

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**“MEJORA DE PRODUCTIVIDAD EN EJECUCIÓN DE OBRA  
DE MOVIMIENTO DE TIERRAS PARA ACTIVIDADES DE  
CARGUÍO Y ACARREO CON CARTA BALANCE”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL  
PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÍCOLA**

**MARCO ANTONIO DELGADO DEXTRE**

**LIMA – PERÚ**

**2023**

# MEJORA DE PRODUCTIVIDAD EN EJECUCIÓN DE OBRA DE MOVIMIENTO DE TIERRAS PARA ACTIVIDADES DE CARGUÍO Y ACARREO CON CARTA BALANCE

## INFORME DE ORIGINALIDAD

13%

INDICE DE SIMILITUD

12%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	3%
2	<a href="http://repositorio.usmp.edu.pe">repositorio.usmp.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="http://repositorio.urp.edu.pe">repositorio.urp.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	Caron, Franco, Fabrizio Ruggeri, and Alessandro Merli. "A Bayesian Approach to Improve Estimate at Completion in Earned Value Management", Project Management Journal, 2013. Publicación	1%
6	<a href="http://repositorio.utp.edu.pe">repositorio.utp.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="http://tesis.ucsm.edu.pe">tesis.ucsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**“MEJORA DE PRODUCTIVIDAD EN EJECUCIÓN DE OBRA DE  
MOVIMIENTO DE TIERRAS PARA ACTIVIDADES DE CARGUÍO Y  
ACARREO CON CARTA BALANCE”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

**INGENIERO AGRÍCOLA**

Presentado por:

**BACH. MARCO ANTONIO DELGADO DEXTRE**

Sustentado y aprobado por el siguiente jurado:

Dr. FREDY OMIS CÁCERES GUERRERO  
Presidente

Mg. Sc. JOSÉ ANTONIO ORELLANA PARDAVÉ  
Asesor

Mg. Sc. GUSTAVO EDUARDO ANDRÉS RODRIGUEZ SILVA  
Miembro

Mg. Sc. JUVENAL VIVIANO GARCÍA ARMAS  
Miembro

LIMA – PERÚ

2023



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DEL TRABAJO DE  
SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL  
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRÍCOLA  
N° 021-2023/FIA**

Los que suscriben, miembros del Jurado para la Sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional titulado: **“MEJORA DE PRODUCTIVIDAD EN EJECUCIÓN DE OBRA DE MOVIMIENTO DE TIERRAS PARA ACTIVIDADES DE CARGUÍO Y ACARREO CON CARTA BALANCE”**, presentado por su autor:

**MARCO ANTONIO DELGADO DEXTRE**

Bachiller en Ciencias-Ingeniería Agrícola, luego de estudiar su contenido, se han reunido en la fecha, y han procedido a escuchar la exposición del autor, a formular las observaciones, preguntas pertinentes y luego de una evaluación del conjunto, lo declaran:

(\*) ----- APROBADO -----

Con el calificativo de:

(\*\*) ----- MUY BUENA -----

En consecuencia, el autor del Trabajo de Suficiencia Profesional queda apto de recibir el **TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRÍCOLA**, de conformidad con lo estipulado en el artículo 89° del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

La Molina, 03 de noviembre del 2023.

Dr. FREDY OMIS CÁCERES GUERRERO  
Presidente

  
Mg. Sc. JUVENAL VIVIANO GARCÍA ARMAS  
Miembro

Mg. Sc. GUSTAVO EDUARDO ANDRÉS RODRIGUEZ SILVA  
Miembro

Mg. Sc. JOSÉ ANTONIO ORELLANA PARDAVÉ  
Asesor

(\*) Puede ser: APROBADO o DESAPROBADO

(\*\*) Puede ser: BUENO, MUY BUENO ó SOBRESALIENTE

**OBSERVACIONES:** \*\*\*\*\*

## **DEDICATORIA**

*Este trabajo está dedicado a mi familia y a todas las personas que siempre me ha acompañado y apoyado a lo largo de mi camino.*

## **AGRADECIMIENTO**

*A mis padres y mis hermanas, por el apoyo constante a lo largo de mi vida.*

*A mi alma mater por haberme acogido e inculcado sobre mi carrera profesional.*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	vi
ABSTRACT .....	vii
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Problemática.....	3
1.1.1. Identificación del problema .....	3
1.2. Objetivos .....	4
1.2.1. Objetivo general.....	4
1.2.2. Objetivos específicos .....	4
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>5</b>
2.1. Filosofía Lean.....	5
2.2. Sistema de Producción Toyota (Toyota Production System).....	5
2.3. Lean Construction .....	7
2.4. Productividad.....	8
2.4.1. Factores que afectan a la productividad.....	10
2.4.2. Productividad en maquinaria pesadas.....	13
2.4.3. Factores de incidencia en la productividad de la maquinaria .....	14
2.4.4. Mejoramiento de la productividad.....	17
2.4.5. Rendimiento y velocidad .....	17
2.4.6. Planeamiento.....	18
2.4.7. Carta balance .....	18
2.4.8. Las 7 herramientas de la calidad.....	23
2.4.9. Metodología 5 porque.....	24
2.4.10. Distribución de trabajos en un proyecto de construcción.....	24
2.4.11. Pérdidas.....	25
2.4.12. Movimiento de tierras.....	26
2.4.13. Esponjamiento y el factor de esponjamiento .....	28
2.4.14. Equipos utilizados en movimiento de tierras.....	29
2.5. PMBOK.....	31
2.5.1. Gestión del cronograma de un proyecto .....	32
2.5.2. Gestión del costo de un proyecto.....	33
2.5.3. Curva S .....	33

<b>III. DESARROLLO DEL TRABAJO .....</b>	<b>34</b>
3.1. Datos generales del proyecto.....	34
3.1.1. Ubicación geográfica.....	34
3.2. Desarrollo del proyecto .....	34
3.3. Ejecución del proyecto .....	37
3.4. Problemática del proyecto .....	40
3.4.1. Valor ganado.....	42
3.4.2. Informe semanal de producción (ISP) .....	43
3.5. Metodología de la herramienta carta balance.....	48
3.5.1. Carta balance como herramienta del Lean Construction.....	48
3.5.2. Muestreo para la validación de la carta balance .....	49
3.5.3. Evaluación de resultados e identificación para propuestas de mejora.....	50
3.5.4. Propuesta de mejora.....	53
3.5.5. Evaluación de resultados .....	56
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>62</b>
4.1. Resultados .....	62
4.2. Discusiones.....	63
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>64</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>66</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>67</b>
<b>VIII. ANEXOS .....</b>	<b>70</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Factor de condiciones de excavación .....	14
Tabla 2: Factor de ángulo de giro .....	15
Tabla 3: Factor de eficiencia que afecta en el tiempo .....	15
Tabla 4: Factor de operación .....	15
Tabla 5: Factor de material.....	16
Tabla 6: Factor de llenado .....	16
Tabla 7: Factor de humedad .....	16
Tabla 8: Muestra de las propiedades representativas de tierras y rocas .....	28
Tabla 9: Ubicación geográfica.....	34
Tabla 10: Presupuesto del proyecto.....	37
Tabla 11: Gantt del proyecto .....	39
Tabla 12: KPI's Curva S de avance del proyecto de la semana 02 .....	43
Tabla 13: APU de precios unitarios, movimiento de tierras para construcción de acceso a tanques .....	44
Tabla 14: APU de precios unitarios, movimiento de tierras corte adicional (zona poligonal).....	45
Tabla 15: APU de precios unitarios, movimiento de tierras en zona antigua FLS.....	46
Tabla 16: Informe Semanal de Producción (ISP) de la semana 02 del proyecto .....	47
Tabla 17: Muestra mínima para la carta balance .....	50
Tabla 18: Resumen de tiempos registrados en el proyecto para la semana 02.....	50
Tabla 19: Cuadro de cuadras, problemas y soluciones propuestas.....	55
Tabla 20: KPI's Curva S de avance del proyecto de la semana 05 .....	58
Tabla 21: Informe Semanal de Producción (ISP) de la semana 05 del proyecto .....	59
Tabla 22: Optimización productividad volquetes.....	60
Tabla 23: Optimización productividad volquetes.....	60
Tabla 24: KPI's Curva S culminación del proyecto de la semana 08 .....	61

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Crecimiento trimestral del PBI por actividad económica .....	2
Figura 2: Análisis de los factores que afectan la productividad en obras civiles .....	9
Figura 3 Ciclo de mejoramiento - Productividad y rendimientos en procesos constructivos.....	17
Figura 4 Formato de carta balance .....	20
Figura 5 Incidencias de T.C.....	25
Figura 6 Incidencias de T.N.C.....	25
Figura 7 Factores que impactan en la productividad en obras .....	26
Figura 8 Registros de variables que reducen la productividad en obras .....	26
Figura 9 Proceso dentro del movimiento de tierras.....	27
Figura 10 Equipo de carguío .....	30
Figura 11 Equipo de acarreo.....	31
Figura 12 Ubicación del proyecto. ....	35
Figura 13 Proyecto antes de la ejecución. ....	35
Figura 14 Diseño de ingeniería del proyecto, vista de planta.....	36
Figura 15 Diseño de ingeniería del acceso al proyecto, eje del acceso .....	36
Figura 16 Presupuesto del proyecto.....	40
Figura 17 Avance del proyecto Semana 01 .....	41
Figura 18 Avance del proyecto Semana 01 .....	41
Figura 19 Curva S de avance del proyecto de la semana 02 .....	42
Figura 20 Diagrama de tiempos registrados en el proyecto para la semana 02.....	51
Figura 21 Pareto de tiempos no productivos registrados para la semana 02 para el acarreo .....	51
Figura 22 Pareto de tiempos no productivos registrados para la semana 02 para el carguío .....	52
Figura 23 Espina de pescado (causa-raíz) para el proyecto de ejecución .....	54
Figura 24 Gráfico resumen de tiempos registrados en el proyecto para la semana 04.....	56
Figura 25 Gráfico resumen comparativos entre la carta balance de la semana 02 y la semana 04 .....	56
Figura 26 Curva S de avance del proyecto de la semana 05 .....	57

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Registro de carta balance (semana 02) para actividades de movimiento de tierras, para excavadora y volquetes.....	71
Anexo 2: Registro de carta balance (semana 04) para actividades de movimiento de tierras, para excavadora y volquetes.....	74
Anexo 3: Curva S del proyecto culminado (semana 08).....	77
Anexo 4: Proyecto Culminado (vista de planta).....	78
Anexo 5: Fotos del proyecto ejecutado .....	79

## RESUMEN

Dentro de mi experiencia laboral desempeñado como bachiller en ciencias en Ingeniería Agrícola, me he desarrollado en el sector privado ejecutando diversos proyectos de movimiento de tierras, donde participé en las diferentes áreas: administración de maquinaria, maquinarias para obras, maquinaria para movimiento de tierras, proyectos de inversión y topografía. Los conceptos de dichas áreas fueron utilizados para el desarrollo del trabajo de suficiencia profesional redactado en el presente documento. El trabajo presentado tuvo como objetivo general emplear la herramienta carta balance de la filosofía Lean Construction en una empresa contratista, debido a que se tenía bajos índices de productividad en sus ratios de producción dentro de las actividades de carguío y acarreo en línea amarilla, lo cual repercutió en los costos directos del proyecto realizado, por lo cual vimos necesario la reducción de actividades que no generan valor las cuales generaban un sobre costo.

El análisis desarrollado para el trabajo se realizó tomando como base una de las herramientas de la filosofía Lean Construction la cual se basa en disgregar el total de actividades desarrolladas y enfocarlas en solo tres (03) dentro de un periodo de tiempo determinado: tiempos productivos (T.P.), tiempos contributorios (T.C.) y tiempos no contributorios (T.N.C.). Este trabajo tuvo una fase en campo la cual fue la toma de datos para poder identificar el total de tiempos, para luego realizar una serie de análisis en gabinete que, junto con el equipo de trabajo, llevarían a la identificación del problema raíz con el cual se continuó con la implementación de las propuestas de mejora teniendo como resultado final una mejora en la ejecución del proyecto, mejora en el control y la reducción de los sobre costos generados, con lo cual se logró la optimización de la productividad para el proyecto ejecutado.

**Palabras clave:** carta balance, Lean Construction, carguío, acarreo, movimiento de tierras, productividad.

## ABSTRACT

Within my work experience as a Bachelor of Science in Agricultural Engineering, I have developed in the private sector executing various earthmoving projects, where I participated in different areas: machinery administration, construction machinery, earthmoving machinery, investment projects and surveying. The concepts of these areas were used to develop the professional proficiency work written in this document.

The general objective of the work presented was to use the balance sheet tool of the Lean Construction philosophy in a contracting company, because it had low productivity rates in its production ratios within the loading and hauling activities on the yellow line, which had an impact on the direct costs of the project carried out, which is why we saw it necessary to reduce activities that do not generate value which generated an extra cost.

The analysis developed for the work was carried out based on one of the tools of the Lean Construction philosophy which is based on breaking down the total number of activities developed and focusing them on only three (03) within a given period of time: productive times (T.P.), contributory times (T.C.) and non-contributory times (T.N.C.). This work had a phase in the field which was the collection of data to identify the total times, and then carry out a series of analyzes in the office that, together with the work team, would lead to the identification of the root problem with which The implementation of the improvement proposals continued, with the final result being an improvement in the execution of the project, improvement in control and the reduction of cost overruns generated, with which the optimization of productivity for the executed project was achieved.

**Keywords:** balance sheet, Lean Construction, loading, hauling, earthworks, productivity.

## I. INTRODUCCIÓN

Los trabajos en proyectos de movimiento de la tierra se caracterizan porque en ellos existen muchos problemas como la falta de cumplimiento en el tiempo de ejecución, calidad y rentabilidad, las cuales dificultan el control y la ejecución de manera eficiente, es por este motivo que es más común que se requiera buscar nuevos métodos con los cuales se logre un control óptimo en la realización de estos trabajos.

Según el Congreso Nacional de Lean Construction (2017), solo en Perú se logra emplear el 27,2% del tiempo de forma productiva, o sea que genera valor. Por lo cual el propósito del trabajo fue la aplicación de una de las herramientas del Lean Construction llamada Carta Balance perteneciente a la filosofía Lean Construction para la optimización de la producción en las partidas de movimiento de tierras.

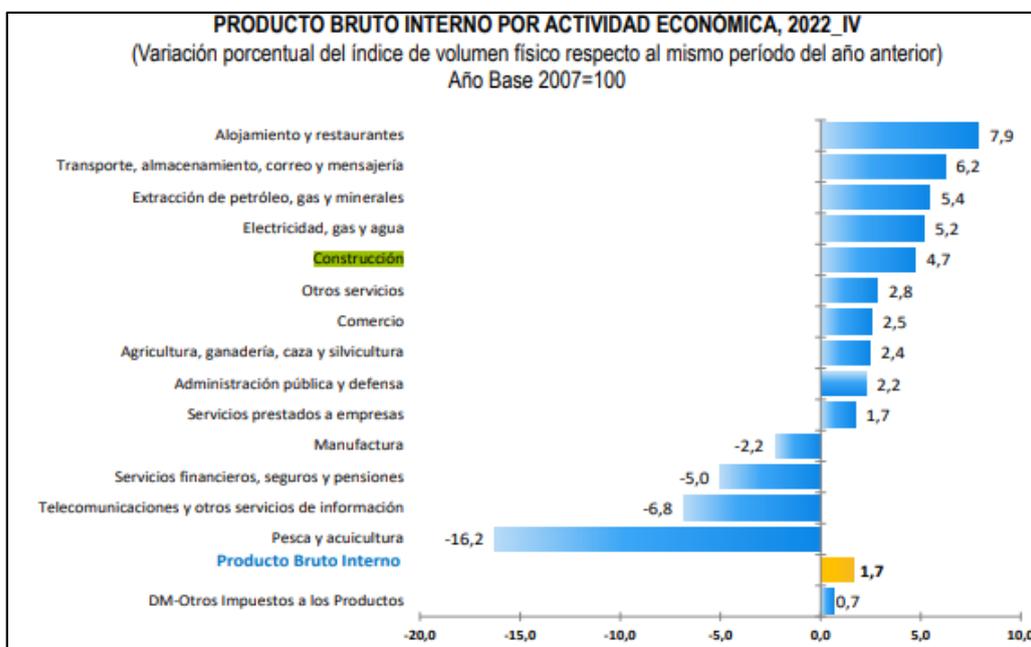
Teniendo como premisa lo anterior debemos entender que para que un proyecto se desarrolle de manera satisfactoria se debe haber cumplido con el cronograma de actividades o sea haberlo entregado a tiempo, mantener los estándares de calidad propuesta y también debe ser rentable. Por lo cual, mundialmente se está trabajando en implementaciones de esta índole dando énfasis a la mejora de la productividad en diversos proyectos.

También es sabido que el carguío y el transporte de desmonte en la ejecución de obras es uno de los principales problemas que existen y es una de las causas por las cuales no se logran completar dentro de los plazos establecidos y con altos sobrecostos (Solano, 2020). Es por esta razón, que es necesario tener más información sobre el nivel de productividad se trabaja y qué razones involucran en los porcentajes de baja productividad durante el movimiento de tierras para tomar acción y generar una conciencia de mejora continua durante el proceso constructivo.

Según McKinsey Global Institute (2017), en el mundo el nivel de productividad en las construcciones es muy bajo, teniendo un crecimiento de la productividad laboral en el sector de la construcción de solo 1% anual a partir del año 2000.

En Perú, la productividad tomando como referencia a Álvarez et al., 2018, la productividad en el sector construcción es muy baja a comparación con la de Estados Unidos, llegando a ser hasta 37% más bajo, generando diversos problemas durante la ejecución de obras de construcción.

Aunque tengamos un bajo nivel de productividad, el sector construcción se desempeñó de una manera correcta llegando a aportar, según datos oficiales del INEI (2022), 4.7% del PBI nacional (Figura 1). Además, debemos entender que la ejecución de obras de construcción son actividades que tienen una fuerte representación dentro del PBI, además de ser una de las actividades que logran generar empleos por lo cual tiene una incidencia significativa dentro del crecimiento del PBI. Dicho de otro modo, si incrementamos la productividad dentro de la ejecución de obras de construcción, estaremos contribuyendo a que el país se desarrolle aún más.



**Figura 1: Crecimiento trimestral del PBI por actividad económica**

FUENTE: INEI (2022)

Debemos tener en cuenta que a la medida que la ejecución de proyectos va avanzando y tiene mayor desarrollo, de igual manera crece el nivel de complejidad, es por esto que se debe ir a la par con las nuevas metodologías que indirectamente lograrán incrementar el nivel de productividad con la que se desarrollan y así se incrementarán las actividades que agregan valor y con esto, progresivamente lograr la eliminación de actividades que no suman al producto final.

## **1.1. Problemática**

### **1.1.1. Identificación del problema**

La ausencia de diversos métodos de control y el poco uso eficiente de los recursos en la ejecución de obras de movimiento de tierra, además de la poca fiabilidad respecto a la productividad dentro de los costos con mayor incidencia, los cuales son en las actividades de carguío y acarreo de desmonte, se originan por la ausencia del control de actividades desarrolladas y logran generar los altos costos en los trabajos de estos proyectos. Este bajo seguimiento origina que los proyectos tengan plazos de ejecución muy extensos, un alto costo operativo y un bajo nivel de productividad para proyectos de esta índole (Ruiz, 2017). El cuadro (Tabla 16) de producción muestra que la productividad en obra era mucho más baja a comparación de lo que se proyectó.

Para lo cual se buscó implementar una de las herramientas Lean con la cual se pueda identificar los tiempos generados en obra para determinadas actividades y así lograr entender el nivel de actividad con la que se trabaja y enfocar en la reducción hasta la eliminación de los desperdicios, que son actividades que no generan valor al producto final.

La carta balance nos da una gran ventaja, la cual es el registro de las diferentes actividades en un intervalo de tiempo dentro de la ejecución de un proyecto con lo cual se logrará identificar qué actividades suman valor, como se organiza una cuadrilla de trabajo y al final lograr mejorar el proceso constructivo trayendo como resultado la optimización de la productividad en la actividad enfocada (Pons, 2014).

La implementación funcionó para la identificación de los tiempos productivos, tiempos contributorios y tiempos no contributorios en la ejecución del proyecto de movimiento de tierras para el carguío y transporte de material, con la finalidad de la identificación, cuantificación y finalmente realizar mejoras para mejorar los tiempos productivos y la disminución de los tiempos no contributorios trayendo como resultado la reducción de costos operativos y acrecentar la productividad.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Adaptar la herramienta Carta Balance para la mejora de la productividad en ejecución de obra de movimiento de tierras para actividades de carguío y acarreo en Lima.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Registrar la Carta de Balance en base a tiempos productivos, contributarios y no contributarios en las actividades de carguío y acarreo en la cuadrilla de maquinaria compuesta por una (01) excavadora y dos (02) volquetes en la ejecución de una obra de movimiento de tierras en lima.
- Establecer las deficiencias más usuales con base a los registros de la carta balance en las actividades de carguío y acarreo del proyecto con maquinaria en la ejecución de una obra de movimiento de tierras en lima.
- Aplicar las propuestas de mejoras a los problemas más frecuentes registrados inicialmente y registrar el impacto de estas propuestas en la ejecución de una obra de movimiento de tierras en lima.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Filosofía Lean**

La filosofía Lean se logra aplicar a las diferentes áreas de la ingeniería y tiene su origen en el requerimiento de disminuir al máximo hasta tal punto en que pueda ser eliminado por completo los desperdicios o actividades que no suman valor dentro de un ciclo productivo (Toyota Production System, 1970), ayudando a lograr mejoras a corto plazo que se plasman en el aumento de la productividad de un proceso, esto crea en la empresa un incremento de la competitividad además de optimizar su margen de ganancias sin el requerimiento de grandes inversiones en novedosos equipos como máquinas de vanguardia, mayor número de trabajadores o implementación de las últimas tecnologías.

La filosofía Lean pretende reducir por completo los siete tipos de actividades improductivas que no aportan valor alguno al ciclo de producción: sobreproducción, esperas, traslados sin motivo, exceso de actividades, sobre inventario, movimientos innecesarios y los errores (Lean, 1973).

Dentro del sector de la construcción peruano se ha ido aplicando paulatinamente el Lean Construction. Se partió del estudio detenido de los proyectos, centrándose en el control y evaluación de la planilla, utilizando la carta balance en construcciones de edificaciones. Existe toda una serie de estudios sobre la carta balance en diferentes tipos de proyectos, en los que se ponen en primer plano criterios como el elevado número de iteraciones de determinadas actividades y la frecuencia de repetición de los implicados en un equipo.

### **2.2. Sistema de Producción Toyota (Toyota Production System)**

Junto con el Lean, se logra crear una de las técnicas más conocidas, utilizadas en sistemas de producción, el “Just InTime”, la que tiene como base la producción del total de elementos necesitados justo en las cantidades necesitadas para un momento en el tiempo preciso de necesidad.

El TPS pudo lograr el diseño de carros necesarios cuando exactamente las personas lo necesitaban, pudo lograr la reducción del total de tiempos de ensamblaje de la maquinaria y también pudo lograr optimizar la calidad, con la cual pudo desarrollar una metodología para un buen sistema de producción. Es con esta base que se evidencian siete tipos de desperdicios como el punto de inicio y fundamental de cualquier tipo sistema de producción, llamado Lean.

- **La Sobreproducción:** En reiteradas oportunidades tenemos la mala praxis de que si producimos en enormes cantidades, esto ayuda a la disminución de los costos directos vinculados a la producción y que tenerlos en el almacén es algo beneficioso. Lamentablemente este es un desperdicio habitual en los sistemas de producción, por lo cual se debe plantear la eliminación ya que se logran utilizar dinero, recursos, mano de obra y equipos los cuales se podrían utilizar para otras actividades que si suman valor.
- **El Sobreproceso:** La realización de un trabajo adicional que no será pagado o no está estipulado dentro de un sistema de producción es un desperdicio el cual se debe eliminar completamente. Este tipo de desperdicios ocurre de manera reiterada en los sistemas de producción y además son muy complicados de observar, debido a que las personas, por lo general, carecen de información de proceso en su totalidad y realiza alguna actividad adicional sin saberlo.
- **Los Trabajos Rehechos:** Los diferentes defectos y el error cometido en los sistemas de producción son desperdicios recurrentes, y es el más significativo porque logran consumir varios recursos, equipos, y planilla en lograr rehacer una actividad.
- **El Transporte:** El transporte reiterado y sin valor de un inventario es un desperdicio porque no suma al sistema de producción. Los diferentes tipos de transporte, por más minúsculo que exista, es una pérdida de dinero, dado que se logra invertir capital, combustible, planilla y equipos, adicional a este el constante transporte de productos hay un aumento en el riesgo de un posible daño.

- **El Inventario:** El sobre inventario que sea más de lo requerido para el proceso de producción, es un típico desperdicio que conlleva un alto sobre costo dentro de cualquier proyecto u obra, además que esto genera pérdida de espacios que podrían utilizarse para otro tipo de producción o actividad.
- **El Movimiento:** Los movimientos demás de los equipos, mano de obra y otros no suma al sistema de producción. Este claro desperdicio es muy habitual en muchos de los procesos existentes. Este tipo de movimiento consta de que la mano de obra, operador o un equipo en especial, que se encuentra incluido en un proceso, se logre mover más de lo planificado, lo cual consume recursos, generan un elevado consumo de combustible y reduce el tiempo que podría invertir en realizar una actividad que suma valor.
- **Las Esperas:** Este tiempo invertido son los stand by ocurrido dentro de un sistema de producción donde no genera valor, que son el esperar por materiales, esperar por información de progreso, esperar equipos, los bottleneck. Esto se origina por actividades no programadas, un ejemplo es una actividad va con mayor rapidez que la actividad predecesora, o cuando alguna maquina no se encuentra a disposición de la operación, por mal cronograma, mal mantenimiento, u otros factores.

### 2.3. Lean Construction

Existen una variedad de métodos para optimizar la productividad que nos permitirían registrar y controlar diferentes variables que la reducen. Por tanto, para aumentar la productividad en la ejecución de proyectos es necesario mejorar el rendimiento de los distintos procesos implicados. Por ello, muchos estudios proponen implementar la carta balance como oportunidad de mejora. Lean Construction es utilizar la filosofía Lean Production ajustada al sector construcción. Esta propuesta se diseñó teniendo en mente la planificación estructurada (Glenn Ballard, 1993). Esta propuesta evolucionó del Last Planner System, en el que Greg Howell analizó y registró las actividades productivas y no productivas en base a tiempos, lo que le permitió identificar interrupciones innecesarias en los flujos de producción, debido a la ausencia de máquinas o equipos.

El “Lean Construction” se crea en 1992 gracias a la investigación de Lauri Koskela y un año después se crea el International Group for Lean Construction (IGLC) (Brioso 2015).

Esta filosofía tiene su origen debido a las deficiencias que se logra tener en los proyectos de construcción. Es por esto que Koskela lo define como una forma de diseño de un sistema de producción con la finalidad de disminuir los desperdicios en materiales, tiempo y en esfuerzo para aumentar al máximo el valor de un producto final (Koskela, 1992).

#### **2.4. Productividad**

Adnan, Bernd, & Karem (2013), definen la productividad como la rama principal y la más importante para el logro de una empresa, tan importante como la competitividad y ser líder dentro del mercado de proyectos de construcción. Además, afirman que los márgenes de los proyectos tienen un relación directamente proporcional a la productividad.

Teniendo lo anterior como premisa, definimos la productividad como la relación entre cantidad producida al final de un proceso de producción y el total de recursos empleados para culminar ese proceso de producción.

Serpell (2002) define la productividad como la medición de la eficiencia en la administración de recursos en una obra, y que mantengan estándares óptimos de calidad y los tiempos de ejecutar pactados al inicio del proyecto, así mismo la productividad se centra directamente en la efectividad como la eficiencia, ya que al hablar de una obra debemos enfocar en el correcto avance como en los inconvenientes de calidad que puedan existir. Así pues, Serpell (1993), en su investigación “Administración de operaciones de construcción” lo define como la ecuación 1

$$Productividad = \frac{Cantidad\ producida}{Recursos\ empleados} \quad (1)$$

Ghio (2001) dictamina que la productividad es la relación entre la producción realizada y los recursos utilizados para realizar la producción mencionada.

Kuong (2014), mencionó que la productividad es la eficiencia con la cual se utiliza los recursos de un sector para transformarlos en un producto final totalmente, dentro de un intervalo de tiempo establecido y con la calidad pactada. Al hacer una optimización en la productividad esta ocasiona que la rentabilidad aumente como una proporción directamente proporcional, por lo que dictamina que, al controlar los recursos, la mano de obra, los equipos y materiales, estás logrando controlar la productividad de un sistema de producción.

Cantú, López y Peirone (2018) mencionaron que la productividad es una relación del producto final realizado y lo consumido para lograr su producción, y esto logra implicar la eficiencia con el que se maneja todos los recursos y una buena administración para llegar a la producción final.

Teniendo todo esto, se puede concluir que hay varios tipos de factor que logran afectar la productividad dentro de los procesos constructivos, por lo cual estos factores se realizan en un tiempo llamado tiempos no productivos o no contributorios donde son tiempos donde se desarrollan acciones que no generan un valor final en el ciclo de producción.

Muchos de estos se pueden apreciar en la Figura 2:



**Figura 2: Análisis de los factores que afectan la productividad en obras civiles**

FUENTE: Cantú *et al.* (2018)

Además, se puede decir que la productividad tiene una relación directa con el producto generado e inversa con el recurso consumido para generar el producto final, con lo que se

busca como lograr el máximo producto con la menor cantidad de recursos, con lo cual debemos entender dos posibles escenarios: lograr una máxima producción con el mismo número de recursos posibles presupuestados o lograr la producción presupuestada con el gasto mínimo de recursos posibles.

Finalmente podemos definir que la productividad es un KPI (Key Performance Indicator) necesario de controlar puesto que podemos lograr la evaluación del desempeño del total de procesos de producción que incluyen los diversos recursos de un proyecto como el equipo a utilizar, la planilla y los diferentes materiales; los que son imprescindibles para satisfacer la producción deseada y necesitan gestionarse de tal manera que sea inteligente para mantener las bases de calidad sin dejar de lado los lineamientos de seguridad mínimos. Hablar de productividad, incluye también diferentes conceptos necesarios:

- **Eficiencia:** Es aumentar al máximo un producto final con la menor cantidad de recursos posibles, que podrían ser con menos mano de obra, menos materiales o a menos tiempos posible. Entonces podemos definir como la forma más adecuada que debemos usar los diferentes recursos con la finalidad de terminar y generar la producción solicitada dentro de un horizonte de tiempo acordado (Castillo & Flores, 2016).
  
- **Efectividad:** Es la cuantificación de una producción en un horizonte de tiempo sentado, considerando estándares de calidad (Arboleda, 2014).
  
- **Productividad Parcial:** Es un ratio entre la cuantificación de la producción y un tipo de recurso a utilizar. Como se sabe que en la ejecución de una obra se cuenta con diversos recurso, estos se pueden simplificar en tres grupos, como (Arboleda, 2014):
  - Productividad Mano de Obra
  - Productividad Materiales
  - Productividad Maquinaria

#### **2.4.1. Factores que afectan a la productividad**

La existencia de diversos factores dentro de un ciclo de producción hace que siempre hayan tanto influencias positivas como negativas dentro de la productividad, esto porque cada

ejecución de obra cuenta con diferentes condiciones, los cuales los hacen también diferentes los unos de los otros, por lo que Luis Botero (2012) menciona que estos diferentes factores influyen en los ratios de rendimiento y la mano de obra, estos se juntan en siete subcategorías dado que influyen y tienen incidencia directa a los operadores de equipo y manos de obra del proceso productivo, las cuales solo veremos la siguientes:

- **Economía general:** Este factor tiende a referenciar como está la situación económica del momento del país en general o de la actualidad, esto influye en el desempeño y rendimiento dado que, a mayor estabilidad económica, mayor cantidad de proyectos de construcción existirá, pero con un déficit de manos de obra preparada, por lo que se empieza a contratar trabajadores con menor experiencia y esto trae una repercusión en el bajo rendimiento por lo que es muy importante considerar lo siguiente:
  - El alcance del proyecto de construcción.
  - El panorama del empleo.

En el hipotético caso que una economía nacional este en el auge, se puede pensar erróneamente que todo se encuentra por buen camino, sin embargo, puede ocurrir que la productividad decaiga, esto debido a será muy tedioso encontrar trabajadores de calidad, por lo que las empresas tienden a buscar personal con menor experiencia, entonces la economía de un país es inversa a la productividad, por eso este factor tiene influencia en:

- Disposición de mano de obra
  - Disposición de supervisión
  - Disposición de materiales
- **Aspectos laborales:** Cuando un trabajador siente mayor placer por el trabajo asignado como puede ser por la remuneración, seguros, la capacitación constante, entre muchos, logran motivar al trabajador para la realización de una mejor jornada laboral dado que influye enormemente en el ambiente laboral lo cual mejora su productividad y rendimiento.

- **Clima:** El clima logra favorecer en diversos aspectos, así como puede lograr perjudicar las labores de un proceso de producción:
  - Lluvia: En lluvias, el terreno dentro de la ejecución de un proyecto dificulta el desarrollo constante.
  - Temperatura: La elevada temperatura dificulta enormemente la realización óptima de los trabajos.
  
- **Alance de la Actividad:** se debe tener en cuenta:
  - Alcance del trabajo designado
  - El sitio, sus condiciones
  - Cronograma de materiales
  - Puntos importantes de la operación
  
- **Equipamiento:** Disposición de acuerdo con el cronograma de obra de los diversos equipos y materiales:
  - Disponibilidad: Ayuda a no tener retrasos con el arranque del proyecto o etapa.
  - Condición: Condiciones de entrega de un equipo en obra.
  - Mantenimiento y reparación: Planes de mantenimiento preventivo y correctivo de un equipo para evitar cuellos de botella.
  
- **Supervisión:** Un buen liderazgo, con información clara, precisa y fundamentada, siempre van a facilitar el desarrollo de las tareas, por lo que se debe considerar para una buena supervisión:
  - Experiencia
  - Disponibilidad
  - Sueldo
  
- **Trabajador:** La mano de obra, capacitado en las funciones requerida, con buena experiencia, con una buena salud tanto física como mental y emocional, teniendo intervalos de descanso óptimos, tendrá buena actitud y se desempeñará en sus labores con mayor rendimiento y productividad, por lo que consideraremos:
  - Experiencia

- Disponibilidad
- Contratación
- Salarios.
- Estado de ánimo.
- Condición física.

Se debe ser detalloso con este factor dado que el trabajador es una de las piezas clave para la realización del trabajo físico de una obra.

- **Situación personal:** Lo tranquilo que puede estar la mano de obra influyen enormemente en las labores diarias:
  - Cansancio: El trabajo en intervalos continuos, así como la exigencia que implica conllevar a generar fatiga, por lo que se debe tener un correcto plan para incentivar y asegurar el descanso de estos, así como la reducción del trajín constante.
  - Salud: Una buena política de salud para los trabajadores.
  - Habilidad: Es de suma importancia evaluar el nivel en que se encuentra la capacitación de los trabajadores, como también tener una política de mejorar las capacidades de estos dado que darán un mayor valor agregado a los trabajos a realizar en la ejecución de un proyecto.

Al final se puede resumir en tres subcategorías:

- Ambiente: economía general, clima.
- La obra: actividad, equipamiento, supervisión y laborales.
- Mano de obra: trabajador.

#### **2.4.2. Productividad en maquinaria pesadas**

La productividad en los equipos pesados representa en cualquier proyecto de movimiento de tierras un porcentaje bastante elevado en costos operativos, es por esto que es bastante importante su optimización para lograr un correcto uso de estos equipos y generar una disminución de los tiempos que no suman valor alguno al producto final las cuales pueden estar en stand by o realizando trabajos que no suman valor final, llamados desperdicios.

(Padilla, 2016). La productividad dentro de los equipos puede hallarse de tres formas distintas:

- Real: La que se desarrolla realmente en un proyecto y se halla de acuerdo con el registro y observación de la operación.
- Teórico – Práctico: se realiza en función a la teoría, fórmulas de diferentes investigadores y al observar a los equipos trabajando.
- Teórico: Datos del fabricante.

Para el trabajo de suficiencia se utilizó la productividad real y la teórico-práctico.

### 2.4.3. Factores de incidencia en la productividad de la maquinaria

- **Las condiciones de excavación:** son las alturas las cuales una excavadora de oruga o sobre neumáticos se ve con la necesidad de trabajar de acuerdo con el alcance del proyecto a ejecutar (Arroyo, Alvarado y Alarcón, 2018). Se puede revisar los valores teóricos en base a diversas investigaciones respecto a las condiciones de excavación (Tabla 1).

**Tabla 1: Factor de condiciones de excavación**

Profundidad de excavación	Condiciones de excavación (s)			
	FACIL	MEDIO	REGULAR	DIFICIL
0 - 2 m	6	9	15	26
2 - 4 m	7	11	17	28
> 4 m	8	13	19	30

FUENTE: Capote y Alvear (1997)

- **El ángulo de giro:** Es el tiempo que le toma a un cucharón de excavadora iniciando al cargar el material hasta que logra descargar el material dentro de la tolva de un volquete. Esto es afectado por la experiencia del operador, el conocimiento que tiene sobre la operación y la forma en como se viene desarrollando el proyecto. Se observa los valores (Tabla 2) para los diferentes ángulos de giro posibles dentro de la excavadora en una operación.

**Tabla 2: Factor de ángulo de giro**

H/L Carrera (en %) de la óptima	Giro (en grados)						
	45	60	75	90	120	150	180
40	0.93	0.89	0.85	0.80	0.72	0.65	0.59
60	1.10	1.03	0.96	0.91	0.81	0.73	0.66
80	1.22	1.12	1.04	0.98	0.86	0.77	0.69
100	1.26	1.16	1.07	1.00	0.88	0.79	0.71
120	1.20	1.11	1.03	0.97	0.86	0.77	0.70
140	1.12	1.04	0.97	0.91	0.81	0.73	0.66
160	1.03	0.96	0.90	0.86	0.75	0.67	0.62

FUENTE: Tiktin (1997)

- **El factor de eficiencia horaria:** representa cuantos minutos efectivos trabajan en un intervalo de una hora. Este factor se relaciona bastante con el terreno, la forma y las características, así como también el conocimiento del operador de maquinaria. Se puede revisar los valores (Tabla 3).

**Tabla 3: Factor de eficiencia que afecta en el tiempo**

Tiempo Real Trabajado en una hora	Factor Eficiencia Horaria	Condiciones
60 min	60/60 - 100%	Ideales
50 min	50/60 - 83%	Optimas
40 min	40/60 - 67%	Medias
30 min	30/60 - 50%4	Pobres

FUENTE: Tiktin (1997)

- **El factor de la operación:** Es un factor netamente respecto al conocimiento del trabajador, tomando en cuenta que tipo de capacitaciones ha tenido. El ambiente social y mental tiene bastante incidencia en este factor. Podemos ver los valores teóricos que se manejan en las investigaciones (Tabla 4).

**Tabla 4: Factor de operación**

Capacidad del operador	Experiencia Factor (o)
Experto	1
Normal	0.8
Principiante	0.5

FUENTE: Capote y Alvear (1997)

- **El factor de material:** Este factor representa como está el terreno en el proyecto, puede que este duro, sea roca, sea suelto, etc. Podemos ver los valores teóricos que se manejan en las investigaciones (Tabla 5).

**Tabla 5: Factor de material**

Material	Factor (m)
Suelo y amontonado, tierra no compactada, arena, grava, suelo suave	1
Tierra compactada, arcilla seca, suelo con menos de 25% de roca	0.9
Suelos duros con contenido de roca hasta con 75% de roca	0.8
Roca escarificada o dinamitada, suelos hasta el 75% de roca	0.7
Roca, areniscas y caliche	0.6

FUENTE: Capote y Alvear (1997)

- **El factor de llenado:** Es el factor que nos muestra si son materiales volados, compactados amontonados en rumas, entre otros. Podemos ver los valores teóricos que se manejan en las investigaciones (Tabla 6).

**Tabla 6: Factor de llenado**

Tipo	K (s)	Descripción
Fáciles	1.0 - 0.8	Materiales apilados
Media	0.8 - 0.6	Amontonada con dificultad
Regular	0.6 - 0.5	Machaqueo, arcillas duras
Difícil	0.5 - 0.4	Rocas y materiales volados

FUENTE: Capote y Portillo (1997)

- **El factor de humedad:** Como su nombre lo dice, es el factor que nos da un indicio de con qué humedad se encuentra el terreno del proyecto. Podemos ver los valores teóricos que se manejan en las investigaciones (Tabla 7).

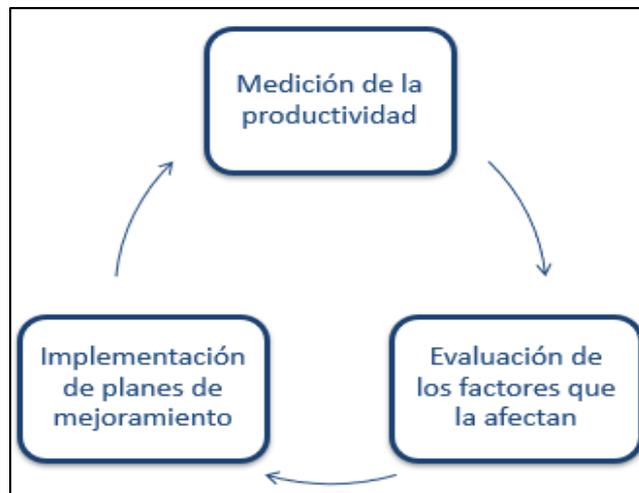
**Tabla 7: Factor de humedad**

Humedad	Factor (w)
50%	1.03
60%	1.00
100%	0.98

FUENTE: Tiktin (1997)

#### 2.4.4. Mejoramiento de la productividad

Botero & Álvarez (2004) plantean un diseño para mejorar la productividad (Figura 3):



**Figura 3: Ciclo de mejoramiento - Productividad y rendimientos en procesos constructivos**

FUENTE: Botero y Álvarez (2004)

Como se propone en el ciclo de Botero & Álvarez (2004), para la mejora de la productividad se debe empezar con el registro de datos, así poder calcular a qué productividad se está trabajando, luego evaluar y ver el análisis de diversos factores que puede afectarlo, para que finalmente se implemente la mejora continua, creando diversas estrategias como medidas para aumentar la productividad.

#### 2.4.5. Rendimiento y velocidad

Buleje (2012) recalca respecto a dos terminologías que son confundidas por su similitud:

Velocidad: es la cantidad de producción que se logra realizar en una unidad de tiempo (Buleje, 2012), un ejemplo sería una excavadora que excave 50 metros lineales en una jornada de un día (10 horas) entonces tiene una velocidad de 50ml/día.

Ghío (2001) lo describe como se puede ver en la fórmula 2

$$Velocidad = \frac{Producción}{Unidad\ de\ tiempo} \quad (2)$$

Rendimiento: Es la cantidad de recursos que se logran utilizar para realizar de una unidad de producción (Buleje, 2012), un ejemplo sería de una cuadrilla de eléctricos avanzan 100ml en 20hh, lo cual es un rendimiento de 0.20hh/ml.

Ghío (2001) lo describe como se puede ver en la fórmula 3

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Unidad de tiempo}}{\text{Producción}} \quad (3)$$

#### **2.4.6. Planeamiento**

El planeamiento es una parte fundamental en los proyectos de construcción, lo cual hace que sea una etapa retadora, por esa razón cuando se obtiene la buena pro de una licitación se deberá poner bastante énfasis etapa de planificación para poder analizar los costos asociados. Ya que con ello se define debidamente las metas, objetivos, los equipos, recursos, etc. Y de no realizarlo se corre el riesgo de tener grandes pérdidas (Valerio, 2001).

El DIAGRAMA DE GANTT es actualmente la herramienta más usada para la programación, aunque conforme el proyecto avanza se necesita mayor eficiencia, por lo que estos diagramas han ido siendo desplazados por otros métodos, como Tren de Actividades, entre otros.

#### **2.4.7. Carta balance**

Es una herramienta de la filosofía Lean Construction que analiza los distintos tiempos y el movimiento que consigue ejecutar una cuadrilla al momento que se le designa. Esto es posible ya que permite diferenciar la actividad en 03 subcategorías:

- (TP) Trabajo Productivo.
- (TC) Trabajo Contributivo.
- (TNC) Trabajo No Contributivo.

Las subcategorías son ejecutadas por la mano de obra. De esta manera al poder cuantificar las actividades que se ejecutan es mucho más sencillo controlarlas. (Vásquez, 2018).

La carta balance se basa en un diagrama que mide el tiempo (este debe medirse en minutos y por lo general los especialistas recomiendan que sea en un rango promedio de 30 minutos) con relación a los recursos (Mano de obra, equipos, entre otros) que interceden en la partida que se está ejecutando (Figura 5).

Los recursos son mostrados en un gráfico que se dividen en el tiempo señalado según como se hallan desarrollado las actividades considerando los tiempos productivos como no productivos. Con estas actividades registradas se puede direccionar y enfocar hacia una secuencia óptima y a la mejora de procesos en la actividad que se está ejecutando. (Serpell, 1990).

El principio de la carta balance se basa en los datos estadísticos, ya que se describe de una forma más minuciosa las actividades con el fin de optimizarlas (Buleje, 2012).

De igual manera, dentro del Lean Construction, Ghio (2001) propone los target para tener un óptimo desempeño dentro de una obra, para las diferentes actividades de las partidas y subpartidas que se estén realizando los cuales comprende dentro de su investigación, donde se toma como tiempos óptimos para trabajos productivos de al menos 60%, para trabajos contributorios, un máximo de 25% y para los trabajos no contributorios, máximo de 15% y este último tratar de reducirlo al máximo o tratar de eliminarlos por completo dentro de un proceso constructivo.

Una definición parecida la tiene Alarcón (2001), el cual indica que el objetivo de la carta balance es establecer de manera estadística de qué manera se utiliza los tiempos de trabajo ya sea del personal o equipos, ya que conociendo esto se puede determinar los problemas que afectan la productividad, y así poder anularlo o disminuirlos, permitiendo así reducir los costos asociados a la mano de obra y equipos.

Con lo descrito, se puede decir que esta herramienta ayuda a tener una descripción de carácter formal (Figura 4) sobre proceso constructivo que se está investigando, y así poder analizar la metodología empleada, también nos permite desarrollar información sobre los ratios, y así poder ajustar y diseñar el tamaño óptimo de una cuadrilla de trabajo, y nos

ayudará a lograr un diagnóstico de la distribución de los tiempos que tiene la cuadrilla, dentro de la actividad que se está estudiando.

FORMATO DE TOMA DE DATOS: CARTA BALANCE					Rev. 26-Abril-2016
PROYECTO:			ACTIVIDAD:		
MUESTRADOR:			DESCRIPCION:		
N° FORMATO:			FECHA:	HORA INICIO:	
MEDICIONES DE CUADRILLA PARA CARTA BALANCE					
N	obrero 1	obrero 2	obrero 3	obrero 4	obrero 5
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					
41					
42					
43					
44					
45					
46					
47					
48					
49					
50					
51					
52					
53					
54					
55					
56					
57					
58					
59					
60					

CLASIFICACION DE TRABAJO	
TP	
TC	
TNC	
PERSONAL	

**Figura 4: Formato de carta balance**

FUENTE: Castillo y Flores (2016)

La herramienta de Carta Balance tiene como objetivo el análisis de la cuadrilla para poder discernir si esta se encuentra correctamente dimensionada para desarrollarla correctamente y cumplir con las metas esperadas, el enfoque no es el análisis de cuan eficientes pueden ser los trabajadores o que trabajen más duro sino que estos puedan trabajar mucho más inteligentes, gracias a la identificación de los tiempos no productivos por lo que al momento de mejorar las actividades, se reducirán o llegar al punto de casi eliminarlos (Serpell, 1990). De igual manera también es posible en análisis de cuan eficiente es el método constructivo que se viene utilizando en la ejecución de la obra en una determinada actividad o partida, por lo cual esta herramienta nos permite poder mejorar el proceso constructivo, la reasignación de tareas de una cuadrilla, modificar una cuadrilla de trabajo y aumentar la productividad de esta. Esto para llegar a una optimización de la eficiencia en un proceso productivo como consecuencia el aumento de los TP y TC ocasionando la reducción los TNC (Serpell, 1990).

La clasificación del total de los trabajos se puede subclasificar en tres (03) tipos de trabajos con la finalidad de poder registrar, la medición y el control de estas actividades que puede realizar cada persona o equipo dentro de una cuadrilla de trabajo en un proyecto en ejecución:

- **Trabajo Productivo (TP)**

El trabajo o actividad que está directamente relacionada con la producción, por lo que es el tiempo que se logra emplear por la mano de obra o equipo para la generación de valor a la producción durante la ejecución de una obra, en una determinada partida o actividad. (Mercado, Ruiz. 2016).

- **Trabajo Contributorio (TC)**

La actividad que cumple función de apoyar y es siempre necesaria para el avance de los trabajos productivos. Pueden ser la instrucción de la supervisión, la indicación sobre alguna actividad, entre otros. (Castillo, Flores 2016).

- **Trabajo no Contributorio (TNC)**

Son las actividades que no suman valor al ciclo de producción, quiere decir son actividades que no deberían realizarse porque no son necesarias y esta ocasionan que

los costos operativos se eleven y que la productividad decaiga. Algunas serían las paradas innecesarias, los traslados innecesarios, los trabajos rehechos, la mala calidad, entre otros. (Castillo, Flores 2016).

#### **2.4.7.1. Diagnóstico de la productividad en la construcción en Perú**

Ghio (2001) publicó su investigación la cual es base de diversos trabajos de construcción en la actualidad, en esta reunía información de más de 24 obras de construcción en Lima donde pudo registrar algunas de las variables que se suelen repetir y que ocasionan elevados tiempos no productivos en proyectos de construcción. Algunas de estas causas de la improductividad son:

- Excesiva cuadrilla:
  - Demasiado personal en un área muy reducida, entorpeciendo entre todos.
  - Mala comunicación
  
- Ausencia de la supervisión constante:
  - La ausencia de supervisión ocasiona largos intervalos de stand by en el trabajo.
  
- La falta de motivación al trabajador:
  - Paradas innecesarias sin motivo alguno.
  - Se trabaja de forma puntual, ausencia de proactividad.
  - Se crean trabajos para evadir los trabajos designados con la finalidad de quemar tiempo para las salidas u hora de almuerzo.
  
- Mal control del proyecto:
  - Mala comunicación
  - Ratios de rendimiento y productividad bajísimos.
  
- Ausencia de estándar de calidad:
  - Ausencia de capacitaciones.
  - Ausencia de información.

- Ausencia de experiencia en la mano de obra.
- Manipulación de diseños definitivos:
  - Los proyectos suelen ser cambiados de acuerdo con la necesidad del cliente.
- Ausencia de control y mal planeamiento:
  - Por reducción de costos, se reduce los equipos para los trabajos.
  - Mal planeamiento de mantenimiento preventivo, teniendo solo correctivos.
  - El equipo de obra es utilizado de forma múltiple, dejando de lado su labor específica.
- Demora en los trabajos:
  - Demoras inventadas por la mano de obra.
  - Ausencia de coordinación constante entre los grupos de trabajo.
  - El excesivo manipuleo de equipos y materiales.

#### **2.4.8. Las 7 herramientas de la calidad**

Kondo (1994) dictamina que se debe utilizar algunas de las 7 herramientas de la calidad para optimizar cualquier ciclo de producción, y deben ser utilizadas como herramientas de support para el análisis y solución de problemas hallados en la operación y ciclo productivo de una actividad en una empresa. De las siete propuestas por Kondo (1994) se verán en el trabajo solo dos:

- **Diagrama de Ishikawa**

Esta herramienta es utilizada para diagnosticar dentro del Lean, su nombre es diagrama de espina de pescado o Ishikawa, la cual nos ayuda en el análisis de las causas y los efectos más recurrentes, que es plasmada en un gráfico lo cual facilita la visualización.

El causal principal se ramifica en causales menores y estas en otros subcausales mucho menores, con lo cual podemos entender el trasfondo del problema principal y

poder realizar acciones para corregirlo (Burgasí, Cobo, Pérez, Pilacuan y Roch, 2021).

- **Diagrama de Pareto**

El diagrama de Pareto nos menciona que el 80% del total de inconvenientes y problemas pueden llegar a la solución si se logra eliminar el 20% de las causales que lo ocasionan (Pareto, 1896)

La filosofía Lean utiliza esta herramienta para analizar y tomar decisiones correctivas luego del registro de actividades en un proceso de producción. Siguiendo este principio, el 20% del total de los problemas más significativos de vital importancia, causan el 80% del total errores. Este diagrama tiene como finalidad:

- Visualización de las variables que tienen mayor peso dentro de un problema.
- Enfoque a mejorar los factores llegando a la optimización de estos.
- Comparación de mejoras (cruce entre paretos).

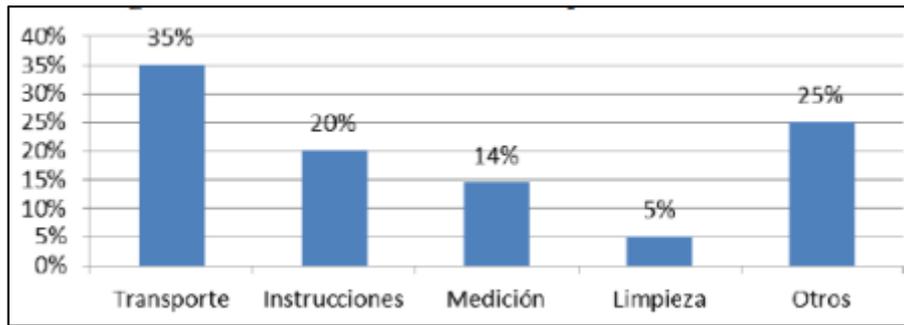
Este diagrama se representa de manera gráfica, en un ploteo de barra en donde se visualizan la variedad de factores que existen dentro de un ciclo improductivo ordenados teniendo en cuenta su incidencia, desde el mayor al menor, iniciando de izquierda a la derecha.

#### **2.4.9. Metodología 5 porque**

Esta metodología es importante dentro de diversos trabajos, con el cual, a un problema encontrado, el equipo se pregunta ¿Por qué? Hasta por cinco ocasiones de manera reiterada con lo cual cada respuesta profundiza más aún la respuesta anterior (Daft, 2006).

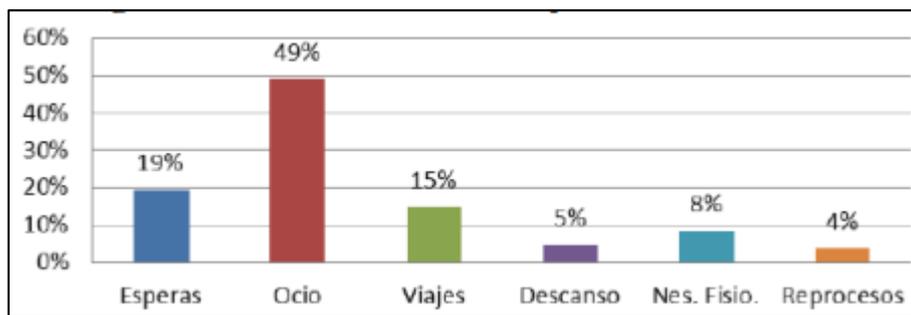
#### **2.4.10. Distribución de trabajos en un proyecto de construcción**

Cantú *et al.* (2018) en su trabajo propuesto, hallan dentro de su registro de sus obras algunos trabajos contributorios y no productivos con mayor incidencia los cuales son reiterativos en muchos proyectos, se muestra en la Figura 5 y Figura 6 respectivamente:



**Figura 5: Incidencias de T.C.**

FUENTE: Cantú, A., López, M., Peirone, P. (2018)



**Figura 6: Incidencias de T.N.C.**

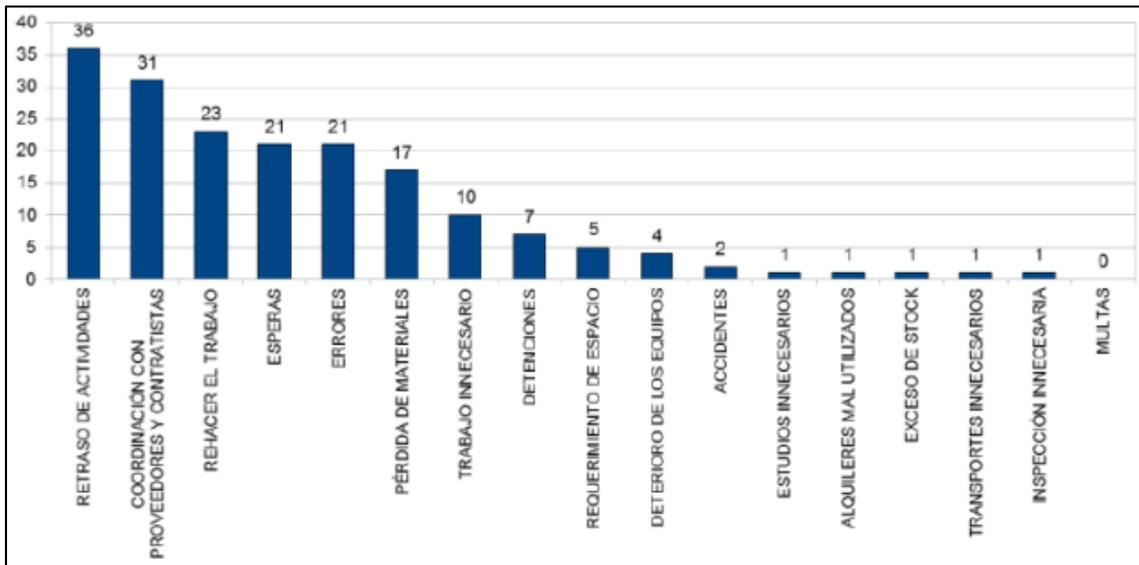
FUENTE: Cantú, A., López, M., Peirone, P. (2018)

Estos registros son los que más inciden dentro de los proyectos evaluados por los autores anteriormente mencionados, los que se tomaron como sustento y base para el trabajo descrito en este documento.

#### **2.4.11. Pérdidas**

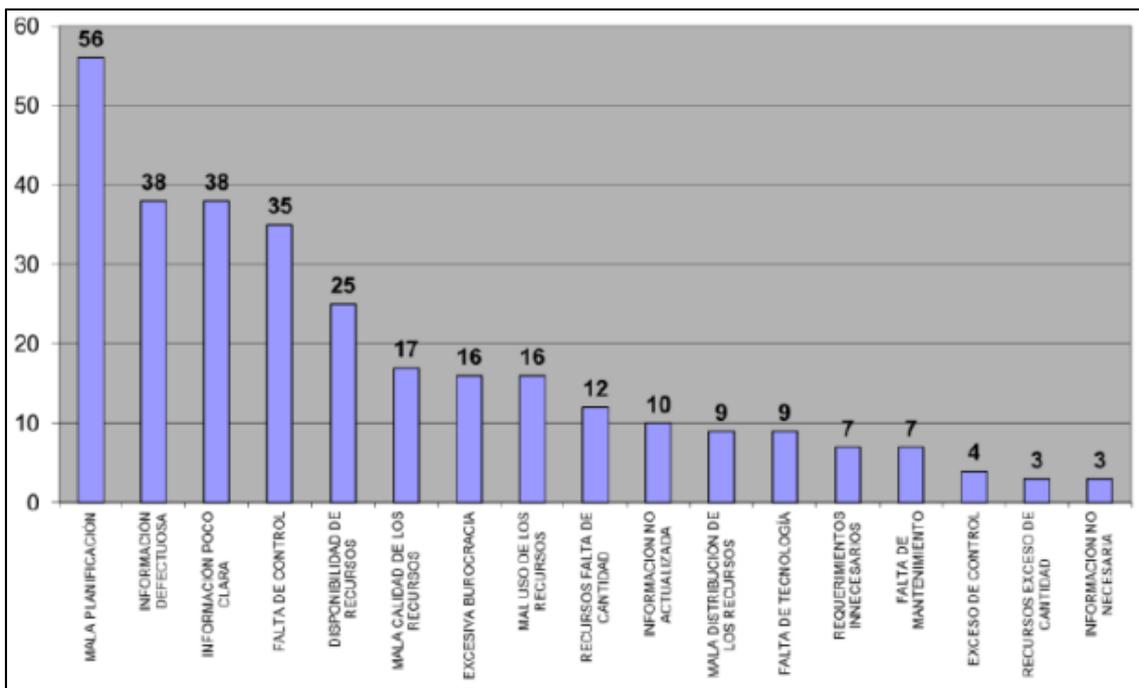
Cantú *et al.* (2018) en su trabajo dictaminan que todo trabajo no productivo genera un sobre costo directo, pero no logra generar valor alguno al desarrollo del proyecto.

Para poder tener una base respecto a las pérdidas más comunes o que se presentan reiteradas veces en una obra, Cantú *et al.* (2018) lograrán realizar encuestas para poder hacer un diagnóstico y lograr la identificación de las pérdidas registradas con la finalidad de poder encontrar el tipo de desperdicio, así como la fuente que la genera (Figura 7 y Figura 8).



**Figura 7: Factores que impactan en la productividad en obras**

FUENTE: Cantú *et al.* (2018)



**Figura 8: Registros de variables que reducen la productividad en obras**

FUENTE: Cantú *et al.* (2018)

#### 2.4.12. Movimiento de tierras

Las actividades de movimiento de tierras se realizan al operar en terrenos donde la finalidad es la modificación del estado en el que se encuentra dicho terreno, extrayendo o aportando materiales que logren modificar sus características según la obra a ejecutar. Engloba

básicamente el trasladar material *in situ* conforme se realice un proceso constructivo. (Guevara-Martínez, 2015).

Para el trabajo se evaluó las actividades de carguío y acarreo, además se muestra las subcategorías registradas (Figura 9):

- Carguío
- Acarreo
- Cola descarga
- Descarga
- Vacío
- Cola carguío



**Figura 9: Proceso dentro del movimiento de tierras**

Durante los procesos descritos, encontramos también el tipo de material el cual es importante tomar en cuenta:

- **Material en banco:** Material en estado natural
- **Material suelto:** Material alterado
- **Material compacto:** Densificado de manera natural o realizada por algún tipo de procedimiento constructivo.

### 2.4.13. Esponjamiento y el factor de esponjamiento

El cambiar de volumen en un terreno dentro de la ejecución de un proyecto, sea material duro, fragmentado o suelto, el material al ser removido y alterado, los espacios vacíos lo ocupan partículas de aire y agua haciendo cambiar el volumen inicial. Esta variación se considera siempre al momento de hacer los cálculos del presupuesto, ya que servirá para dimensionar tanto el equipo de carguío como el de acarreo, además de darnos una pauta de que si el material es material de banco o material con alteraciones o manipulado.

El Swell Factor es un ratio que explica y se relaciona entre el volumen inicial y el volumen final, luego de que un material haya sido alterado durante una operación de excavación. Para fines prácticos, muchos trabajos utilizan valores ya justificados en diversas investigaciones mostrados en la Tabla 8.

**Tabla 8: Muestra de las propiedades representativas de tierras y rocas**

Material	Peso en banco		Peso suelto		Porcentaje de esponjamiento	Factor de esponjamiento
	Lb/yd3	Kg/m3	Lb/yd3	kg/m3		
Arcilla seca	2.700	1.600	2.000	1.185	36	0.74
Arcilla húmeda	3.000	1.780	2.200	1.305	35	0.74
Tierra seca	2.800	1.660	2.240	1.325	25	0.80
Tierra húmeda	3.200	1.895	2.580	1.528	25	0.80
Tierra y grava	3.200	1.895	2.600	1.575	20	0.83
Grava seca	2.800	1.660	2.490	1.475	12	0.89
Grava húmeda	3.400	2.020	2.980	1.765	14	0.88
Caliza	4.400	2.610	2.750	1.630	60	0.63
Roca, bien explotada	4.200	2.490	2.640	1.586	60	0.63
Arena Seca	2.600	1.542	2.260	1.340	15	0.87
Arena húmeda	2.700	1.600	2.360	1.400	15	0.87
Esquisto	3.500	2.075	2.480	1.470	40	0.71

FUENTE: Peurifoy, Schexnayder, Schmitt & Shapira (2011)

El porcentaje de esponjamiento es un cálculo que se realiza al medir cuanto incrementa el volumen de algún material con referencia a su estado inicial. Esto es llamando densidad del material *in situ*, el cual es un dato muy importante al realizar trabajos en obras de movimiento de tierras. Por lo que no solo se debe considerar importante la capacidad (m<sup>3</sup>) con la que se trabaja en una operación de acarreo, sino que también la carga máxima, la cual no debe exceder de acuerdo con las características de un volquete.

#### **2.4.14. Equipos utilizados en movimiento de tierras**

Los equipos que suelen usarse durante la ejecución de proyectos de movimiento de tierras para las actividades de carguío son excavadoras, cargadores sobre ruedas y grandes palas. Al contrario, para las actividades más cotidianas en el transporte son los volquetes (Capote y Alvear, 1997). Se deben tomar en cuenta algunos puntos necesarios para el movimiento de tierras:

- **Vías de transporte**

Son las vías principales por las que se desarrollará y se efectuará el movimiento de los equipos de acarreo durante la ejecución del proyecto. Se debe tener en cuenta el ancho de la vía, la pendiente máxima de trabajo y el diseño de ingeniería correcto tomando la norma vigente del MTC (Bustillo y López, 1997).

- **Vías de acceso**

Son las vías temporales de acceso para los equipos, pueden ser anchos o pequeños, con pendiente variables, siempre considerando la seguridad del proyecto (Bustillo y López, 1997).

- **Plataformas**

Son diferentes estructuras planas con la finalidad de crear una zona segura para la actividad de carguío y de descarga de material con volquetes (Bustillo y López, 1997).

- **Carguío**

Es la actividad la cual es el cargar un material fragmentado, manipulado o mezclado

de un punto el cual se moverá a un punto final (Bustillo y López, 1997).

- **Acarreo (transporte)**

Es la actividad en la cual se mueve el material, desde un punto inicial a un destino final por medio de un volquete (Bustillo y López, 1997).

- **Equipos de carguío y acarreo**

Para seleccionar los equipos de carguío (Figura 10) y acarreo (Figura 11) es necesario conocer el tipo de material con el que se trabajará. Se puede lograr seleccionar a los equipos que participarán en el proyecto mediante una evaluación tanto económica como técnica, dado que el correcto análisis será necesario para mantener la seguridad de la operación como la productividad y cumplir con los tiempos establecidos (Bustillo y López, 1997).



**Figura 10: Equipo de carguío**



**Figura 11: Equipo de acarreo**

## **2.5. PMBOK**

El PMBOK nace al enfocar a la gestión de proyectos como una suerte de profesión, y teniendo esto como premisa, diferentes tipos de profesionales, expertos en sus materias, se juntaron con la finalidad de crear las bases para la correcta dirección de proyectos, creando el PMI. Con el tiempo se creó una guía general unificando los fundamentos más importantes para direccionar correctamente cualquier tipo de proyectos, recopilando experiencias, buenas prácticas, diferentes tipos de técnicas y diversas herramientas las cuales se puede aplicar a los diferentes tipos de proyectos existentes (PMBOK, 2017).

Esta guía tiene la particularidad que se amolda a cualquier tipo de proyectos que se puedan ejecutar, tanto para la inversión pública como la privada. Cabe resaltar que, si bien es una guía muy utilizada, se pueden emular para cualquiera de las diferentes fases de un proyecto o solo para algunas las cuales se vean necesarias de acuerdo con la particularidad de cada proyecto. Estos lineamientos son reconocidos a nivel mundial como la base de la gestión de proyectos.

Tomando en cuenta la guía del PMBOK, este se enfoca la gestión de diferentes áreas del conocimiento dentro de cualquier proyecto, pero para fines prácticos, para este trabajo solo se verán herramientas para la Gestión de cronograma del proyecto y Gestión de costo del proyecto.

### 2.5.1. Gestión del cronograma de un proyecto

Debemos entender que para que un proyecto sea eficiente, se debe cumplir con el cronograma de ejecución y lograr que todo el proyecto se desarrolle dentro del tiempo presupuestado. Con lo cual en primera instancia se debe tener en cuenta la planificación maestra tomando como punto primordial, la ruta crítica del proyecto o bottleneck, la cual señala la ruta indispensable para la correcta ejecución de un proyecto. Esto se ordena junto con el total de actividades, las fechas de realización, la duración de cada actividad, que tipo de recursos se utilizará y la restricción para cada actividad generando una programación maestra, la cual es el cronograma de proyecto. Para el trabajo realizado se utilizó el diagrama de Gantt para el cronograma de proyecto (PMBOK, 2017).

Adicional a esto, el PMBOK nos muestra una herramienta para el análisis y control del cronograma del proyecto, el cual se basa en la medición del desempeño del cronograma tomando como base los KPIs de variación de cronograma (SV) y el índice de desempeño de cronograma (SPI) para el cual se utiliza la ecuación 4 para el cálculo:

$$SPI = \frac{EV}{PV} \quad (4)$$

SPI se utiliza para visualizar la eficiencia de cómo va progresando el proyecto, en comparación con su cronograma planificado en un inicio, donde EV es el valor ganado (avance del proyecto en costos presupuestados) y el PV es el valor planificado (costo estimado del trabajo a una fecha). Teniendo que, si el valor es superior a 1, significa que estamos trabajando más de lo que se planificó en un inicio, lo cual nos da un indicio de que se está adelantado al cronograma. Caso contrario que, si sale menor a 1, significa que se está teniendo un atraso en la entrega del proyecto según el cronograma presupuestado. Si se tiene igual a 1, significa que se está realizando las actividades igual que lo planificado en un inicio (PMBOK, 2017).

Esta información se consolida tanto en un informe semanal de producción como en un formato de curva S, la cual se sugiere realizar (PMBOK, 2017) cada semana.

### 2.5.2. Gestión del costo de un proyecto

El PMBOK nos dice que se debe monitorear el proyecto y actualizarlo constantemente para compararlo con la línea base de costos del proyecto, la cual es el presupuesto inicial aprobado. Con lo cual sugiere controlar los diversos factores que puedan cambiar los costos, evaluar el flujo de costos y ver las variaciones más significativas dentro del proyecto, comunicar estos cambios en los costos operativos, realizar las operaciones que se vean necesarias para poder mitigar el mal uso de los recursos lo cual genera variaciones en los costos línea base. De igual manera, el PMBOK (2017) nos da una herramienta con la cual se puede gestionar y controlar el desempeño de los costos de un proyecto para con el cual, poder divisar si se está ganando al ejecutar el proyecto para la actividad designada, tomando como comparativo el costo que se invierte para dicha actividad en el proyecto. Con el cual el PMBOK (2017) nos da un KPIs de desempeño entre el presupuesto y el costo real que genera el proyecto, viéndolo en la ecuación 5:

$$CPI = \frac{EV}{AC} \quad (5)$$

El CPI se utiliza para visualizar la si vamos sobrecosteadado en el proyecto a comparación del costo estimado en la línea base, donde EV es el valor ganado (avance del proyecto en costos presupuestados) y el AC es el costo real del proyecto (presupuesto establecido por el proyectista). Teniendo que, si el valor es superior a 1, significa que estamos trabajando más respecto a los costos que se están invirtiendo hasta la fecha dad, lo cual nos da un indicio de que se está por debajo del presupuesto estimado. Caso contrario que, si sale menor a 1, significa que se está avanzando mucho menos de lo que ha costado el proyecto hasta la fecha, lo cual nos dice que se está excediendo del presupuesto línea base. Si se tiene igual a 1, significa que el avance está al costo estimado, estando dentro del presupuesto (PMBOK, 2017).

### 2.5.3. Curva S

La curva S es un modelo matemática el cual representa que tanto está avanzando realmente un proyecto en relación con lo planificado y al costo generado para dicho proyecto, dentro de una fecha establecida. Se crea con la finalidad de visualizar los indicadores de gestión del cronograma y gestión del costo del proyecto (PMBOK, 2017).

### III. DESARROLLO DEL TRABAJO

#### 3.1. Datos generales del proyecto

##### 3.1.1. Ubicación geográfica

El proyecto se encontraba ubicado en latitud -12,19226 longitud -76,9100545 dentro del departamento de Lima, provincia de lima, distrito de Villa María.

**Tabla 9: Ubicación geográfica**

Ubicación Geográfica		Ubicación Política	
<b>Latitud</b>	-12.1922600	<b>Región</b>	Lima
<b>Longitud</b>	-76.9100545	<b>Provincia</b>	Lima
<b>Altitud</b>	200	<b>Distrito</b>	Villa María

FUENTE: Elaboración propia

#### 3.2. Desarrollo del proyecto

La obra se ejecutó durante el 2021 y se ubicó en el distrito de Villa María.

El proyecto abarcó una etapa de movimiento de tierras en un área de 33,000.00 m<sup>2</sup>, la cual se encontraba en una zona de un antiguo botadero de desmonte (roca fragmentada, afirmado, tierra removida), este proyecto abarcará la construcción de accesos y oficinas en un futuro (Figura 12).



**Figura 12: Ubicación del proyecto**

FUENTE: Google Earth



**Figura 13: Proyecto antes de la ejecución**

El proyecto contaba con 14,058.00 m<sup>3</sup> en donde se desarrolló el movimiento de tierra para la ejecución de una rampa de accesos para semitrailers y una plataforma, debido a que los tanques de combustible de la fábrica se encontraban en la zona elevada del terreno, alejados de la zona de producción (Figura 13). Se ejecutó el movimiento de tierra dentro de una poligonal que se encontraba en el inicio de la rampa para luego ejecutar la rampa de acuerdo con el diseño brindado (Figura 14). La cota de la rasante de la rampa del proyecto fue de 182msnm culminando en la cota 192msnm con una pendiente de 8.95% (Figura 15).



maquinaria, maquinarias para obras, maquinaria para movimiento de tierras, proyectos de inversión y topografía. Los conceptos de dichas áreas fueron utilizados para el desarrollo del trabajo de suficiencia profesional redactado en el presente documento, con lo cual pude controlar el proyecto de movimiento de tierras ejecutado en el TSP además de registrar la productividad con la que se venía ejecutando y pudiendo mejorarla implementando mejoras expuestas dentro del TSP.

### 3.3. Ejecución del proyecto

Este proyecto se desarrolló en base un presupuesto aprobado (Tabla 10) los cuales tuvo diferentes partidas, en donde nos centramos en realizar el TSP en la partidas con mayores incidencias las cuales son el carguío y acarreo de material al botadero (distancia = 3km). Estos trabajos se realizaron con 01 excavadora y 02 volquetes alquilados, los cuales sus costos operativos eran elevados.

**Tabla 10: Presupuesto del proyecto**

CUADRO DE CANTIDADES Y PRECIOS (CCP)					
PRESUPUESTO 2546					
OBJETO CONTRACTUAL:					
CONSTRUCCIÓN DE ACCESO A TANQUES Y ADICIONALES EN ZONA ANTIGUA - LADO FÁBRICA					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANT.	P.U. (Soles)	P.T (Soles)
<b>1</b>	<b>Movimiento de tierras para construcción de acceso a tanques</b>				<b>192,627.71</b>
1.1	Excavación en roca, carguío y eliminación a botadero (distancia = 3 km)	m3	4,713	31.87	150,208.17
1.2	Relleno estructural con material propio	m3	118	53.63	6,328.34
1.3	Nivelación de subrasante	m2	1,200	4.75	5,700.00
1.4	Colocación y conformación de afirmado (e=20 cm)	m3	240	126.63	30,391.20
<b>2</b>	<b>Movimiento de tierras corte adicional (zona poligonal)</b>				<b>307,606.07</b>
2.1	Excavación, carguío y eliminación a botadero (distancia = 3 km)	m3	7,188	31.87	229,088.98
2.2	Demolición y eliminación de muro y losa de concreto	m3	146	213.99	31,242.54
2.3	Demolición y eliminación de bloques de concreto	und	5	582.49	2,912.45
2.4	Nivelación de piso	m2	1,475	4.75	7,006.25
2.5	Colocación y conformación de afirmado (e=20 cm)	m3	295	126.63	37,355.85
<b>3</b>	<b>Movimiento de tierras en Zona Antigua FLS (corte 40 cm)</b>				<b>213,390.02</b>
3.1	Excavación, carguío y eliminación a botadero (distancia = 3 km)	m3	2,157	31.87	68,745.82
3.2	Nivelación de piso (No Lleva Afirmado)	m2	1,777	4.75	8,440.75
3.3	Nivelación de piso (Lleva Afirmado)	m2	3,615	4.75	17,171.25
3.4	Colocación y conformación de afirmado (e=26 cm)	m3	940	126.63	119,032.20
<b>SUMA: TOTAL SOLES ( SIN IGV)</b>					<b>713,623.79</b>

FUENTE: Propia

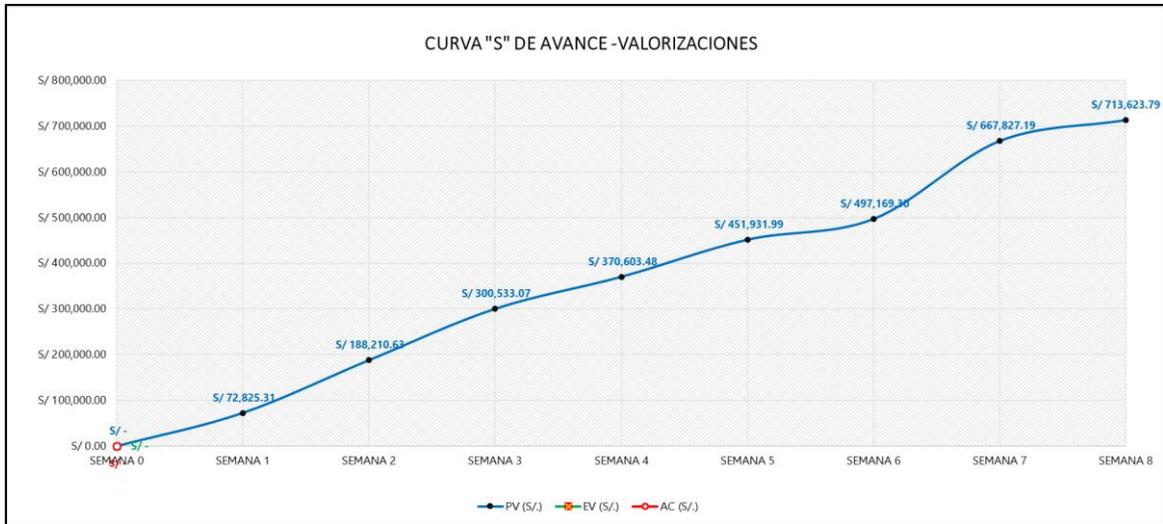
Este proyecto arrancó tomando en cuenta el siguiente cronograma simplificado (Tabla 11), el cual podemos notar que los trabajos de las partidas de excavación, carguío y eliminación de desmonte eran los iniciales y además eran cuellos de botella dado que, sin estos, no se hubiera podido continuar con las otras subpartidas.

**Tabla 11: Gantt del proyecto**

Cronograma de actividades				SETIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE	
				SEMANA	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7
DESCRIPCION DE ACTIVIDAD	FECHA DE INICIO			20-sep	27-sep	04-oct	11-oct	18-oct	25-oct	01-nov	08-nov
	DIA			L	L	L	L	L	L	L	L
	UND	CANT.	N° DIAS								
<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS PARA CONSTRUCCION DE ACCESO A TANQUES DE COMBUSTIBLE</b>											
Excavación en roca, carguío y eliminación a botadero (distancia = 3 km)	m3	4,713	24	■							
Relleno estructural con material propio	m3	118	6	■							
Nivelación de subrasante	m2	1,200	12					■			
Colocación y conformación de afirmado (e=20 cm)	m3	240	6							■	
		6,271									
<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS CORTE ADICIONAL (Zona Poligonal)</b>											
Excavación, carguío y eliminación a botadero (distancia = 3 km)	m3	7,188	36	■							
Demolición y eliminación de muro y losa de concreto	m3	146	6	■							
Demolición y eliminación de bloques de concreto	und	5	6					■			
Nivelación de piso	m2	1,475	15							■	
Colocación y conformación de afirmado (e=20 cm)	m3	295	6							■	
		9,109									
<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS EN ZONA ANTIGUA FLS (corte 40 cm)</b>											
Excavación, carguío y eliminación a botadero (distancia = 3 km)	m3	2,157	11	■							
Nivelación de piso (No Lleva Afirmado)	m2	1,777	6							■	
Nivelación de piso (Lleva Afirmado)	m2	3,615	13					■			
Colocación y conformación de afirmado (e=26 cm)	m3	940	19							■	
		8,489									

FUENTE: Propia

Así mismo se proyectó la siguiente curva S de avance de valorizaciones para el proyecto de movimiento de tierras, teniendo en su totalidad, de acuerdo con el cronograma de ejecución de obra valorizado (Figura 16) un total de 8 semanas de actividades.



**Figura 16: Presupuesto del proyecto**

### 3.4. Problemática del proyecto

El desarrollo del proyecto inició con dos días de retrasos los cuales fueron por temas ajenos a la contratista, esto debido a problemas con la liberación de la zona por parte del cliente. Conforme se fue ejecutando el proyecto, se observó en el informe semanal de producción, así como en la Curva S que el proyecto presentaba problemas en su desarrollo, teniendo problemas tanto en el cronograma de ejecución, en costos operativos y baja productividad en las subpartidas iniciales las cuales eran cuello de botella para el correcto desarrollo de la obra (Figura 17 y Figura 18).



**Figura 17: Avance del proyecto Semana 01**



**Figura 18: Avance del proyecto Semana 01**

Por lo cual se optó por realizar la Carta Balance para poder evidenciar el total de actividades y tener un indicio de como se venía desarrollando el proyecto de movimiento de tierras. Esta Carta Balance inicial se desarrolló en la semana 02, al inicio de la semana durante 03 días seguidos tomando 02 horas para cada uno, durante diferentes momentos del día.

Dentro del proyecto de movimiento de tierras, se tuvo como sistemas de control de proyectos la Curvas S y el Informe Semanal de Producción (I.S.P.) los cuales vienen de los lineamientos del PMBOK. Estos dos sistemas de control de proyectos nos dieron la alerta luego de realizar la carta balance en la semana 02 que el proyecto continuó teniendo problemas en su desempeño en costos, cronograma y productividad (Figura 19 y Tabla 12).

### 3.4.1. Valor ganado

Para gestionar un proyecto de manera eficiente, es importante mantener los lineamiento del PMBOK, es por ese motivo que, a nivel empresarial, muchas de las empresas del sector utilizan una de las metodologías del PMI para su gestiones de obras la cual es llamada valor ganado. Este consta de una curva llamada S el cual es un gráfico en un diagrama cartesiano que hace una representación de datos acumulados del proyecto a gestionar, los cuales son usualmente el costo que ocasiona cruzado con un horizonte de tiempo establecido donde se va a desarrollar el proyecto. Esta curva S es utilizada para realizar un seguimiento continuo y ver cómo va progresando un proyecto, lo cual ayuda enormemente a controlar en tiempos y en presupuesto un proyecto.

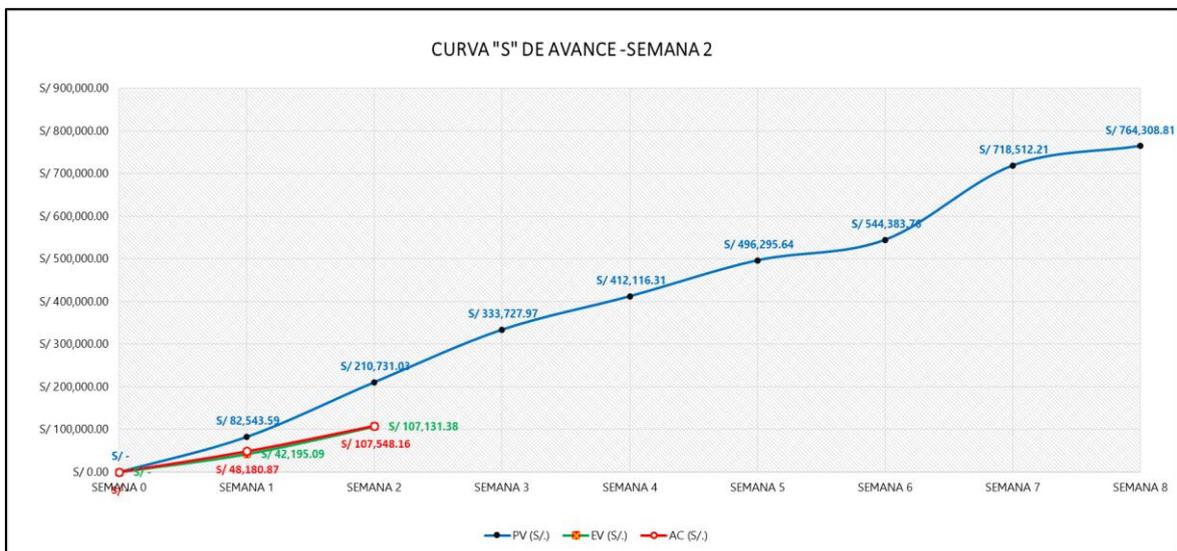


Figura 19: Curva S de avance del proyecto de la semana 02

**Tabla 12: KPI's Curva S de avance del proyecto de la semana 02**

Costo total presupuestado (BAC)		S/	713,623.79
Indices y variaciones		Valor	
Variación del costo (CV/Cost Variance) [CV=EV-AC]		-S/	10,979.49
Variación del cronograma (SV/Schedule Variance) [SV=EV-PV]		-S/	91,641.96
Índice de desempeño del costo (CPI/Cost Performance Index) [CPI = EV/AC]			0.90
Índice de desempeño del cronograma del proyecto (SPI/Schedule Performance Index) [SPI = EV/PV]			0.51
Estimación a la conclusión (EAC/Estimate at Completion) [EAC = BAC/CPI]		S/	794,760.12

AVANCE		SEMANA 2		
Mediciones SEMANA 2	SCHEDULE			
	SV > 0 y SPI > 1	SV 0 y SPI 1	SV < 0 y SPI < 1	
COST	CV > 0 y CPI > 1	Ahead of Shcedule Under Budget	On Schedule Under Budget	Behind Schedule Under Budget
	CV 0 y CPI 1	Ahead of Shcedule On Budget	On Schedule On Budget	Behind Schedule On Budget
	CV < 0 y CPI < 1	Ahead of Shcedule Over Budget	On Schedule Over Budget	Behind Schedule Over Budget

FUENTE: Propia

En el informe de indicadores de desempeño (Tabla 12) podemos notar que se tenía los indicadores de costos CPI y de cronograma SPI por debajo de 1 lo cual indicó que el proyecto se encuentra por debajo de 1, teniendo 0.90 en CPI y 0.51 SPI, lo cual nos dio otra alerta de que el proyecto estaba desarrollándose sobrecostado y atrasado en el cronograma de ejecución.

### 3.4.2. Informe semanal de producción (ISP)

El Informe Semanal de Producción se direccionó solo para las actividades de carguío y acarreo. Todos los valores vistos en el I.S.P. tuvieron su origen en los APUS (Análisis de Precios Unitarios) del presupuesto contractual (Tabla 10). Con estos APUS pudimos tener la certeza de las horas máquina que se tendría que realizar en las actividades del trabajo. Tomando el APU del presupuesto contractual (Tabla 13) que fue 0.02324 HM para el equipo de carguío, este valor multiplicado por el metrado total de 14,058.00m<sup>3</sup> respectivamente dio un total de 326.65 HM que debíamos usar del equipo y con el mismo procedimiento serían 570.88 HM de volquetes para estas actividades en las partidas de movimiento de tierras. (tablas 13, 14 y 15)

**Tabla 13: APU de precios unitarios, movimiento de tierras para construcción de acceso a tanques**

Presupuesto	CONSTRUCCIÓN DE ACCESO A TANQUES Y ADICIONALES EN ZONA ANTIGUA FLS						Fecha	15/11/2022	
Subpresupuesto 1	Partidas								
Partida	<b>1</b>	<b>Movimiento de tierras para construcción de acceso a tanques</b>							
Rendimiento							Costo unitario directo por : und	<b>161,834.00</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Soles</b>	<b>Parcial Soles</b>		
		<b>Subpartidas</b>					<b>161,834.31</b>		
1.1	Excavación en roca, carguío y eliminación a botadero (distancia = 3 km)		m3		CANT.	19.62	92,454.63		
1.3	Transp. al botadero (dist = 3km)		m3		CANT.	14.72	69,379.68		
Partida	<b>1.1</b>	<b>Excavación en roca, carguío y eliminación a botadero (distancia = 3 km)</b>							
Rendimiento	<b>m3/Jornada</b>	E.Q.	<b>344.30</b>				Costo unitario directo por : m3	<b>19.62</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Soles</b>	<b>Parcial Soles</b>		
		<b>Equipos operados</b>					<b>19.62</b>		
	Excavadora sobre orugas de 36 ton en roca		hm	1.00	0.02324	844.26	19.62		
Partida	<b>1.2</b>	<b>Transp.de bloques a botadero autorizado (dist = 3km)</b>							
Rendimiento	<b>m3/Jornada</b>	E.Q.	<b>197.00</b>				Costo unitario directo por : m3	<b>14.72</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Soles</b>	<b>Parcial Soles</b>		
		<b>Equipos operados</b>					<b>14.72</b>		
	Transp. al botadero (dist = 3km)		hm	1.00	0.04061	362.50	14.72		

FUENTE: Propia

**Tabla 14: APU de precios unitarios, movimiento de tierras corte adicional (zona poligonal)**

Presupuesto	CONSTRUCCIÓN DE ACCESO A TANQUES						
Subpresupuesto	2	Partidas				Fecha	15/11/2022
Partida	2	Movimiento de tierras para construcción de acceso a tanques					
Rendimiento					Costo unitario directo por : und	229,089.00	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio Soles	Parcial Soles	
	<b>Subpartidas</b>					<b>229,088.98</b>	
2.1	Excavación, carguío y eliminación a botadero (distancia = 3 km)	m3		7,188.00	17.66	126,905.90	
2.2	Transp. al botadero (dist = 3km)	m3		7,188.00	14.22	102,183.07	
Partida	2.1	Excavación, carguío y eliminación a botadero (distancia = 3 km)					
Rendimiento	m3/Jornada	E.Q.	382.55	Costo unitario directo por : m3		17.66	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio Soles	Parcial Soles	
	<b>Equipos operados</b>					<b>17.66</b>	
	Excavadora sobre orugas de 36 ton	hm	1.00	0.02091	844.26	17.66	
Partida	2.2	Transp.de bloques a botadero autorizado (dist = 3km)					
Rendimiento	m3/Jornada	E.Q.	204.00	Costo unitario directo por : m3		14.22	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio Soles	Parcial Soles	
	<b>Equipos operados</b>					<b>14.22</b>	
	Transp. al botadero (dist = 3km)	hm	1.00	0.03922	362.50	14.22	

FUENTE: Propia

**Tabla 15: APU de precios unitarios, movimiento de tierras en zona antigua FLS**

Presupuesto	CONSTRUCCIÓN DE ACCESO A TANQUES						Fecha	15/11/2022	
Subpresupuesto	3	Partidas							
Partida	3	Movimiento de tierras para construcción de acceso a tanques							
Rendimiento						Costo unitario directo por : und	68,746.00		
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio Soles	Parcial Soles			
	<b>Subpartidas</b>						<b>68,745.82</b>		
3.1	Excavación, carguío y eliminación a botadero (distancia = 3 km)	m3		2,157.00	17.66	38,082.36			
3.2	Transp. al botadero (dist = 3km)	m3		2,157.00	14.22	30,663.45			
Partida	3.1	Excavación, carguío y eliminación a botadero (distancia = 3 km)							
Rendimiento	m3/Jornada	E.Q.	382.55			Costo unitario directo por : m3	17.66		
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio Soles	Parcial Soles			
	<b>Equipos operados</b>						<b>17.66</b>		
	Excavadora sobre orugas de 36 ton	hm	1.00	0.02091	844.26	17.66			
Partida	3.2	Transp.de bloques a botadero autorizado (dist = 3km)							
Rendimiento	m3/Jornada	E.Q.	204.00			Costo unitario directo por : m3	14.22		
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio Soles	Parcial Soles			
	<b>Equipos operados</b>						<b>14.22</b>		
	Transp. al botadero (dist = 3km)	hm	1.00	0.03922	362.50	14.22			

FUENTE: Propia

En el I.S.P. de la semana 02 (Tabla 16) se simplificó poder detallar lo acumulado hasta la fecha de corte. Este informe analizó las actividades netamente de Carguío y Acarreo de las subpartidas descritas en las Tablas 13, 14 y 15.

**Tabla 16: Informe Semanal de Producción (ISP) de la semana 02 del proyecto**

SEMANA 02							
DESCRIPCIÓN	UNID.	PRESUPUESTO		PRODUCCIÓN REAL ACUMULADA	ACUMULADO ANTERIOR	CPI	SPI
		PPTO SEMANAL	PPTO META				
<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>							
<b>ACTIVIDADES CARGUÍO Y ACARREO</b>							
<b>CARGUÍO</b>							
Producción del Periodo	M3						
Producción Acumulada	M3	3,973.83	14,058.00	2,938.60	2,938.60		74%
H.M. del Periodo	H.M.						
H.M. Acumulada	H.M.	83.10	293.98	65.90	65.90		
Rendimiento del Periodo	H-M/M3						
Rendimiento Acumulado	H-M/M3	0.02091	0.0209	0.0225	0.0225		
Monto del Periodo	S/.						
Monto Acumulado	S/.	70,159.00	248,197.44	55,636.77	55,636.77		
Ratio del Periodo	S/./ M3						
Ratio Acumulado	S/./ M3	17.66	17.66	18.97		93%	
<b>ACARREO</b>							
Producción del Periodo	M3						
Producción Acumulada	M3	3,973.83	14,058.00	2,938.60	2,938.60		74%
H.M. del Periodo	H.M.						
H.M. Acumulada	H.M.	155.84	551.29	164.31	164.31		
Rendimiento del Periodo	H-M/M3						
Rendimiento Acumulado	H-M/M3	0.03922	0.0392	0.0555	0.0555		
Monto del Periodo	S/.						
Monto Acumulado	S/.	56,491.17	199,904.76	59,562.79	59,562.79		
Ratio del Periodo	S/./ M3						
Ratio Acumulado	S/./ M3	14.22	14.22	20.12		71%	
H-M Acumuladas Carguío y Acarreo		238.94		230.21		96%	

FUENTE: Propia

El I.S.P. es una herramienta con la cual se dividió en la semana 02 que se iba perdiendo precisamente en las actividades de carguío y acarreo en las subpartidas descritas anteriormente. El C.P.I. (%) es un KPI de costos de proyectos, que es la relación de HM reales y HM ppto. Con lo cual se halló que para la semana 02 el C.P.I. para la actividad de carguío estaba bajo del 100% lo cual indicó que el costo real estaba por encima del costo presupuestado, de igual manera para la actividad de acarreo el cual también tenía un sobrecosto. Así también el I.S.P. nos permite ver el indicador de cronograma de ejecución el cual nos da un indicio si estamos atrasados o estamos adelantados al cronograma base. Con esto se determinó que en la semana 02 estábamos atrasados debido a que el I.S.P. para el carguío estaba por debajo de 100%, al igual que para el acarreo.

Adicional a esto se evidenció diversas actividades que se realizaban en el proyecto que no sumaban valor que son los T.N.C. como las conversaciones sin sentido, esperas, paradas de trabajo, entre otras las cuales incidieron en la productividad y en el desempeño de los trabajos en el proyecto de movimiento de tierras.

### **3.5. Metodología de la herramienta carta balance**

La metodología que se utilizó sienta sus bases en lo propuesto en la filosofía Lean Construction, la cual es llamada también “construcción sin pérdidas” que se enfoca en la reducción de desperdicios tales como las actividades que no generan valor en el producto final. Así mismo se tomó como precedentes los diferentes trabajos desarrollados en el entorno internacional como nacionales, teniendo como bases teóricas a Lauri Koskela, Alfredo Serpell, Virgilio Ghio, Xavier Brioso y entre otros.

#### **3.5.1. Carta balance como herramienta del Lean Construction**

Teniendo la premisa anterior respecto a la Curva S y al I.S.P. se realizó la carta balance en la semana 02 durante el lunes 27, martes 28 y miércoles 29 de setiembre con la finalidad de registrar una muestra de las actividades que suelen realizar diariamente, dado que el ciclo productivo es reiterativo, las actividades se repitieron a lo largo del proyecto. Además, luego de realizar las mejoras se realizó la segunda carta balance durante la semana 04 en los días 11, 12 y 13 de octubre donde se evaluó el impacto de las mejoras propuestas.

Para la carta balance se utilizó lo siguiente:

- Cronómetro
- Formato Carta Balance
- Se registró durante la guardia
- Se utilizó como muestra 01 excavadora (Doosan DX 340 LCA) y 02 volquetes (Volvo 8x4), sin cambiar operadores.
- Se registró en campo
- Se utilizó software para digitalizar los datos
- Se utilizó gráficos para la representación de las muestras de los TP, TC y TNC.
- Se muestra los resultados y posibles causas de los tiempos TNC.

### 3.5.2. Muestreo para la validación de la carta balance

Para la realización de la carta balance se necesitó la validación de la muestra tomada. Dado que estas muestras deben cumplir ciertas características como: deben estar registradas en tiempos instantáneos.

Para que la muestra de la carta balance sea confiable, hay muchos autores que engloban dos conceptos importantes: el método de estimación proporcional y el teorema del límite central.

Serpell (2002) propone a  $P$ , en la ecuación 6, como el estimador de confiabilidad extrema y como la mayor probabilidad de ocurrencia:

$$P = \frac{1}{N} \sum_i^n x_i x = \bar{X} \quad (6)$$

Brioso (2015) propone  $N$  muestras hallándolo con el teorema del límite central como la ecuación 7:

$$N = Z^2 \frac{P(1-P)}{L^2} \quad (7)$$

En la actualidad, diversos autores (Oglesby, Parker, Howell 1989; Serpell 2002, Ghio 2001, Brioso 2015), logran resumirla y dictaminan (Tabla 17) que la muestra tiende a ser ideal entre trabajos productivos y trabajos no productivos, teniendo así 50% de probabilidad para cada caso, además con una confianza de 95% y 5% de error, por lo cual la muestra mínima

para validar la carta balance es de 384 observaciones.

**Tabla 17: Muestra mínima para la carta balance**

Proporción por categoría	95% nivel de confianza				90% nivel de confianza			
	Límite de error (%)							
	1	2.5	5	10	1	2.25	25	10
50 - 50	9604	1537	384	96	6765	1082	271	68
40 - 60	9220	1475	<b>369</b>	92	6495	1039	260	65
30 - 70	8067	1291	323	81	5683	909	227	57
20 - 80	6147	983	246	61	4330	693	173	43
10 - 90	3457	553	138	35	2435	390	97	24

FUENTE: Olomolaiye, Jayawardane, & Harris (1998)

### 3.5.3. Evaluación de resultados e identificación para propuestas de mejora

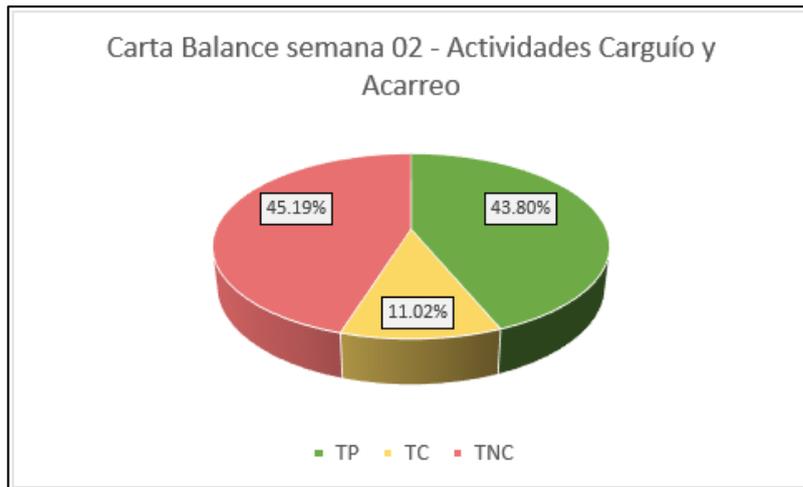
Se utilizó la carta balance en la semana 02 para poder evidenciar los tipos de trabajos que se desarrollaron en el proyecto, con lo cual en la Tabla 18 y Figura 21 podemos ver el resumen que se halló en la carta balance de la semana 02 donde podemos evidenciar que se tuvo un alto porcentaje de trabajos no contributivos y bajo porcentaje de trabajos productivo, lo cual tenía incidencia en la productividad de las actividades.

**Tabla 18: Resumen de tiempos registrados en el proyecto para la semana 02**

DESC.	RE-01 %	V-01 %	V-02 %	PROM.
<b>TP</b>	19.58%	56.53%	55.28%	43.80%
<b>TC</b>	14.03%	9.58%	9.44%	11.02%
<b>TNC</b>	66.39%	33.89%	35.28%	45.19%

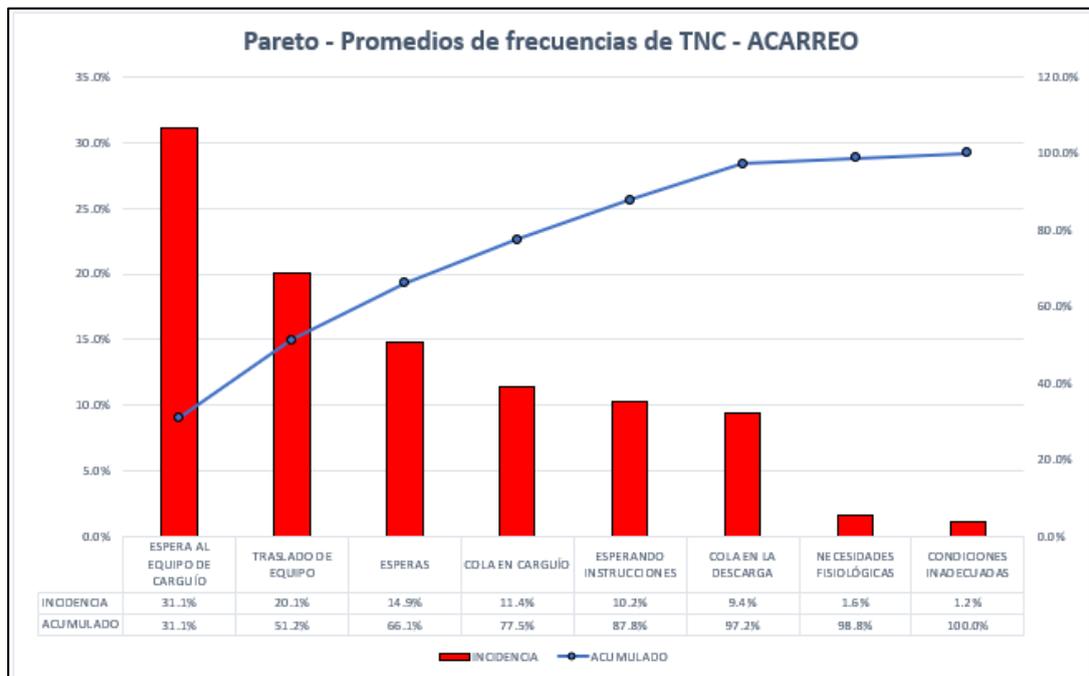
FUENTE: Propia

En la Figura 20 se mostró los resultados de la carta balance de la semana 02 los cuales podemos notar que se tuvo los TP en 43.80%, muy por debajo de los óptimos y los TNC se tienen muy elevados llegando a 45.19% lo cual nos dio un indicio de que se tenía un elevado porcentaje de trabajos no productivos.



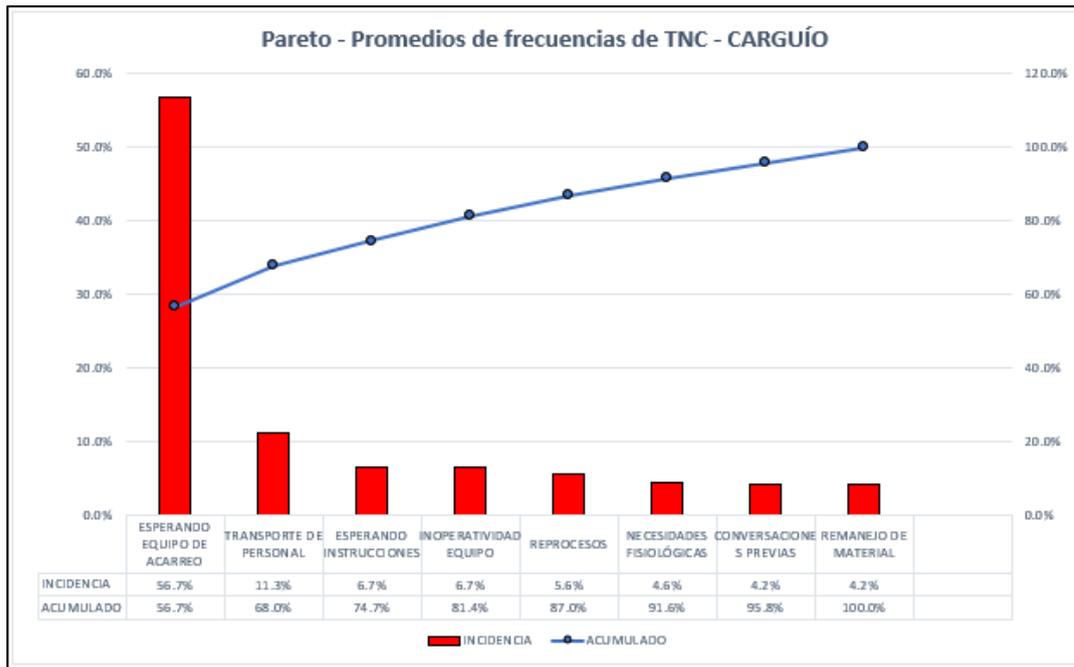
**Figura 20: Diagrama de tiempos registrados en el proyecto para la semana 02**

De igual manera, se realizó un Diagrama de Pareto (Figura 21) para poder ver, tanto para actividades de carguío como para acarreo, la disgregación de actividades no productivas dentro del TNC, para lo cual, en las actividades de acarreo, se obtuvo que el 31.1% del total del tiempo improductivo (TNC) se invirtió en esperas de equipos de carguío, 21.1% fueron los traslados de los equipos, 14.9% fueron esperas, 11.4% fueron colas para el carguío, 10.2% fueron esperas para instrucciones, 9.4% fueron colas para descargas, entre otros.



**Figura 21: Pareto de tiempos no productivos registrados para la semana 02 para el acarreo**

En la actividad de carguío se realizó de igual manera un Pareto (Figura 22) para ver el porcentaje de incidencia de cada subactividad que no genera valor (TNC) con lo cual se obtuvo el esperar al equipo de acarreo, el cual estaba en un 56.7%, además el transporte del capital humano fue 11.3%, la espera de instrucción para los trabajos fue de 6.7%, procesos rehechos fue de 5.6%, el ir al baño 4.6%, conversaciones entre trabajadores generando paradas innecesarias 4.2% y el remanejo del material de 4.2%.



**Figura 22: Pareto de tiempos no productivos registrados para la semana 02 para el carguío**

Los TNC estaban en 45.19% entre el carguío y el acarreo, lo cual nos indicó que se tenían elevados trabajos dentro del ciclo de producción que no sumaban valor a la entrega del proyecto, lo cual traía bastantes consecuencias, ocasionando demoras operativas, disminución en la productividad de los equipos, retrasos en cumplimiento de ejecución, entre otros, lo cual fue evidenciado en el ISP y la curva S. Pero habiendo tomado como bases teóricas de diferentes autores, se tenía la premisa que se podía mejorar los TP y disminuir los TNC, por lo cual se continuó con las propuestas de mejora.

### **3.5.4. Propuesta de mejora**

Las propuestas de mejora se empezaron a generar una vez obtenidas el total de actividades que no generaban valor y que se repetían alrededor de las actividades registradas, dado que es un proceso reiterativo, se replicaban a lo largo de toda la ejecución por lo cual, si al realizarse las mejoras, no solo iban a servir para un momento dado sino para el total del proyecto.

Es por eso que se intentó profundizar respecto a estos temas, dado que en muchos proyectos lo que se realiza son soluciones superficiales, por lo que se atacó la causa real de todos estos TNC.

#### **3.5.4.1. Lluvia de ideas**

La aplicación de la lluvia de ideas fue necesaria debido a que se logró recopilar bastantes tipos de soluciones para una problemática, por lo cual se reunió a todo el equipo de trabajo para poder escuchar y registrar todas las posibles soluciones. El objetivo de todo fue el poder recopilar los diferentes puntos de vista y así enriquecer la solución a las problemáticas generadas y el impulsar lo creativo de cada colaborador, así como tratar de impulsar la idea de que trabajar en equipo es muy importante.

Con lo cual se inició con la discusión de los trabajos con mayor incidencia en TNC, esto ocurrió con la finalidad de generar las ideas de solución, tomando en cuenta todas y cada una de las ideas opinadas en la reunión, sin juzgar ninguna de ellas. Con esto se generó la lluvia de ideas y se registró todos los puntos. Continuando con esto, se evaluó el total de opiniones dadas, se clasificó y además se seleccionó las ideas más acertadas de acuerdo con el criterio de expertos, con lo cual se procedió a realizar el diagrama de Ishikawa.

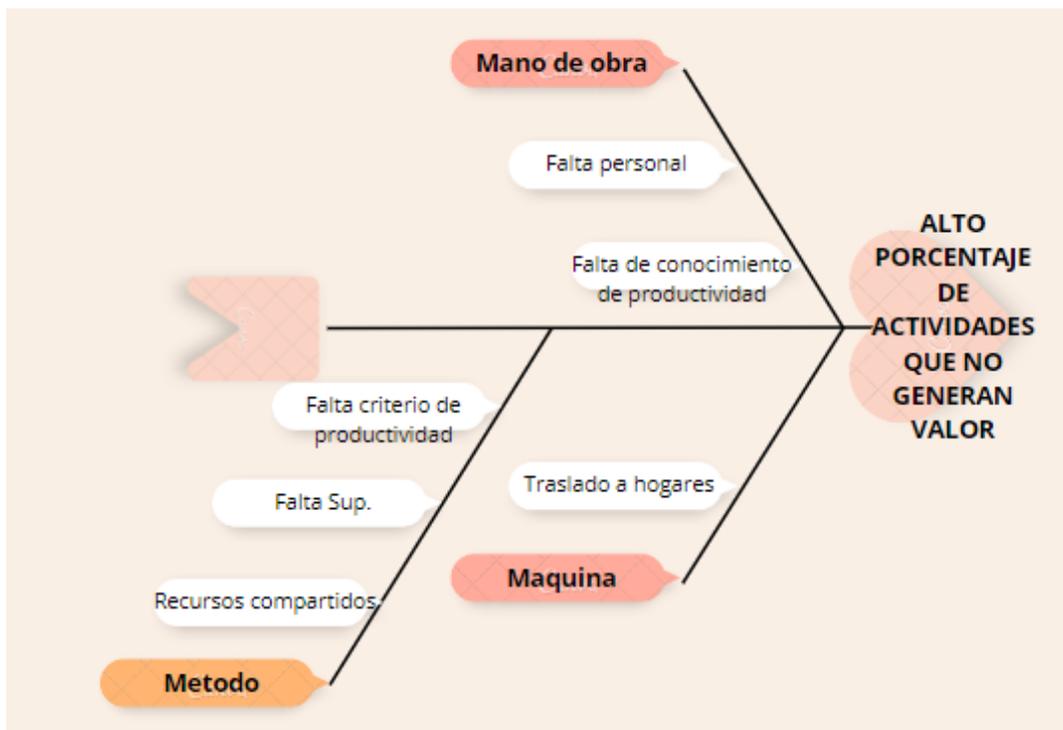
#### **3.5.4.2. Diagrama de Ishikawa**

Durante la reunión se realizó una síntesis para poder encontrar la causa raíz de la baja productividad, el sobre costo y demás con lo cual se hizo el diagrama de espina de pescado considerando solo tres de los cinco factores que propone Ishikawa (Figura 23) en sus investigaciones, estos fueron:

- Manpower

- Machines
- Methods

Por lo cual se concluyó que el problema de la baja productividad, el sobre costo y demás tuvo como causa raíz el **“ALTO PORCENTAJE DE ACTIVIDADES QUE NO GENERAN VALOR”**.



**Figura 23: Espina de pescado (causa-raíz) para el proyecto de ejecución**

### 3.5.4.3. Herramienta de los 5 ¿Por qué?

Habiendo realizado la lluvia de ideas y la espina de pescado, se continuó realizando el método de los 5 ¿por qué? Con lo cual se buscó profundizar aún más las causas de todos los problemas que habíamos encontrado anteriormente, los cuales fueron ejecutados por los responsables de la obra, con lo cual se elaboró las propuestas de solución más específica para cada tipo de causa raíz hallado (Tabla 19) con la finalidad de evaluarlo y ver el impacto en una próxima carta balance.

Estas mejoras se realizaron durante la semana 03 para poder ver el impacto inmediato de estas durante la semana 05.

**Tabla 19: Cuadro de cuadras, problemas y soluciones propuestas**

<b>Causa #01</b>	<b>Problema principal</b>	<b>Mano de obra</b>
Se tiene un personal para descargar los volquetes de ambos proyectos.	Elevado tiempo de espera de equipos de acarreo	Se propuso tener un personal más y habilitar otra zona de descarga dentro del botadero y dentro de la distancia presupuestada de 2km
<b>Causa #02</b>	<b>Problema principal</b>	<b>Método</b>
Se comparten recursos con el otro proyecto.	Elevado tiempo de transporte de personal al frente de trabajo	Se propuso la habilitación de un vehículo para trasladar al personal y evitar retrasos al arranque de los trabajos.
<b>Causa #03</b>	<b>Problema principal</b>	<b>Mano de obra</b>
Bajo interés en las oportunidades de mejora.	Se tiene un porcentaje de remanaje de material	Se propuso capacitación respecto a temas de productividad en maquinaria pesada, para equipos de carguío y acarreo.
<b>Causa #04</b>	<b>Problema principal</b>	<b>Método</b>
Falta de supervisión constante	Se tiene un porcentaje elevado de esperando instrucciones	Se propuso la constante supervisión del proyecto así como el apoyo del área de topografía para el control constante.
<b>Causa #05</b>	<b>Problema principal</b>	<b>Método</b>
Ausencia de capacitaciones respecto a la productividad en maquinarias.	Se tiene un porcentaje de cola de carguío	Se propuso realizar la capacitación en temas de productividad para así mejorar la operación y concientizar al operador, realizando seguimiento continuo.
<b>Causa 06</b>	<b>Problema principal</b>	<b>Maquinaria</b>
El horario del bus de transporte no espera a los operadores para trasladarlos.	Se tiene un porcentaje alto en traslado de equipos.	Se propuso ampliar la hora de salida del bus hasta las 5:15pm con la finalidad de culminar y realizar al menos una vuelta adicional de acarreo y descarga del desmonte.

FUENTE: Propia

### 3.5.5. Evaluación de resultados

Se implementó las propuestas a soluciones a las causas raíz para poder mitigar el alto porcentaje de actividades que no generan valor al proceso productivo, y se corroboró con una nueva carta balance realizada durante la semana 04 con la finalidad de poder visualizar el impacto generado (Figura 24 y Figura 25).

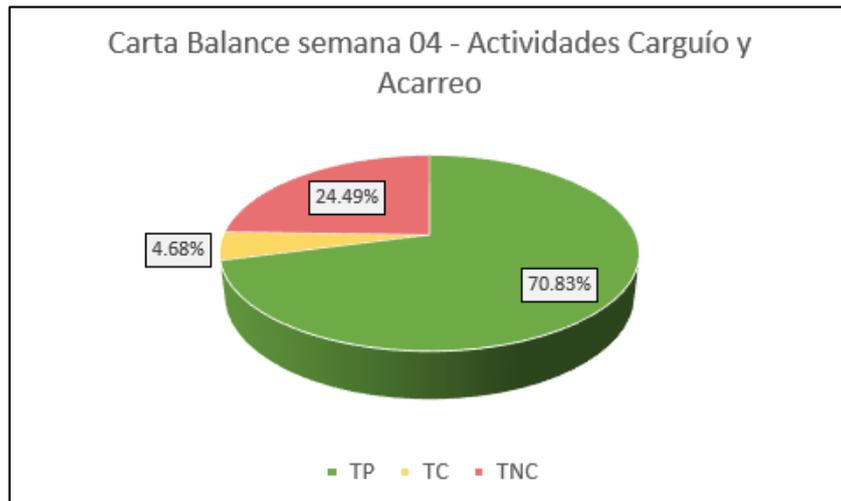


Figura 24: Gráfico resumen de tiempos registrados en el proyecto para la semana 04

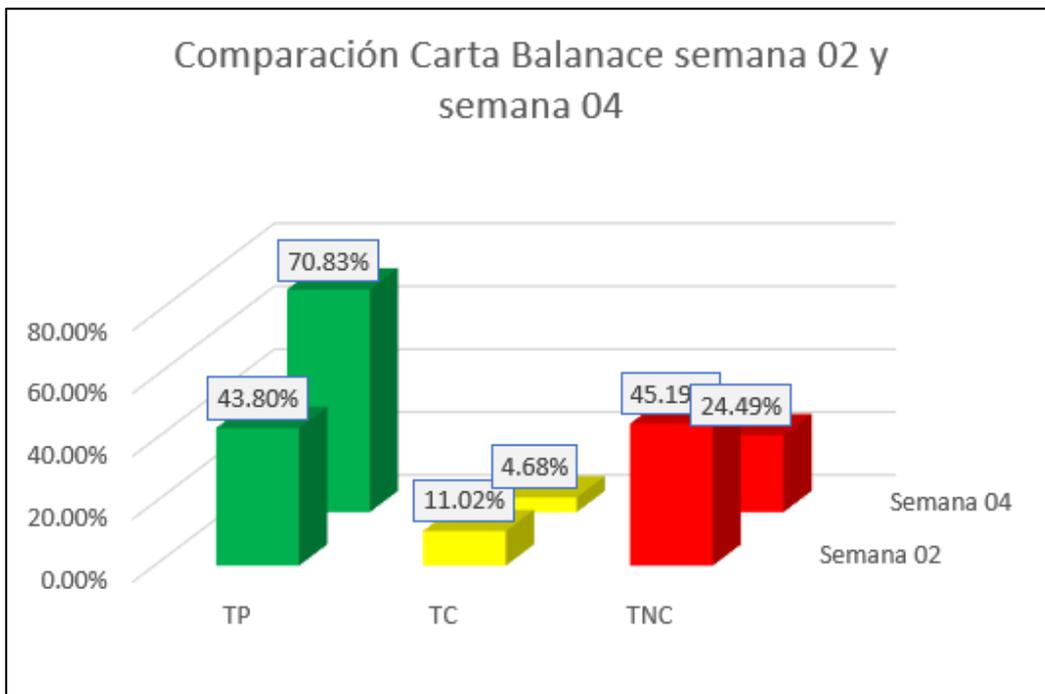
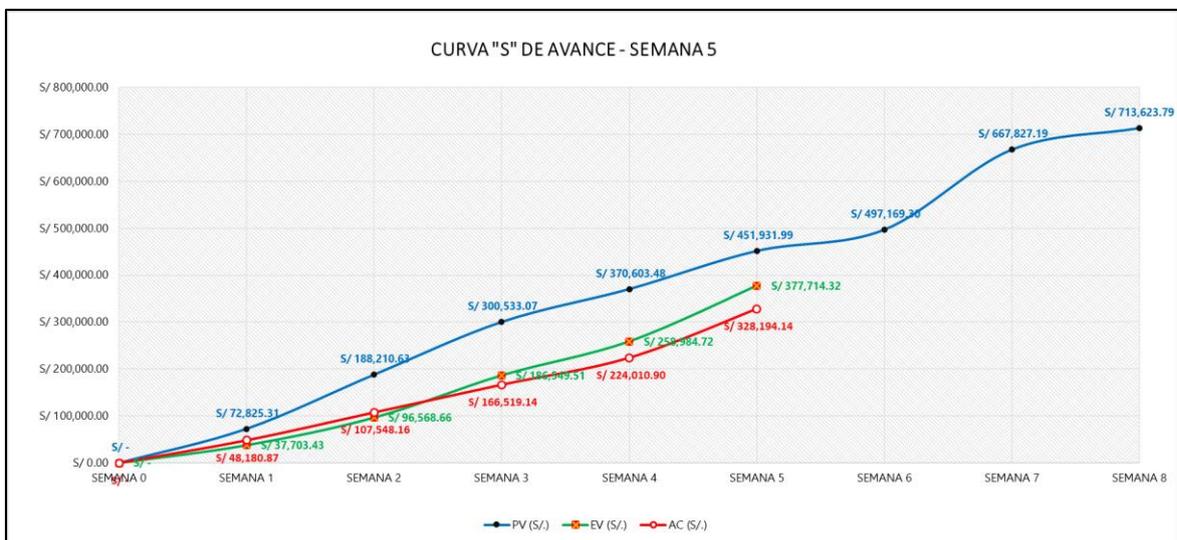


Figura 25: Gráfico resumen comparativos entre la carta balance de la semana 02 y la semana 04

Con lo cual con los resultados de la semana 04 pudimos obtener 70.83 de TP, 4.68% TC y 24.49% en TNC (Figura 25)

Y con estos resultados de la semana 04 se compararon con los registros de la semana 02 con lo cual obtuvimos un aumento de 27.03% en TP, una reducción de TC de 6.34 y la reducción más significativa de 20.7% en TNC, con lo cual se logró reducir los tiempos donde las actividades no generan valor

Adicional a esto se también se hizo una comparación de los resultado obtenidos en la semana 05 en los informes de I.S.P. y Curva S con lo cual se corroboró que la Curva S se elevó considerablemente entre el valor ganado y la reducción de los sobrecostos generados por el proyecto (Figura 26) además en los indicadores de desempeño de costos (CPI) y cronograma (SPI) vemos que en la semana 5, el valor del proyecto en general se elevó en 1.15 (CPI) pero que en SPI se mantuvo por debajo del 1, lo cual indica que si bien, estábamos por debajo del costo para la producción del proyecto en la semana 05, aún teníamos problemas con el cronograma de ejecución de obra (Tabla 20).



**Figura 26: Curva S de avance del proyecto de la semana 05**

**Tabla 20: KPI's Curva S de avance del proyecto de la semana 05**

Costo total presupuestado (BAC)		S/	713,623.79	
Indices y variaciones		Valor		
Variación del costo (CV/Cost Variance) [CV=EV-AC]		S/	49,520.18	
Variación del cronograma (SV/Schedule Variance) [SV=EV-PV]		-S/	74,217.67	
Índice de desempeño del costo (CPI/Cost Performance Index) [CPI = EV/AC]			1.15	
Índice de desempeño del cronograma del proyecto (SPI/Schedule Performance Index) [SPI = EV/PV]			0.84	
Estimación a la conclusión (EAC/Estimate at Completion) [EAC = BAC/CPI]		S/	620,064.25	
<b>AVANCE</b>		<b>SEMANA 5</b>		
Mediciones SEMANA 5	SCHEDULE			
	SV > 0 y SPI > 1	SV 0 y SPI 1	SV < 0 y SPI < 1	
COST	CV > 0 y CPI > 1	Ahead of Shcedule Under Budget	On Schedule Under Budget	Behind Schedule Under Budget
	CV 0 y CPI 1	Ahead of Shcedule On Budget	On Schedule On Budget	Behind Schedule On Budget
	CV < 0 y CPI < 1	Ahead of Shcedule Over Budget	On Schedule Over Budget	Behind Schedule Over Budget

FUENTE: Propia

Además, en el I.S.P. pudimos notar que para la evaluación de solo las actividades de carguío y acarreo se optimizó los indicadores de desempeño donde pudimos notar que para las actividades de carguío se llegó a estar mayor a 1 lo cual indicó que se tuvo una reducción de los costos operativos, caso contrario para el CPI en la actividad de acarreo el cual si bien se logró aumentar de 71% (Tabla 21) a 80%, no se pudo tener un indicador mayor a 1 lo cual nos indicó que se tuvo un sobre costos, no tanto como antes, en la actividad de acarreo.

**Tabla 21: Informe Semanal de Producción (ISP) de la semana 05 del proyecto**

DESCRIPCIÓN	UNID.	SEMANA 05		PRODUCCIÓN REAL ACUMULADA	ACUMULADO ANTERIOR	CPI	SPI
		PRESUPUESTO					
		PPTO SEMANAL	PPTO META				
<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>							
<b>ACTIIDADES CARGUÍO Y ACARREO</b>							
<b>CARGUÍO</b>							
Producción del Periodo	M3						
Producción Acumulada	M3	10,322.99	14,058.00	9,287.76	9,287.76		90%
H.M. del Periodo	H.M.						
H.M. Acumulada	H.M.	215.88	293.98	184.28	184.28		
Rendimiento del Periodo	H-M/M3						
Rendimiento Acumulado	H-M/M3	0.02091	0.0209	0.0203	0.0203		
Monto del Periodo	S/.						
Monto Acumulado	S/.	182,254.98	248,264.28	155,580.33	155,580.33		
Ratio del Periodo	S/. / M3						
Ratio Acumulado	S/. / M3	17.66	17.66	17.14		103%	
<b>ACARREO</b>							
Producción del Periodo	M3						
Producción Acumulada	M3	10,322.99	14,058.00	9,287.76	9,287.76		90%
H.M. del Periodo	H.M.						
H.M. Acumulada	H.M.	404.82	551.29	445.21	445.21		
Rendimiento del Periodo	H-M/M3						
Rendimiento Acumulado	H-M/M3	0.03922	0.0392	0.0490	0.0490		
Monto del Periodo	S/.						
Monto Acumulado	S/.	146,749.47	199,904.76	161,389.76	161,389.76		
Ratio del Periodo	S/. / M3						
Ratio Acumulado	S/. / M3	14.22	14.22	17.77		80%	
<b>H-M Acumuladas Carguío y Acarreo</b>		<b>620.70</b>		<b>629.49</b>		<b>101%</b>	

FUENTE: Propia

Se continuó con la implementación de las mejoras durante la ejecución del proyecto, con lo cual logró la reducción de los costos operativos para la actividad de carguío de S/. 25,372.21 (Tabla 22) y para la actividad de acarreo de S/. 34,988.50 (Tabla 23), logrando optimiza la productividad en 9.51% y 12.36% respectivamente para el final del proyecto.

**Tabla 22: Optimización productividad volquetes**

	SITUACIÓN	PRODUCTIVIDAD	RENDIMIENTO	SALDO POR EJECUTAR (M3)	H-M	S/. / H-M	MONTO
<b>CARGUÍO</b>	<b>TEÓRICA PPTO.</b>	<b>56.26 m3/hm</b>	<b>0.0209 hm/m3</b>	<b>14,058.00 m3</b>	293.98 hm	S/844.26	S/248,197.44
	INICIAL	44.59 m3/hm	0.0225 hm/m3	14,058.00 m3	315.94 hm	S/844.26	S/266,734.72
	IMPLEMENTANDO	50.84 m3/hm	0.0203 hm/m3	14,058.00 m3	285.89 hm	S/844.26	S/241,362.51

FUENTE: Propia

**Tabla 23: Optimización productividad volquetes**

	SITUACIÓN	PRODUCTIVIDAD	RENDIMIENTO	SALDO POR EJECUTAR (M3)	H-M	S/. / H-M	MONTO
<b>ACARREO</b>	<b>TEÓRICA PPTO.</b>	<b>28.13 m3/hm</b>	<b>0.0392 hm/m3</b>	<b>14,058.00 m3</b>	551.29 hm	S/362.50	S/199,845.52
	INICIAL	17.88 m3/hm	0.0555 hm/m3	14,058.00 m3	780.39 hm	S/362.50	S/282,894.10
	IMPLEMENTANDO	21.02 m3/hm	0.0486 hm/m3	14,058.00 m3	683.87 hm	S/362.50	S/247,905.61

FUENTE: Propia

De igual manera se mantuvo la implementación de las mejoras a lo largo del proyecto, teniendo también como resultado una optimización para el cronograma planificado, dado que las proyecciones de la semana 02 arrojaron un retraso considerable, lo cual, si se hubiera mantenido realizando las actividades y no se hubiera realizado el análisis de trabajos no productivos, hubiéramos tenido un retraso de una semana y media.

Además, los indicadores de desempeño de costos (CPI) y cronograma (SPI) para la semana 08, el valor del proyecto en general se elevó en 1.25 (CPI) y el SPI llegó a 1, lo cual indicó que se llegó a estar por debajo del costo presupuestado del proyecto y se culminó el proyecto dentro del cronograma línea base (Tabla 24).

Esto ayudó a culminar el proyecto dentro de lo establecido, manteniendo los costos operativos dentro del rango y el margen planificado para este proyecto.

**Tabla 24: KPI's Curva S culminación del proyecto de la semana 08**

<b>Costo total presupuestado (BAC)</b>		S/	713,623.79
<b>Indices y variaciones</b>		<b>Valor</b>	
Variación del costo (CV/Cost Variance) [ <b>CV=EV-AC</b> ]		S/	142,036.10
Variación del cronograma (SV/Schedule Variance) [ <b>SV=EV-PV</b> ]		S/	-
Índice de desempeño del costo (CPI/Cost Performance Index) [ <b>CPI = EV/AC</b> ]			1.25
Índice de desempeño del cronograma del proyecto (SPI/Schedule Performance Index) [ <b>SPI = EV/PV</b> ]			1.00
Estimación a la conclusión (EAC/Estimate at Completion) [ <b>EAC = BAC/CPI</b> ]		S/	571,587.69
<b>AVANCE</b>		<b>SEMANA 8</b>	
<b>Mediciones SEMANA 8</b>	<b>SCHEDULE</b>		
	<b>SV &gt; 0 y SPI &gt; 1</b>	<b>SV 0 y SPI 1</b>	<b>SV &lt; 0 y SPI &lt; 1</b>
COST	CV > 0 y CPI > 1	Ahead of Shcedule Under Budget	On Schedule Under Budget
	CV 0 y CPI 1	Ahead of Shcedule On Budget	On Schedule On Budget
	CV < 0 y CPI < 1	Ahead of Shcedule Over Budget	On Schedule Over Budget
			Behind Schedule Under Budget
			Behind Schedule On Budget
			Behind Schedule Over Budget

FUENTE: Propia

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1. Resultados**

- Durante la aplicación de la carta balance, se capacitó a los responsables de la obra con la finalidad de que logren entender que esta herramienta no busca manipular las acciones de los observados, solo se enfoca en el registro de actividades con la finalidad de poder evaluar los diferentes tiempos invertidos en cada actividad a ejecutar y luego tomar decisiones y posibles soluciones para optimizar las actividades de estudio.
- Durante la aplicación de la carta balance, se tuvo que adaptar la herramienta para un proyecto de movimiento de tierra, dado que lo usual es que se registren en proyectos de edificaciones, lo cual se logró con éxito con la ayuda adicional de ingenieros juniors y el equipo del proyecto.
- Durante la tormenta de idea, se tuvo la participación del personal operativo de los equipos, así como de los responsables de la obra, con la finalidad de lograr captar los diferentes puntos de vista de cada involucrado del proyecto, esto para poder ampliar el rango de soluciones y propuestas de mejoras que se debían tener para lograr la optimización de la productividad.
- Se logró la optimización de la productividad en 9.51% y 12.36% para las actividades de carguío y acarreo para el proyecto de movimiento de tierras lo cual se hizo una comparación entre lo proyectado de como se estaba llevando a cabo el proyecto antes de las soluciones implementadas y lo real de como acabó el proyecto para la semana 08.

- Las soluciones se implementaron sin un costo impactante que genere variaciones excesivas en el presupuesto del proyecto, lo cual nos indica el Lean que se debe utilizar nuestros propios recursos para optimizar los sistemas de producción sin la inversión de grandes cantidades de capital, lo cual perjudicaría el presupuesto del proyecto.

#### **4.2. Discusiones**

- Se logró la identificación de las actividades dentro del proyecto de movimiento de tierras teniendo los tiempos productivos, los tiempos contributorios y los tiempos no contributorios, lo cual nos dio un panorama de como se invierten los tiempos que no generan valor dentro del proyecto de movimiento de tierras y que estos logran coincidir con diversas evidencias en otros proyectos, que no son de movimiento de tierras, lo cual nos da un indicio que el alto tiempo invertido en actividades que no generan valor se replica en diferentes tipos de proyectos.
- Los resultados que se registraron en las cartas balances realizadas en el proyecto nos dan la pauta que para los futuros proyectos se puede lograr la optimización aún más refinada, dado que tomando en cuenta diversas bibliografías, es posible reducir a menos de 15% de trabajos no contributorios con la finalidad de aumentar los tiempos para actividades que generan valor.
- La falta de control de productividad para los diferentes proyectos es un punto que se debe empezar a mejorar y replicarlo para futuros proyectos, con la finalidad de aumentar la productividad para el sector construcción en Perú, generando mayor PBI del país.

## V. CONCLUSIONES

- Se logró adaptar y optimizar la carta balance para la optimización de las actividades de carguío y acarreo, y mejorar la productividad de estas, pudiendo tener un diagnóstico del tipo de actividad que realizaban dentro del proyecto de movimiento de tierras, logrando detectar que tipos de problemática se generaron dentro de los procesos de producción donde están involucrado las actividades detalladas, pudiendo evidenciar gran porcentaje de actividades que no generaban valor, con lo cual se logró tomar medidas y se logró mitigar estos tipos de trabajo logrando finalmente disminuirlos lo que trajo como consecuencia la optimización del método utilizado para el movimiento de tierras.
- Se logró registrar y analizar en la carta balance los tiempos productivos, tiempos contributorios y no contributorios en el proyecto con lo cual se pudo evidenciar que se contaba con un elevado porcentaje de trabajos que no generaban valor.
- Se logró evidenciar las actividades que no generaban valor en el proyecto de movimiento de tierras, con lo cual muchas coinciden con las actividades que el Lean propone a ser disminuidas o eliminadas por completo, que, tomando diversos autores, sería posible poder optimizar este tipo de actividades y así poder mejorar y lograr tener una mayor cantidad de actividades productivas.
- Se logró la aplicación de mejoras en las actividades de carguío y acarreo, pudiendo optimizar estas actividades, disminuyendo las actividades que no generan valor y logrando aumentar las actividades productivas, logrando el aumento de la productividad, por ende, la reducción de costos operativos.

- Gracias a los conocimientos en los diferentes conceptos aprendidos en mi carrera universitaria tales como: administración de maquinaria, maquinarias para obras, maquinaria para movimiento de tierras, proyectos de inversión y topografía, he podido desarrollar el presente trabajo de suficiencia profesional.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- En este tipo de proyectos de movimiento de tierras es necesario mantener un buen sistema de control debido a los altos costos operativos que demandan, es por eso que se requiere una buena base sobre cómo funciona la productividad en los equipos de maquinaria, con la finalidad de que el equipo de trabajo mantenga el buen desempeño de la productividad a lo largo del ciclo de vida del proyecto, e indirectamente generará una reducción de costos operativos, y un buen desempeño en el desarrollo del proyecto.
- El uso de la herramienta carta balance nos ayuda de manera significativa para poder registrar como se invierte los tiempos dentro de una determinada actividad de alguna partida o subpartida, con lo cual se puede identificar si el proceso constructivo no es el indicado, si está la cuadrilla de trabajo bien dimensionada o si se están realizando actividades que no generan valor, las cuales inciden en el desarrollo del proyecto lo cual genera un impacto en la productividad, que, una vez enfocado el problema, se puede tomar las medidas para su optimización y controlar de manera instantánea el desarrollo del proyecto.
- El uso de la carta balance debe replicarse a más proyectos con la finalidad de recopilar los diferentes tipos de actividades que desarrollan cada proyecto en particular, con lo cual sumaría a una base de datos y esto ayudará a tener una base de datos de lecciones aprendidas con lo cual otros proyectos podrían usarlo como punto de partida para su desarrollo.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arboleda, S. (2014). *Análisis de análisis de productividad, rendimientos y consumo de mano de obra en procesos constructivos, elemento fundamental en la fase de planeación* (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. <http://www.bdigital.unal.edu.co/45932/1/71792750.2014.pdf>
- Arroyo, J., Alvarado, J. y Alarcón, P. (2018). Cálculo de Productividad y Optimización del Equipo Pesado utilizado en Movimiento de Tierras. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, 3(ICCE), 28-35. <https://doi.org/10.26910/issn.2528-8083vol3issICCE2018>
- Barbosa, F., Woetzel, J. & Mischke, J. (2017). *Reinventing construction: A route of higher productivity*. McKinsey Global Institute. Recuperado de <http://dln.jaipuria.ac.in:8080/jspui/bitstream/123456789/2898/1/MGI-Reinventing-Construction-Full-report.pdf>
- Brioso, X. (2015). *The analysis of construction without losses (Lean Construction) and its relationship with project & Construction Management: Proposal for regulation in Spain and its inclusion in the building planning law*. Recuperado de [https://oa.upm.es/40250/1/XAVIER\\_MAX\\_BRIOSO\\_LESCANO.pdf](https://oa.upm.es/40250/1/XAVIER_MAX_BRIOSO_LESCANO.pdf)
- Burgasí, D., Cobo, D., Pérez, K., Pilacuan, R. y Rocha, M. (2021). El diagrama de Ishikawa como herramienta de calidad en la educación: Una revisión de los últimos 7 años. *Revista Científica Tambara* (84), 19. Recuperado de [https://tambara.org/wp-content/uploads/2021/04/DIAGRAMA-ISHIKAWA\\_FINAL-PDF.pdf](https://tambara.org/wp-content/uploads/2021/04/DIAGRAMA-ISHIKAWA_FINAL-PDF.pdf)
- Bustillo, M. y López, C. (1997). *Manual de evaluación y diseño de explotaciones mineras*. Madrid [Avda. de Portugal, 3 : C. López, 1997. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=227436>
- Cantú, A., López, M. y Peirone, P. (2018). *Análisis de los factores que afectan la productividad de obras civiles*. Argentina: Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Cuyo.

- Castillo, C. y Flores, M. (2016). *Optimización de la mano de obra utilizando la Carta Balance en edificaciones multifamiliares (caso: "Cerezos de Surco")* Santiago de Surco-Lima (tesis de pregrado). Universidad de San Martín de Porres, Lima, Perú. Recuperado de [http://www.repositorioacademico.usmp.edu.pe/bitstream/handle/usmp/2636/castillo\\_flores.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.repositorioacademico.usmp.edu.pe/bitstream/handle/usmp/2636/castillo_flores.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Daft, R.L. (2006). *The new era of management: International Edition*. Mason: South-Western Thomson. Recuperado de [https://www.scirp.org/\(S\(i43dyn45teexjx455qlt3d2q\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=394149](https://www.scirp.org/(S(i43dyn45teexjx455qlt3d2q))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=394149)
- Ghio, V. (2001). *Productividad en obras de construcción*. Recuperado de [https://www.academia.edu/36844625/PRODUCTIVIDAD\\_EN\\_OBRAS\\_DE\\_CONSTRUCCION-VIRGILIO\\_GHIO\\_CASTILLO.pdf](https://www.academia.edu/36844625/PRODUCTIVIDAD_EN_OBRAS_DE_CONSTRUCCION-VIRGILIO_GHIO_CASTILLO.pdf)
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta ed.). México: Editorial McGrawHill. Recuperado de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (1985). *Metodología de la investigación*. México. D.F. Recuperado de <https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www.derechoshumanos.unlp.edu.ar/assets/files/documentos/metodologia-de-la-investigacion.pdf>
- Koskela, Lauri. (1992). *TR072: Application of the New Production Philosophy to Construction*. California, EE.UU.: Stanford. Available at <http://purl.stanford.edu/kh328xt3298>
- Kuong, J. (2014). *Diseño y producción: TICE, Apuntes del curso: Material producido para el curso Gestión de la Producción* (Tesis de Maestría). Pontificia Universidad Católica el Perú, Lima, Perú. Recuperado de [https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/625003/Mercado%20\\_RM.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/625003/Mercado%20_RM.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Lean Construction Institute. (2007). *The last planner production system workbook: improving reliability in planning and workflow*. Recuperado de <https://www.leanconstruction.org/wp-content/uploads/2016/06/LastPlanner-Workbook-rev5.pdf>
- Manrique Reyes, Y. (2017). *Diseño de un modelo de gestión para mejorar la rentabilidad mediante el incremento de la productividad y el control de los costos en proyectos*

- de construcción* (Tesis de Maestría). Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú. Recuperado de <http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/1392/YMANRIQUER.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Pareto, V. (1896). *Manual de economía política*. Cours d'économie politique, Ed\* V Pareto - Rouge, Lausanne, 1897
- Pizarro Mayhua, E. (2021). Optimización de la mano de obra utilizando la carta balance en la “Carretera vecinal – Chiribamba a Incachaca – Castrovirreyra – Huancavelica” (Tesis de pregrado). Universidad Peruana Los Andes. Recuperado de <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/1106#:~:text=La%20conclusi%C3%B3n%20principal%20de%20la,las%20metas%20programadas%20en%20obra>.
- Project Management Institute. (2017). *A guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK guide)* (6th ed.). Project Management Institute.
- Quispe Mitma, R. (2017). *Aplicación de “lean construction” para mejorar la productividad en la ejecución de obras de edificación, Huancavelica* (Tesis de Maestría). Universidad César Vallejo, Perú. Recuperado de [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/14979/Quispe\\_MRE.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/14979/Quispe_MRE.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Ruiz, S. (2017, 15 de setiembre). Productividad en Obras Civiles [Conferencia]. CNLC 2017: *Congreso Nacional Lean Construction*, Lima, Perú. <https://www.youtube.com/watch?v=xRQGYeH7du8&t=1528s>
- Serpell, A. (1990). Análisis de operaciones mediante cartas de balance. *Revista de Ingeniería de Construcción*, (9): 11-28. <https://repositorio.uc.cl/handle/11534/10010>

## **VIII. ANEXOS**

**Anexo 1: Registro de carta balance (semana 02) para actividades de movimiento de tierras, para excavadora y volquetes**

MUESTREO DE TRABAJO																									
OBRA	ACCESOS A TANQUES			INICIO : 07:00																					
DÍA	LUNES			FINAL : 19:00																					
FECHA	27/09/2021																								
OBSERVACIONES				ACUMULADO DE MATERIAL DESMONTADO	CARGUÍO DE MATERIAL		CHARLAS DE SEGURIDAD	CALENTAMIENTO DE MOTOR	ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE	LUBRICACIÓN	TRASLADO DE EQUIPO	REALIZACIÓN DE CAMA PARA LA CARGA	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	FIRMA DE HERRAMIENTAS DE GESTIÓN		CONVERSACIONES PREVIAS	ESPERANDO EQUIPO DE ACARREO	TRANSPORTE DE PERSONAL	REMANEJO DE MATERIAL	ESPERANDO INSTRUCCIONES	CONDICIONES INADECUADAS	REPROCESOS	INOPERATIVIDAD EQUIPO	NECESIDADES FISIOLÓGICAS	
N°	HORA	MIN/HR	P (min)	PRODUCTIVO	C (min)	CONTRIBUTORIO								NC (min)	NO CONTRIBUTORIO								OSERVACIONES		
RE-01	07:00 - 08:00	60.00	-	-	30.50	12.00	10.50	-	8.00	-	-	-	-	-	29.50	10.00	-	10.00	-	9.50	-	-	-	-	
RE-01	08:00 - 09:00	60.00	20.00	5.00	15.00	3.00	-	-	-	-	-	-	-	3.00	37.00	-	23.50	-	####	-	-	3.50	-	-	
<b>TOTALES</b>		<b>120.00</b>	<b>20.00</b>	5.0	15.0	<b>33.50</b>	12.0	10.5	0.0	8.0	0.0	0.0	0.0	3.0	<b>66.50</b>	10.0	23.5	10.0	10.0	9.5	0.0	3.5	0.0	0.0	

MUESTREO DE TRABAJO																								
OBRA	ACCESO A TANQUES			INICIO : 07:00																				
DÍA	LUNES			FINAL : 19:00																				
FECHA	27/09/2021																							
OBSERVACIONES				CARGUÍO DE MATERIAL DESMONTADO	ACARREO DE MATERIAL DESMONTADO		CHARLAS DE SEGURIDAD	CALENTAMIENTO DE MOTORES	ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE	LUBRICACIÓN	REMANEJO DEL MATERIAL	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	FIRMA DE HERRAMIENTAS DE GESTIÓN		ESPERA AL EQUIPO DE CARGUÍO	COLA EN CARGUÍO	TRASLADO DE EQUIPO	ESPERANDO INSTRUCCIONES	COLA EN LA DESCARGA	CONDICIONES INADECUADAS	ESPERAS	NECESIDADES FISIOLÓGICAS		
N°	HORA	MIN/HR	P (min)	PRODUCTIVO	C (min)	CONTRIBUTORIO								NC (min)	NO CONTRIBUTORIO								OSERVACIONES	
V-1	07:00 - 08:00	60.00	-	-	27.00	12.00	7.00	-	8.00	-	-	-	-	-	33.00	13.50	-	10.00	9.50	-	-	-	-	
V-2	07:00 - 08:00	60.00	-	-	28.00	12.00	8.00	-	8.00	-	-	-	-	-	32.00	12.00	-	11.00	9.00	-	-	-	-	
V-1	08:00 - 09:00	60.00	47.50	8.50	39.00	7.50	-	-	-	-	4.00	-	3.50	5.00	2.00	-	-	-	3.00	-	-	-	-	
V-2	08:00 - 09:00	60.00	43.50	5.00	38.50	6.00	-	-	-	-	4.00	-	2.00	10.50	-	8.50	-	-	2.00	-	-	-	-	
<b>TOTALES</b>		<b>240.00</b>	<b>91.00</b>	13.5	77.5	<b>68.50</b>	24	15	0	16	8	0	5.5	<b>80.50</b>	27.5	8.5	21	18.5	5	0	0	0	0	

MUESTREO DE TRABAJO																								
OBRA	ACCESOS A TANQUES			INICIO : 07:00																				
DÍA	MARTES			FINAL : 19:00																				
FECHA	28/09/2021																							
OBSERVACIONES				ACUMULADO DE MATERIAL DESMO	CARGUIO DE MATERIAL	CHARLAS DE SEGURIDAD	CALENTAMIENTO DE MOTOR	ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBL	LUBRICACIÓN	TRASLADO DE EQUIPO	REALIZACIÓN DE CAMA PARA LA C	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	FIRMA DE HERRAMIENTAS DE GES	TNC (min)	CONVERSACIONES PREVIAS	ESPERANDO EQUIPO DE ACARREC	TRANSPORTE DE PERSONAL	REMANEJO DE MATERIAL	ESPERANDO INSTRUCCIONES	CONDICIONES INADECUADAS	REPROCESOS	INOPERATIVIDAD EQUIPO	NECESIDADES FISIOLÓGICAS	
N°	HORA	MIN/HR	TP (min)	PRODUCTIVO	TC (min)	CONTRIBUTORIO								TNC (min)	NO CONTRIBUTORIO								OSERVACIONES	
RE-01	10:00 - 11:00	60.00	18.50	3.00	15.50	4.00	-	-	-	-	4.00	-	-	37.50	-	30.50	-	-	-	-	-	-	-	7.00
RE-01	11:00 - 12:00	60.00	14.00	7.00	7.00	8.00	-	-	8.00	-	-	-	-	38.00	-	28.00	10.00	-	-	-	-	-	-	-
TOTALES		120.00	32.50	10.00	22.50	12.00	0.0	0.0	8.0	0.0	4.0	0.0	0.0	75.50	0.0	58.5	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0

MUESTREO DE TRABAJO																							
OBRA	ACCESOS A TANQUES			INICIO : 07:00																			
DÍA	MARTES			FINAL : 19:00																			
FECHA	28/09/2021																						
OBSERVACIONES				CARGUIO DE MATERIAL DESMONTE	ACARREO DE MATERIAL DESMONT	CHARLAS DE SEGURIDAD	CALENTAMIENTO DE MOTORES	ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBL	LUBRICACIÓN	REMANEJO DEL MATERIAL	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	FIRMA DE HERRAMIENTAS DE GES	TNC (min)	ESPERA AL EQUIPO DE CARGUIO	COLA EN CARGUIO	TRASLADO DE EQUIPO	ESPERANDO INSTRUCCIONES	COLA EN LA DESCARGA	CONDICIONES INADECUADAS	ESPERAS	NECESIDADES FISIOLÓGICAS		
N°	HORA	MIN/HR	TP (min)	PRODUCTIVO	TC (min)	CONTRIBUTORIO								TNC (min)	NO CONTRIBUTORIO								OSERVACIONES
V-1	10:00 - 11:00	60.00	52.00	7.00	45.00	-	-	-	-	-	-	-	8.00	4.00	-	-	-	-	-	-	-	-	4.00
V-2	10:00 - 11:00	60.00	49.50	8.00	41.50	-	-	-	-	-	-	-	10.50	4.00	4.50	-	-	2.00	-	-	-	-	-
V-1	11:00 - 12:00	60.00	39.00	3.00	36.00	-	-	-	-	-	-	-	21.00	8.00	-	6.00	-	3.00	-	-	4.00	-	-
V-2	11:00 - 12:00	60.00	40.00	3.50	36.50	-	-	-	-	-	-	-	20.00	5.00	-	6.00	-	5.00	-	-	4.00	-	-
TOTALES		240.00	180.50	21.5	159	-	0	0	0	0	0	0	59.50	21	4.5	12	0	10	0	8	4		

MUESTREO DE TRABAJO																										
OBRA	ACCESOS A TANQUES			INICIO : 07:00																						
DÍA	MIÉRCOLES			FINAL : 19:00																						
FECHA	29/09/2021																									
OBSERVACIONES				ACUMULADO DE MATERIAL DESMONT	CARGUÍO DE MATERIAL		CHARLAS DE SEGURIDAD	CALENTAMIENTO DE MOTOR	ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE	LUBRICACIÓN	TRASLADO DE EQUIPO	REALIZACIÓN DE CAMA PARA LA C	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	FIRMA DE HERRAMIENTAS DE GES		CONVERSACIONES PREVIAS	ESPERANDO EQUIPO DE ACARREO	TRANSPORTE DE PERSONAL	REMANEJO DE MATERIAL	ESPERANDO INSTRUCCIONES	CONDICIONES INADECUADAS	REPROCESOS	INOPERATIVIDAD EQUIPO	NECESIDADES FISIOLÓGICAS		
N°	HORA	MIN/HR	P (min)	PRODUCTIVO	C (min)	CONTRIBUTORIO								NC (min)	NO CONTRIBUTORIO								OSERVACIONES			
RE-01	17:00 - 18:00	60.00	12.00	-	12.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48.00	-	33.50	-	-	6.50	-	8.00	-	-	
RE-01	18:00 - 19:00	60.00	6.00	-	6.00	5.00	-	-	-	-	3.00	2.00	-	-	49.00	-	20.00	7.00	-	-	-	2.00	16.00	4.00		
<b>TOTALES</b>				<b>120.00</b>	<b>18.00</b>	0.0	18.0	<b>5.00</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	2.0	0.0	0.0	<b>97.00</b>	0.0	53.5	7.0	0.0	6.5	0.0	10.0	16.0	4.0

MUESTREO DE TRABAJO																								
OBRA	ACCESO A TANQUES			INICIO : 07:00																				
DÍA	MIÉRCOLES			FINAL : 19:00																				
FECHA	29/09/2021																							
OBSERVACIONES				CARGUÍO DE MATERIAL DESMONT	ACARREO DE MATERIAL DESMONT		CHARLAS DE SEGURIDAD	CALENTAMIENTO DE MOTORES	ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE	LUBRICACIÓN	REMANEJO DEL MATERIAL	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	FIRMA DE HERRAMIENTAS DE GES		ESPERA AL EQUIPO DE CARGUÍO	COLA EN CARGUÍO	TRASLADO DE EQUIPO	ESPERANDO INSTRUCCIONES	COLA EN LA DESCARGA	CONDICIONES INADECUADAS	ESPERAS	NECESIDADES FISIOLÓGICAS		
N°	HORA	MIN/HR	P (min)	PRODUCTIVO	C (min)	CONTRIBUTORIO								NC (min)	NO CONTRIBUTORIO								OSERVACIONES	
V-1	15:00 - 16:00	60.00	40.00	5.00	35.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.00	11.00	3.50	-	3.50	2.00	-	-	-	-
V-2	15:00 - 16:00	60.00	40.00	6.00	34.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.00	8.00	1.00	-	3.50	4.50	3.00	-	-	-
V-1	16:00 - 17:00	60.00	25.00	3.00	22.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35.00	4.00	8.00	9.00	-	-	-	14.00	-	
V-2	16:00 - 17:00	60.00	26.00	3.00	23.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34.00	6.00	3.00	8.00	-	2.00	-	15.00	-	
<b>TOTALES</b>				<b>240.00</b>	<b>131.00</b>	17	114	-	0	0	0	0	0	0	0	<b>109.00</b>	29	15.5	17	7	8.5	3	29	0

**Anexo 2: Registro de carta balance (semana 04) para actividades de movimiento de tierras, para excavadora y volquetes**

MUESTREO DE TRABAJO																									
OBRA	ACCESO A TANQUES			INICIO : 07:00																					
DÍA	LUNES			FINAL : 19:00																					
FECHA	11/10/2021																								
OBSERVACIONES				ACUMULADO DE MATERIAL DESMONT	CARGUJO DE MATERIAL		CHARLAS DE SEGURIDAD	CALENTAMIENTO DE MOTOR	ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE	LUBRICACIÓN	TRASLADO DE EQUIPO	REALIZACIÓN DE CAMA PARA LA C	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	FIRMA DE HERRAMIENTAS DE GES		CONVERSACIONES PREVIAS	ESPERANDO EQUIPO DE ACARREC	TRANSPORTE DE PERSONAL	REMANEJO DE MATERIAL	ESPERANDO INSTRUCCIONES	CONDICIONES INADECUADAS	REPROCESOS	INOPERATIVIDAD EQUIPO	NECESIDADES FISIOLÓGICAS	
N°	HORA	MIN/HR	P (min)	PRODUCTIVO	C (min)	CONTRIBUTORIO									NC (min)	NO CONTRIBUTORIO						OSERVACIONES			
RE-01	07:00 - 08:00	60.00	19.00	9.00	10.00	12.00	-	-	-	-	-	-	-	-	29.00	-	10.00	10.00	-	9.00	-	-	-	-	
RE-01	08:00 - 09:00	60.00	38.00	21.50	16.50	3.00	-	-	-	-	-	-	-	3.00	19.00	-	19.00	-	-	-	-	-	-	-	
<b>TOTALES</b>		<b>120.00</b>	<b>57.00</b>	30.5	26.5	<b>15.00</b>	12.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	<b>48.00</b>	0.0	29.0	10.0	0.0	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

MUESTREO DE TRABAJO																								
OBRA	ACCESO A TANQUES			INICIO : 07:00																				
DÍA	LUNES			FINAL : 19:00																				
FECHA	11/10/2021																							
OBSERVACIONES				CARGUJO DE MATERIAL DESMONT	ACARREO DE MATERIAL DESMONT		CHARLAS DE SEGURIDAD	CALENTAMIENTO DE MOTORES	ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE	LUBRICACIÓN	REMANEJO DEL MATERIAL	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	FIRMA DE HERRAMIENTAS DE GES		ESPERA AL EQUIPO DE CARGUJO	COLA EN CARGUJO	TRASLADO DE EQUIPO	ESPERANDO INSTRUCCIONES	COLA EN LA DESCARGA	CONDICIONES INADECUADAS	ESPERAS	NECESIDADES FISIOLÓGICAS		
N°	HORA	MIN/HR	P (min)	PRODUCTIVO	C (min)	CONTRIBUTORIO									NC (min)	NO CONTRIBUTORIO						OSERVACIONES		
V-1	07:00 - 08:00	60.00	29.00	5.00	24.00	14.00	12.00	2.00	-	-	-	-	-	17.00	11.00	-	6.00	-	-	-	-	-	-	
V-2	07:00 - 08:00	60.00	26.50	5.00	21.50	13.00	12.00	-	###	-	-	-	-	20.50	10.50	2.50	7.50	-	-	-	-	-	-	
V-1	08:00 - 09:00	60.00	57.00	8.00	49.00	3.00	-	-	-	-	-	-	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
V-2	08:00 - 09:00	60.00	57.50	8.00	49.50	2.50	-	-	-	-	-	-	2.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>TOTALES</b>		<b>240.00</b>	<b>170.00</b>	26	144	<b>32.50</b>	24	2	1	0	0	0	5.5	<b>37.50</b>	21.5	2.5	13.5	0	0	0	0	0	0	

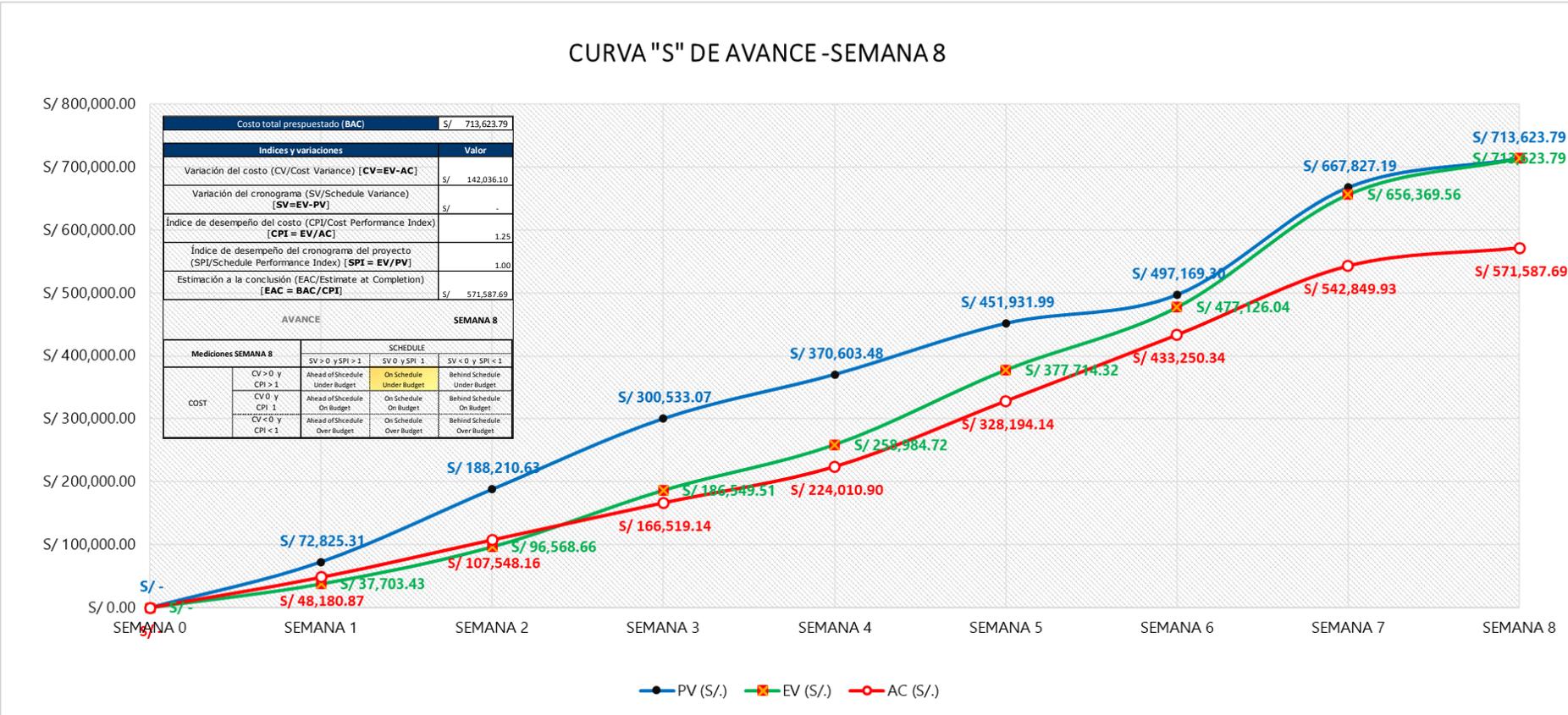
MUESTREO DE TRABAJO																									
OBRA	ACCESO A TANQUES			INICIO : 07:00																					
DÍA	MARTES			FINAL : 19:00																					
FECHA	12/10/2023																								
OBSERVACIONES				ACUMULADO DE MATERIAL DESMONTADO	CARGUÍO DE MATERIAL		CHARLAS DE SEGURIDAD	CALENTAMIENTO DE MOTOR	ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE	LUBRICACIÓN	TRASLADO DE EQUIPO	REALIZACIÓN DE CAMA PARA LA C	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	FIRMA DE HERRAMIENTAS DE GES		CONVERSACIONES PREVIAS	ESPERANDO EQUIPO DE ACARREO	TRANSPORTE DE PERSONAL	REMANEJO DE MATERIAL	ESPERANDO INSTRUCCIONES	CONDICIONES INADECUADAS	REPROCESOS	INOOPERATIVIDAD EQUIPO	NECESIDADES FISIOLÓGICAS	
N°	HORA	MIN/HR	TP (min)	PRODUCTIVO	TC (min)	CONTRIBUTORIO								TNC (min)	NO CONTRIBUTORIO								OSERVACIONES		
RE-01	10:00 - 11:00	60.00	23.50	6.00	17.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36.50	-	34.50	-	-	1.00	-	1.00	-	-	
RE-01	11:00 - 12:00	60.00	38.00	32.50	5.50	3.00	-	-	-	-	3.00	-	-	-	19.00	-	-	4.00	-	15.00	-	-	-	-	
<b>TOTALES</b>		<b>120.00</b>	<b>61.50</b>	38.5	23.0	3.00	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	55.50	0.0	34.5	4.0	0.0	16.0	0.0	1.0	0.0	0.0	

MUESTREO DE TRABAJO																									
OBRA	ACCESO A TANQUES			INICIO : 07:00																					
DÍA	MARTES			FINAL : 19:00																					
FECHA	12/10/2023																								
OBSERVACIONES				CARGUÍO DE MATERIAL DESMONTADO	ACARREO DE MATERIAL DESMONTADO		CHARLAS DE SEGURIDAD	CALENTAMIENTO DE MOTORES	ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE	LUBRICACIÓN	REMANEJO DEL MATERIAL	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	FIRMA DE HERRAMIENTAS DE GES		ESPERA AL EQUIPO DE CARGUÍO	COLA EN CARGUÍO	TRASLADO DE EQUIPO	ESPERANDO INSTRUCCIONES	COLA EN LA DESCARGA	CONDICIONES INADECUADAS	ESPERAS	NECESIDADES FISIOLÓGICAS			
N°	HORA	MIN/HR	TP (min)	PRODUCTIVO	TC (min)	CONTRIBUTORIO								TNC (min)	NO CONTRIBUTORIO								OSERVACIONES		
V-1	10:00 - 11:00	60.00	59.00	8.50	50.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	-	-	-	-	1.00	-	-	-	-	
V-2	10:00 - 11:00	60.00	58.00	8.00	50.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.00	-	-	-	-	2.00	-	-	-	-	
V-1	11:00 - 12:00	60.00	32.00	3.00	29.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28.00	21.00	-	7.00	-	-	-	-	-	-	
V-2	11:00 - 12:00	60.00	37.00	3.00	34.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23.00	13.00	-	7.00	-	3.00	-	-	-	-	
<b>TOTALES</b>		<b>240.00</b>	<b>186.00</b>	22.5	163.5	-	0	0	0	0	0	0	0	0	54.00	34	0	14	0	6	0	0	0	0	

MUESTREO DE TRABAJO																								
OBRA	ACCESO A TANQUES			INICIO : 07:00																				
DÍA	MIÉRCOLES			FINAL : 19:00																				
FECHA	13/10/2021																							
OBSERVACIONES				ACUMULADO DE MATERIAL DESMONTADO	CARGUÍO DE MATERIAL	C (min)	CHARLAS DE SEGURIDAD	CALENTAMIENTO DE MOTOR	ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE	LUBRICACIÓN	TRASLADO DE EQUIPO	REALIZACIÓN DE CAMA PARA LA C.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	FIRMA DE HERRAMIENTAS DE GES	NC (min)	CONVERSACIONES PREVIAS	ESPERANDO EQUIPO DE ACARREO	TRANSPORTE DE PERSONAL	REMANEJO DE MATERIAL	ESPERANDO INSTRUCCIONES	CONDICIONES INADECUADAS	REPROCESOS	INOOPERATIVIDAD EQUIPO	NECESIDADES FISIOLÓGICAS
N°	HORA	MIN/HR	P (min)	PRODUCTIVO	C (min)	CONTRIBUTORIO								NC (min)	NO CONTRIBUTORIO								OSERVACIONES	
RE-01	15:00 - 16:00	60.00	29.50	14.00	15.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RE-01	16:00 - 17:00	60.00	28.50	5.50	23.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23.00	4.50	-	-	-	-	4.00	-	-	
<b>TOTALES</b>				<b>120.00</b>	<b>58.00</b>	19.5	38.5	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	62.00	0.0	53.5	4.5	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0

MUESTREO DE TRABAJO																							
OBRA	ACCESO A TANQUES			INICIO : 07:00																			
DÍA	MIÉRCOLES			FINAL : 19:00																			
FECHA	13/10/2021																						
OBSERVACIONES				CARGUÍO DE MATERIAL DESMONTADO	ACARREO DE MATERIAL DESMONTADO	C (min)	CHARLAS DE SEGURIDAD	CALENTAMIENTO DE MOTORES	ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE	LUBRICACIÓN	REMANEJO DEL MATERIAL	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	FIRMA DE HERRAMIENTAS DE GES	NC (min)	ESPERA AL EQUIPO DE CARGUÍO	COLA EN CARGUÍO	TRASLADO DE EQUIPO	ESPERANDO INSTRUCCIONES	COLA EN LA DESCARGA	CONDICIONES INADECUADAS	ESPERAS	NECESIDADES FISIOLÓGICAS	
N°	HORA	MIN/HR	P (min)	PRODUCTIVO	C (min)	CONTRIBUTORIO								NC (min)	NO CONTRIBUTORIO								OSERVACIONES
V-1	15:00 - 16:00	60.00	58.50	6.00	52.50	-	-	-	-	-	-	-	-	1.50	-	-	-	-	-	1.50	-	-	-
V-2	15:00 - 16:00	60.00	59.00	8.50	50.50	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	-	-	-	-	-	1.00	-	-	-
V-1	16:00 - 17:00	60.00	57.00	8.50	48.50	-	-	-	-	-	-	-	-	3.00	-	-	3.00	-	-	-	-	-	-
V-2	16:00 - 17:00	60.00	58.00	9.00	49.00	-	-	-	-	-	-	-	-	2.00	-	2.00	-	-	-	-	-	-	-
<b>TOTALES</b>				<b>240.00</b>	<b>232.50</b>	32	200.5	-	0	0	0	0	0	0	7.50	0	2	3	0	2.5	0	0	0

**Anexo 3: Curva S del proyecto culminado (semana 08)**



**Anexo 4: Proyecto Culminado (vista de planta)**



## Anexo 5: Fotos del proyecto ejecutado



