.

Procede a su aplicación (x)

Debe Corregirse ()

Abancay, 08 de abril del 2024.


Ing. Guido Vásquez Zúñiga
CIP. 227819
Sello y firma del Experto
DNI:

Figura 109 — Validación de instrumentos Ing. Guido Vásquez Zúñiga CIP. 227819

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS.

I. DATOS GENERALES

Título del trabajo de investigación: "Aplicación de Cartas Balance en Partidas de Encofrado y Concreto para el Mejoramiento en la Construcción del Reservorio Crusmocco en el Distrito de Oropesa - Antabamba, 2023".

Investigador: Bach. Jaime Cecilio Buendia Panche.

II. DATOS DEL EXPERTO

Nombres y Apellidos: Alber Ilaita Pacori

Especialidad: Ingeniero civil, especialista en Gerencia de la Construcción.

Cargo e Institución donde labora: Gerente de Infraestructura GORE PUNO.

III. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Complete el cuadro de valoración marcando con una (X) el criterio que mejor refleja su opinión sobre el cuestionario, eligiendo solo una opción por cada criterio.

1. Muy bajo 2. Bajo 3. Medio 4. Alto 5. Muy alto

COMPONENTE	INDICADORES	VALORACION CUANTITATIVA	VALORACION				
			1	2	3	4	5
FORMA	1. Redacción	Está redactado considerando los elementos necesarios.					x
	2. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado.				x	
	3. Objetividad	Está expresado de manera objetiva y medible.					x
	4. Precisión	Los datos y resultados se presentan con precisión.					x
CONTENIDO	5. Relevancia	Es relevante y adecuado al avance de la ciencia y la tecnología.					x
	6. Suficiencia	Evalúa las dimensiones de las variables en cantidad y calidad.				x	
	7. Coherencia	Los resultados y conclusiones están coherentemente alineados con los objetivos del estudio.					x
	8. Aplicabilidad	Los hallazgos pueden ser aplicados en contextos similares					x
ESTRUCTURA	9. Organización	Existe una lógica de organización y secuencial.				x	
	10. Consistencia	Se basa en fundamentos teóricos y científicos robustos.					x
	11. Metodología	La metodología es adecuada y se ajusta al propósito del estudio.					x
	12. Rigor Científico	Se ha seguido un enfoque riguroso y metódico en la investigación.					x



Alber Ilaita Pacori
INGENIERO CIVIL
CIP 266080

IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

Procede su aplicación del presente trabajo de investigación.

V. LUEGO DE REVISADO DE INSTRUMENTO.

Procede a su aplicación (x)

Debe Corregirse ()

Abancay, 28 de abril del 2024.



Alber Ilaita Pacori
INGENIERO CIVIL
CIP 266080

Sello y firma del Experto
DNI:

Figura 110 — Validación de instrumentos Ing. Alber Ilaita Pacori CIP. 266080

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS.

I. DATOS GENERALES

Título del trabajo de investigación: “Aplicación de Cartas Balance en Partidas de Encofrado y Concreto para el Mejoramiento en la Construcción del Reservorio Crusmocco en el Distrito de Oropesa - Antabamba, 2023”.

Investigador: Bach. Jaime Cecilio Buendia Panche.

II. DATOS DEL EXPERTO

Nombres y Apellidos: Pablo P. Huamachumo González.

Especialidad: Ingeniero civil (CIP 76161) Especialista en Gerencia de Proyectos con MSProject, Primavera Project Planner y Mejoramiento de la Productividad con Lean Construction, Ingeniería de Costos, Valorización y Liquidación de Obras.

Cargo e Institución donde labora: Profesor asociado en la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) Lima Perú (desde el 2001 a la fecha) en pre y pos grado de la FIC-UNI en cursos sobre Gestión en la Construcción. Planeamiento, Programación y Control de Obras, Calidad y Productividad en la Construcción y Construcción III.

III. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Complete el cuadro de valoración marcando con una (X) el criterio que mejor refleja su opinión sobre el cuestionario, eligiendo solo una opción por cada criterio.

1. Muy bajo 2. Bajo 3. Medio 4. Alto 5. Muy alto

COMPONENTE	INDICADORES	VALORACION CUANTITATIVA	VALORACION				
			1	2	3	4	5
FORMA	1. Redacción	Está redactado considerando los elementos necesarios.				x	
	2. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado.					x
	3. Objetividad	Está expresado de manera objetiva y medible.					x
	4. Precisión	Los datos y resultados se presentan con precisión.					x
CONTENIDO	5. Relevancia	Es relevante y adecuado al avance de la ciencia y la tecnología.					x
	6. Suficiencia	Evalúa las dimensiones de las variables en cantidad y calidad.					x
	7. Coherencia	Los resultados y conclusiones están coherentemente alineados con los objetivos del estudio.					x
	8. Aplicabilidad	Los hallazgos pueden ser aplicados en contextos similares				x	
ESTRUCTURA	9. Organización	Existe una lógica de organización y secuencial.				x	
	10. Consistencia	Se basa en fundamentos teóricos y científicos robustos.					x



Pablo P. Huamachumo González
INGENIERO CIVIL
CIP N° 76161

11. Metodología	La metodología es adecuada y se ajusta al propósito del estudio.						x
12. Rigor Científico	Se ha seguido un enfoque riguroso y metódico en la investigación.						x

IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El estudio titulado “Aplicación de Cartas Balance en Partidas de Encofrado y Concreto para el Mejoramiento en la Construcción del Reservorio Crusmocco en el Distrito de Oropesa - Antabamba, 2023” contribuye significativamente a la ingeniería civil al optimizar procesos y reducir tiempos y costos en proyectos de construcción de gran escala. La metodología es adaptable a diversos contextos geográficos y climáticos, mejorando la gestión de recursos y promoviendo prácticas sostenibles y eficientes. Además, este enfoque facilita la capacitación continua de profesionales del sector, fortaleciendo sus competencias y conocimientos prácticos, lo que resulta en mejoras sustanciales en la gestión y ejecución de proyectos de infraestructura

V. LUEGO DE REVISADO DE INSTRUMENTO.

Procede a su aplicación (x)

Debe Corregirse ()

Abancay, 17 de abril del 2024.



 Pablo P. Huamanchumo Gonzalez
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 76161
 Sello y firma del Experto
 DNI:

Figura 111 — Validación de instrumentos Ing. Pablo P. Huamanchumo G. CIP.76161

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

I. DATOS GENERALES

Título del trabajo de investigación: "Aplicación de Cartas Balance en Partidas de Encofrado y Concreto para el Mejoramiento en la Construcción del Reservorio Crusmocco en el Distrito de Oropesa - Antabamba, 2023".

Investigador: Bach. Jaime Cecilio Buendia Panche.

II. DATOS DEL EXPERTO

Nombres y Apellidos: Luz Mabelia Vargas Tapia

Especialidad: Ingeniero civil, especialista en Gerencia de la Construcción.

Cargo e Institución donde labora: Gerente de Infraestructura Municipalidad distrital de Vilcabamba

III. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Complete el cuadro de valoración marcando con una (X) el criterio que mejor refleja su opinión sobre el cuestionario, eligiendo solo una opción por cada criterio.

1. Muy bajo 2. Bajo 3. Medio 4. Alto 5. Muy alto

COMPONENTE	INDICADORES	VALORACION CUANTITATIVA	VALORACION				
			1	2	3	4	5
FORMA	1. Redacción	Está redactado considerando los elementos necesarios.					x
	2. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado.				x	
	3. Objetividad	Está expresado de manera objetiva y medible.				x	
	4. Precisión	Los datos y resultados se presentan con precisión.					x
CONTENIDO	5. Relevancia	Es relevante y adecuado al avance de la ciencia y la tecnología.					x
	6. Suficiencia	Evalúa las dimensiones de las variables en cantidad y calidad.					x
	7. Coherencia	Los resultados y conclusiones están coherentemente alineados con los objetivos del estudio.					x
	8. Aplicabilidad	Los hallazgos pueden ser aplicados en contextos similares					x
ESTRUCTURA	9. Organización	Existe una lógica de organización y secuencial.				x	
	10. Consistencia	Se basa en fundamentos teóricos y científicos robustos.					x
	11. Metodología	La metodología es adecuada y se ajusta al propósito del estudio.				x	
	12. Rigor Científico	Se ha seguido un enfoque riguroso y meticuloso en la investigación.					x

IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

Se recomienda dar a conocer el trabajo realizado por el tesista.

V. LUEGO DE REVISADO DE INSTRUMENTO.

Procede a su aplicación (x)

Debe Corregirse ()

Abancay, 01 de abril del 2024,



Luz M. Vargas Tapia
ING. CIVIL
CIP N° 314475

Sello y firma del Experto
DNI: 70763366

Figura 112 — Validación de instrumentos Ing. Luz. M Vargas Tapia CIP.314475

Validación de instrumentos (Alfa de Cronbach)

Tabla 88 — Validación de instrumento

Encuestados	Ítems												Suma
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
López Chau N	4	4	5	5	5	4	5	5	4	5	5	5	56
Vázquez S	5	4	5	5	5	5	5	5	4	5	4	5	57
Ilaita P	5	4	5	5	5	4	5	5	4	5	5	5	57
Huamanchumo G	4	5	3	5	4	5	3	4	4	4	4	3	48
Vargas T	5	4	4	5	5	5	5	5	4	5	4	5	56
Varianza	0.24	0.16	0.64	0	0.16	0.24	0.64	0.16	0	0.16	0.24	0.64	
Sumatoria de varianzas	3.28												
Varianza de la suma de los ítems	11.76												

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left[1 - \frac{\sum s^2}{ST^2} \right]$$

Donde,

k = El número de ítems

$\sum s^2$ = Sumatoria de varianzas de los ítems.

ST^2 = Varianza de la suma de los ítems.

α = Coeficiente de alfa de Cronbach

α :	Coeficiente de Alfa de Cronbach	0.79
k:	Número de ítems	12
$\sum_{i=1}^k S_i^2$:	Sumatoria de las varianzas de los ítems	3.28
S_T^2 :	Varianza de la suma de los ítems	11.76

$$\alpha = \frac{12}{12-1} \left[1 - \frac{3.28}{11.76} \right]$$

$$\alpha = 0.79$$

Confiabilidad

$\alpha = 0.79$, lo cual se encuentra dentro del rango de confiabilidad "Alta". Este análisis se realizó con una muestra de **5 encuestados**, todos ingenieros civiles especialistas en **gerencia de la construcción** bajo el enfoque de **Lean Construction** (Construcción sin Pérdidas). Este nivel de confiabilidad indica que el **instrumento utilizado** es consistente y adecuado para medir las variables en estudio dentro de este contexto especializado.

Análisis Estadístico

A. Partida encofrado

Antes de implementar	N°	Trabajador	Partida	TP (min)	TC (min)	TNC (min)	Total (min)	Rendimiento (m3/día)
	1	Operario 1	encofrado	12	12	16	40	12.20
	2	Oficial 1	encofrado	4	28	8	40	
	3	Operario 2	encofrado	15	13	12	40	
	4	Oficial 2	encofrado	4	24	12	40	
	5	Operario 3	encofrado	8	22	10	40	
	6	Oficial 3	encofrado	2	23	15	40	

Después de implementar	N°	Trabajador	Partida	TP (min)	TC (min)	TNC (min)	Total (min)	Rendimiento (m3/día)
	1	Operario 1	encofrado	17	15	8	40	19.80
	2	Oficial 1	encofrado	10	24	6	40	
	3	Operario 2	encofrado	18	17	5	40	
	4	Oficial 2	encofrado	11	22	7	40	
	5	Operario 3	encofrado	16	17	7	40	
	6	Oficial 3	encofrado	9	21	10	40	

1. trabajo no contributivo (TNC)

2. Prueba de normalidad y linealidad (TNC)

Ajuste de Datos No Censurados – Trabajo No Contributivos (TNC)

Datos/Variable: (TNC)

12 valores con rango desde 5.0 a 16.0

Distribuciones Ajustadas

<i>Normal</i>
media = 9.66667
desviación estándar = 3.49892

Pruebas de Normalidad para (TNC)

Prueba	Estadístico	Valor-P
--------	-------------	---------



Estadístico W de Shapiro-Wilk	0.938229	0.443374
-------------------------------	----------	----------

El StatAdvisor

Esta ventana muestra los resultados de diversas pruebas realizadas para determinar si Trabajo No Contributivos (TNC) puede modelarse adecuadamente con una distribución normal. La prueba de Shapiro-Wilk está basada en la comparación de los cuantiles de la distribución normal ajustada a los datos.

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0.05, no se puede rechazar la idea de que Trabajos No Contributivos (TNC) proviene de una distribución normal con 95% de confianza.

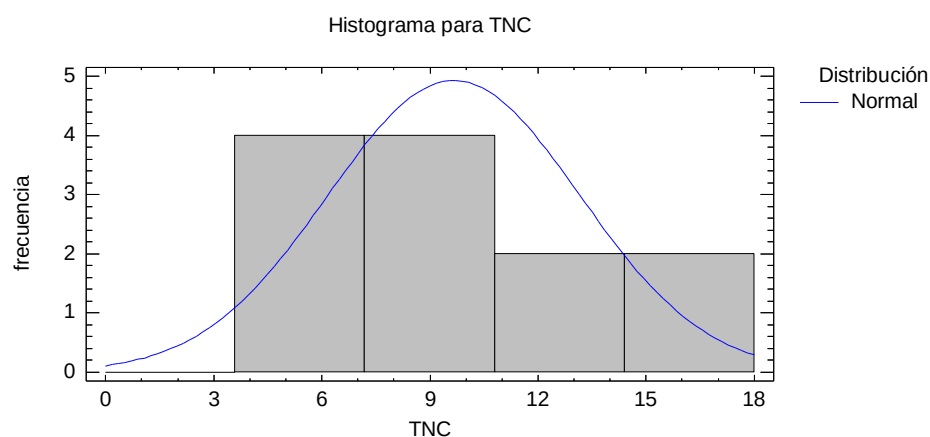


Figura 113 — Histograma de TNC de la partida de encofrado

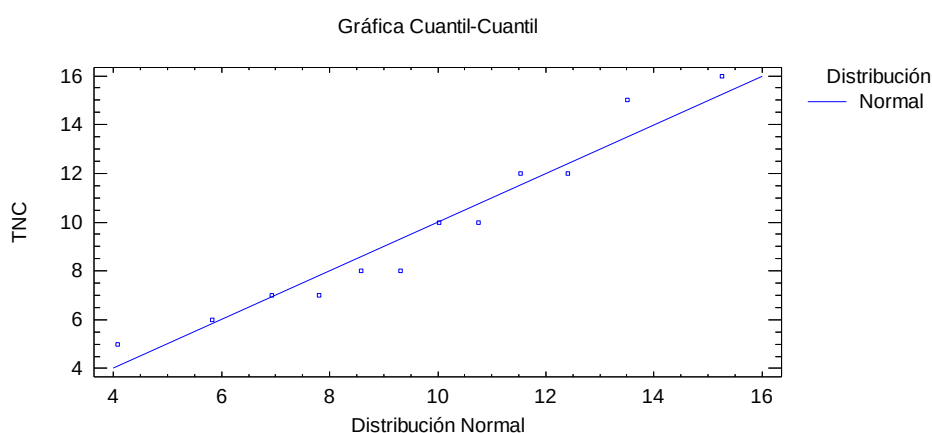


Figura 114 — Distribución Normal de TNC de la partida de encofrado

3. Análisis por varianza (TNC)

ANOVA Simple - Trabajo No Contributorio (TNC) por Partida

Variable dependiente: (TNC)

Factor: Partida Encofrado

Número de observaciones: 12

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para TNC por Partida

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	75.0	1	75.0	12.57	0.0053
Intra grupos	59.6667	10	5.96667		
Total (Corr.)	134.667	11			

El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la varianza de Trabajo No Contributorio (TNC) en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro de grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 12.5698, es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro de grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Trabajo No Contributorio (TNC) entre un nivel de Partida y otro, con un nivel del 95.0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, seleccione Pruebas de Múltiples Rangos, de la lista de Opciones Tabulares.

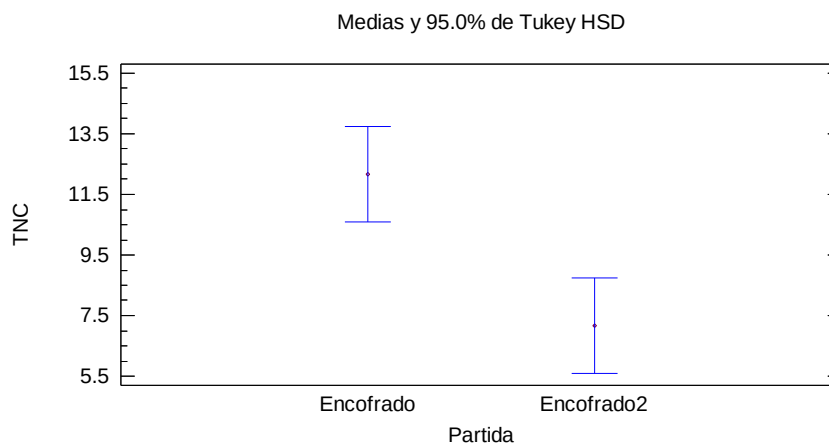


Figura 115 — Comparación de medias y 95% de intervalo de confianza de Tukey HSD

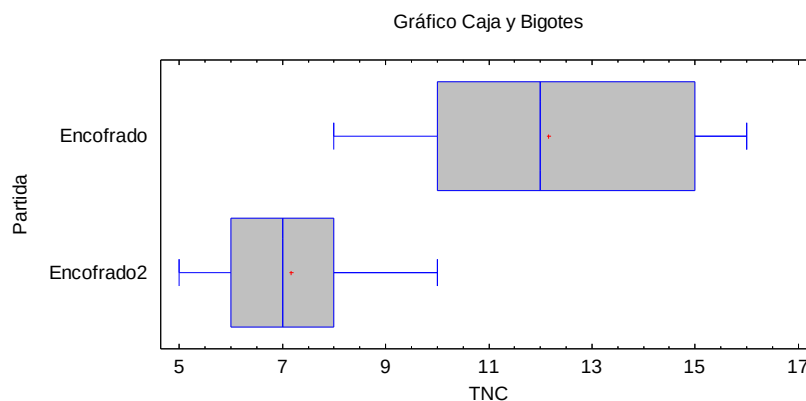


Figura 116 — Gráfico de caja y bigotes para TNC, partida de encofrado

4. Cálculo de la reducción de porcentajes utilizando la Prueba HSD de Tukey

Paso 1: Cálculo de Medias}

Se calcularon las medias de los tiempos "ANTES" y "DESPUÉS" para la partida de encofrado:

$$Media\ ANTES = \frac{16 + 8 + 12 + 12 + 10 + 15}{6} = 12.17\ minutos$$

$$Media\ DESPUES = \frac{8 + 6 + 5 + 7 + 7 + 10}{6} = 7.17\ minutos$$

Paso 2: Diferencia de Medias

La diferencia de medias entre "ANTES" y "DESPUÉS" es:

$$Diferencia\ de\ Media = 12.17 - 7.17 = 5\ minutos$$

Paso 3: Diferencia en Porcentaje

Para calcular la diferencia en porcentaje:

$$\text{Diferencia de Porcentaje} = \left(\frac{5}{12.17} \right) \times 100 = 41.08 \%$$

Se ha realizado un **análisis ANOVA**, concluyendo que el **valor P < 0.05**. Esto indica que la **aplicación de cartas balance** ha resultado en una reducción significativa del **41.08%** en el tiempo dedicado al **Trabajo No Contributivo (TNC)** en la partida de encofrado. Esta reducción es **estadísticamente significativa**, lo que confirma que la efectividad de la implementación de **cartas balance** es alta.

B. Partida vaciado de concreto

Antes de implementar	N°	Trabajador	Partida	TP (min)	TC (min)	TNC (min)	Total (min)	Rendimiento (m3/día)
	1	operario 1	concreto	27	4	9	40	15.23
	2	operario 2	concreto	25	7	8	40	
	3	oficial 1	concreto	0	23	17	40	
	4	peón 1	concreto	0	24	16	40	
	5	peón 2	concreto	0	29	11	40	
	6	peón 3	concreto	0	26	14	40	
	7	peón 4	concreto	0	30	10	40	
	8	peón 5	concreto	0	31	9	40	
	9	peón 6	concreto	0	27	13	40	
	10	peón 7	concreto	0	28	12	40	
	11	peón 8	concreto	12	13	15	40	
	12	peón 9	concreto	8	18	14	40	
	13	peón 10	concreto	9	16	15	40	
	14	peón 11	concreto	10	13	17	40	

Después de implementar		Trabajador	Partida	TP	TC	TNC	Total (min)	Rendimiento (m3/día)
	1	operario 1	concreto	29	6	5	40	18.82
	2	operario 2	concreto	26	6	8	40	
	3	oficial 1	concreto	0	34	6	40	
	4	peón 1	concreto	0	0	0	0	
	5	peón 2	concreto	0	38	2	40	
	6	peón 3	concreto	0	0	0	0	

7	peón 4	concreto	0	35	5	40
8	peón 5	concreto	0	38	2	40
9	peón 6	concreto	0	0	0	0
10	peón 7	concreto	0	0	0	0
11	peón 8	concreto	11	20	9	40
12	peón 9	concreto	13	21	6	40
13	peón 10	concreto	15	20	5	40
14	peón 11	concreto	14	17	9	40

1. Trabajo no contributivo (TNC)

2. Prueba de normalidad y linealidad (TNC)

Ajuste de Datos No Censurados – Trabajo No Contributivo (TNC)

Datos/Variable: (TNC)

28 valores con rango desde 0.0 a 17.0

Distribuciones Ajustadas

<i>Normal</i>
media = 8.46429
desviación estándar = 5.48048

Pruebas de Normalidad para (TNC)

<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0.936456	0.101036

El StatAdvisor

Esta ventana muestra los resultados de diversas pruebas realizadas para determinar si Trabajo No Contributivo (TNC) puede modelarse adecuadamente con una distribución normal. La prueba de Shapiro-Wilk está basada en la comparación de los cuartiles de la distribución normal ajustada a los datos.

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0.05, no se puede rechazar la idea de que Trabajo No Contributivo (TNC) proviene de una distribución normal con 95% de confianza.

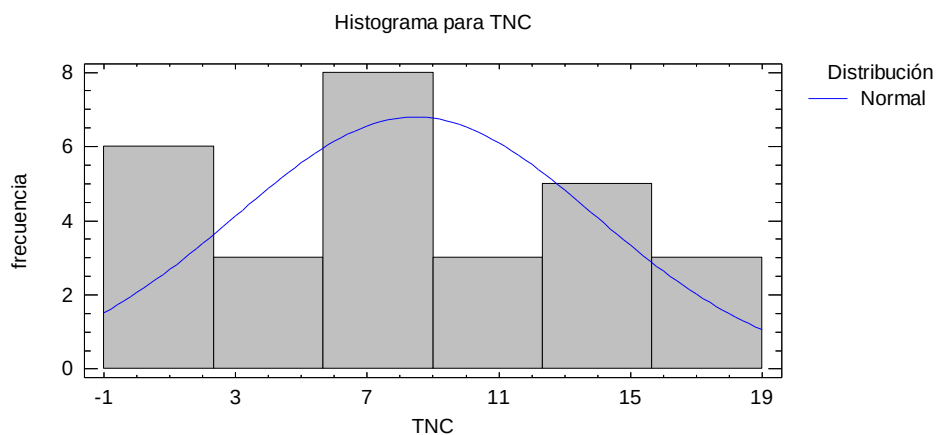


Figura 117 — Histograma de TNC en partida de concreto

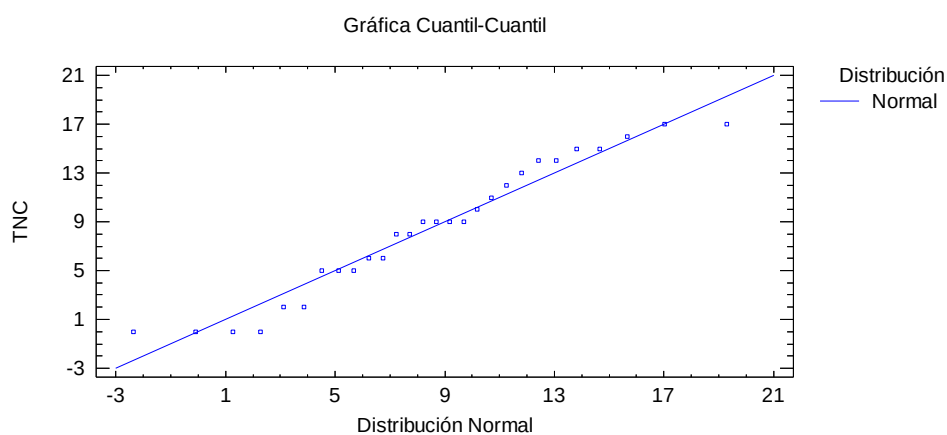


Figura 118 — Distribución normal de TNC en partida de concreto

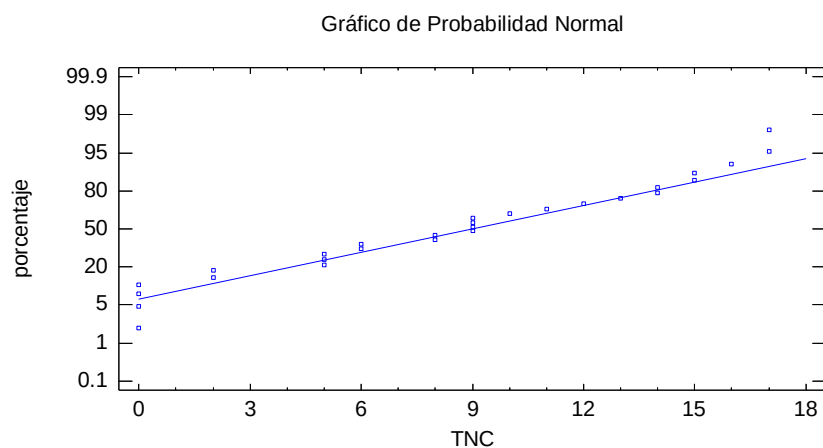


Figura 119 — Probabilidad normal de TNC en partida de concreto

Interpretación: Los datos para Trabajo No Contributivo (TNC) en la partida de vaciado de concreto **son paramétricos**. Por lo tanto, se aplicará Análisis por varianzas ANOVA y **Kruskal-Wallis** para determinar si existen diferencias significativas.

3. Análisis por varianza (TNC)

ANOVA Simple - B. Trabajo No Contributivo (TNC) por B. partida

Variable dependiente: B. (TNC)

Factor: B. Partida Concreto

Número de observaciones: 28

Número de niveles: 2

Tabla ANOVA para B. (TNC) por B. partida

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	540.321	1	540.321	51.91	0.0000
Intra grupos	270.643	26	10.4093		
Total (Corr.)	810.964	27			

El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la varianza de B. Trabajo No Contributivo (TNC) en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro de grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 51.9074, es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro de grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de B. Trabajo No Contributivo (TNC) entre un nivel de B. partida de vaciado de concreto y otro, con un nivel del 95.0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, seleccione Pruebas de Múltiples Rangos, de la lista de Opciones Tabulares.

Pruebas de múltiple rangos para B. (TNC) por B. partida

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>B. PARTIDA</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
-------------------	--------------	--------------	--------------------------

Concreto antes	14	4.07143	a
Concreto después	14	12.8571	b

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Concreto antes – Concreto después	*	8.78571	2.50661

* indica una diferencia significativa.

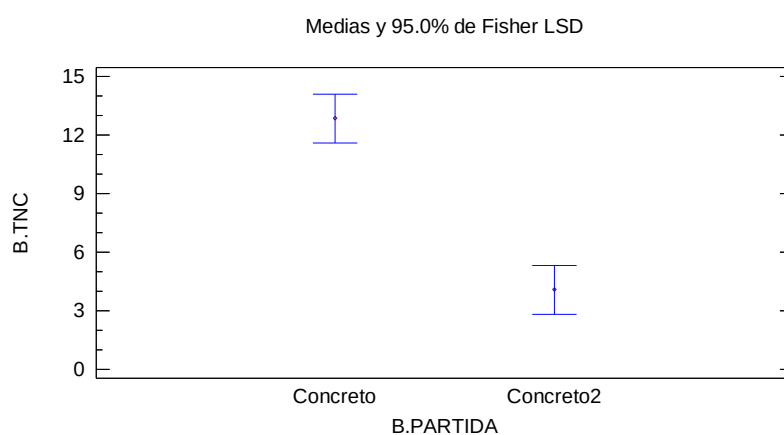


Figura 120 — Comparación de medias y 95% de intervalo de confianza de Tukey HSD

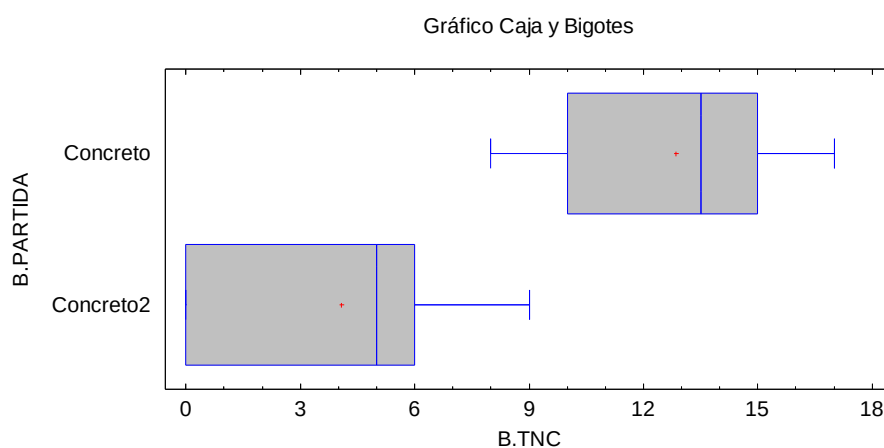


Figura 121 — Gráfico de caja y bigotes para TNC en partida de concreto

4. Cálculo de la reducción de porcentajes utilizando la prueba HSD de Tukey

Paso 1: Cálculo de Medias

Se calcularon las medias de los tiempos "ANTES" y "DESPUÉS" para la partida de concreto:

$$\begin{aligned} & \text{Media ANTES} \\ = & \frac{9 + 8 + 17 + 16 + 11 + 14 + 10 + 9 + 13 + 12 + 15 + 14 + 15 + 17}{14} \\ = & 12.86 \text{ minutos} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Media DESPUES} &= \frac{5 + 8 + 6 + 0 + 2 + 0 + 5 + 2 + 0 + 0 + 9 + 6 + 5 + 9}{14} \\ &= 4.07 \text{ minutos} \end{aligned}$$

Paso 2: Diferencia de Medias

La diferencia de medias entre "ANTES" y "DESPUÉS" es:

$$\text{Diferencia de Media} = 12.86 - 8.79 = \text{minutos}$$

Paso 3: Diferencia en Porcentaje

Para calcular la diferencia en porcentaje:

$$\text{Diferencia de Porcentaje} = \left(\frac{8.79}{12.86} \right) \times 100 = 68.35 \%$$

Se ha realizado un **análisis ANOVA**, concluyendo que el **valor P < 0.05**. Esto indica que la **aplicación de cartas balance** ha resultado en una reducción significativa del **68.35%** en el tiempo dedicado al **Trabajo No Contributorio (TNC)** en la partida de concreto. Esta reducción es **estadísticamente significativa**, lo que confirma que la efectividad de la implementación de **cartas balance** es alta.



Anexo D. Fotografías y Certificados



Figura 122 — Trabajos de encofrados en el reservorio Ccotoma, vista lateral



Figura 123 — Trabajos de encofrados en el reservorio Ccotoma, vista frontal



Figura 124 — Trabajos de vaciado de concreto reservorio Ccotoma



Figura 125 — Trabajos de encofrados reservorio Crusmocco vista lateral



Figura 126 — Trabajos de encofrado reservorio Crusmocco vista lateral



Figura 127 — Trabajos de encofrado reservorio Crusmocco vista superior



Figura 128 — Trabajos de vaciado de concreto reservorio Crusmocco



Figura 129 — Trabajos de encofrado reservorio Crusmocco vista posterior



Figura 130 — Implementación de la metodología lean construction



Figura 131 — Implementación de las mejoras continuas después del primer registro



Figura 132 — Trabajos de encofrado reservorio Crusmocco vista posterior



Figura 133 — Trabajos de encofrado reservorio Crusmocco



MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE OROPESA
ANTABAMBA – APURÍMAC
"Año de La Unidad, la Paz y el Desarrollo"
"Nawpaqman Totorá Oropesa"



CERTIFICADO

Por medio del presente, se certifica que el Bachiller en Ingeniería Civil, **Jaime Cecilio Buendía Panche**, ha realizado satisfactoriamente la aplicación de la tesis titulada *"Mejoramiento del rendimiento y productividad en partidas de encofrado y concreto mediante la implementación de cartas balance en la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa - 2023"*. Esta aplicación se llevó a cabo desde el mes de mayo hasta el mes de agosto de 2023, en el proyecto *"Mejoramiento y Ampliación del servicio de agua para sistema de riego en las Localidades de Huayllamotcca, Chichani, Ccotoma, Crusmocco, Paraccay Pampa y Cullco, distrito de Oropesa – Antabamba – Apurímac"*.

Se otorga el presente certificado a los 2 días del mes de abril del 2023, en reconocimiento a la culminación exitosa de esta aplicación.

Atentamente;





MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE OROPESA
ANTABAMBA – APURÍMAC

Ing. Vidal Lipa Flores
CIP N° 86779
SUPERVISOR DE OTRA

RUC: 20203837632
CEL.: 977214405
CORREO ELECTRÓNICO:
munioropesa2023@gmail.com

PLAZA DE ARMAS TOTORA S/N – OROPESA – ANTABAMBA – APURÍMAC

Figura 134 — Certificado de aplicación de tesis

Anexo E. Declaratoria de originalidad del autor

DECLARACIÓN JURADA

Yo, Jaime Cecilio Buendía Panche, identificado con DNI 76669334, bachiller de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil – Facultad de Ingeniería, de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, con código de estudiante 142368, y con domicilio en Pról. Manuel Seoane 214 – Villa Ampay, distrito de Abancay, provincia de Abancay, departamento de Apurímac.

Declarar bajo juramento:

- Originalidad de la Investigación: La presente investigación de tesis titulada “Influencia de la implementación de cartas balance en el índice de productividad en las partidas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco - Oropesa, 2023” es original y no ha sido plagiada total ni parcialmente de otros autores, tanto peruanos como internacionales.
- Fidelidad en la Recolección de Datos: La recolección y procesamiento de datos en esta investigación se ha realizado de manera fiel y precisa, garantizando la veracidad de los resultados obtenidos.
- Solicitudes de información: Se han realizado solicitudes formales por mesa de partes a diversas instituciones del estado peruano para obtener información y datos pertinentes, los cuales se han visualizado en los anexos, citando la procedencia de estos sin alteraciones ni manipulaciones maliciosas.
- Responsabilidad personal: Asumo plena responsabilidad ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto en los documentos presentados como en la información aportada. Me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.

Abancay, 20 de agosto de 2024



.....
Jaime Cecilio Buendía Panche

DNI 76669334

Figura 135 — Declaratoria de originalidad del autor

Anexo F. Autorización de consentimiento para realizar la investigación



SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN: Solicito permiso para realizar trabajo de investigación con fines académicos para concluir el informe final de mi tesis.

Ingeniero Vidal Lipa Flores (Sub Gerente de Obras y Proyectos)
Supervisor e inspector de obra de Municipalidad Distrital de Oropesa

Yo, **Jaime Cecilio Buendía Panche**, identificado con DNI N° 76669334, con domicilio en Av. Manuel Seoane N° 214 – Abancay - Apurímac, Bachiller en Ingeniería Civil, ante Ud. respetuosamente me presente y expongo:

Que, siendo Bachiller de la carrera profesional de **INGENIERÍA CIVIL** de la Facultad de Ingeniería en la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, solicito a Ud. la autorización de permiso para realizar trabajo de investigación con fines de concluir y cumplir académicamente con el informe final de mi tesis titulado "**Mejoramiento del rendimiento y productividad en partidas de encofrado y concreto mediante la implementación de cartas balance en la construcción del reservorio Crusmocco - Oropesa , 2023**", para optar por el título profesional de Ingeniero Civil.

Posterior a la sustentación y defensa, me comprometo a entregar una copia de mi tesis, con la finalidad de aportar al desarrollo social del distrito de Oropesa.

POR LO EXPUESTO:

Ruego a Ud. Acceder mi petición

Abancay, 15 de marzo de 2023.

Jaime Buendía
Bachiller en Ingeniería Civil

Figura 136 — Autorización de consentimiento para realizar la investigación

