

02-014

## **PLANNING, CONTROL AND MONITORING OF ROAD PROJECTS USING THE TIME - ROAD DIAGRAM, CASE STUDY: “CUZCO - PERU ROAD PROJECT**

*Guerrero Chanduví, Dante <sup>(1)</sup>; Nesterenko Cortés, Darko <sup>(1)</sup>; Hilario Barreto, Ian <sup>(1)</sup>; Arteaga Espinoza, Ingrid <sup>(1)</sup>*

<sup>(1)</sup> Universidad de Piura

Road projects are becoming more efficient and dynamic, due to the way in which each stage of the project is managed and a cause of sincerer planning among all interested areas validated by expert judgment. On the other hand, the control and monitoring is permanent in the execution stage, this is sustained from its conception by the large volume of work and limited amount of activities that facilitate the control, a difference of the civil works that are planned with the activities and Less workload.

This research proposes a procedure for using the time - road graph, as a planning, control and monitoring tool for specific use in road projects, used in the road corridor project: Empalme PE - 3S (Abancay Deviation) - Santo Tomás - Yauri - Héctor Tejada - Empalme PE - 3S (Ayaviri), Contract sections III and V.

The case study in the present investigation was developed through the use of the time - road graph, and the results were compared with the tools of standard use in projects in general, under the same analysis conditions. Therefore, the time - road graph proves to be the most efficiently determined tool specifically in road projects.

*Keywords: planning; control and follow up; time - road*

## **PLANIFICACIÓN, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE PROYECTOS VIALES UTILIZANDO EL DIAGRAMA TIEMPO – CAMINO, CASO: “PROYECTO VIAL CUZCO – PERÚ”**

Por otro lado, el control y seguimiento es permanente en la etapa de ejecución, sustentado desde su concepción por el gran volumen de trabajo y cantidad limitada de actividades que facilitan el control, a diferencia de las obras civiles que son planificadas con numerosas actividades y menor volumen de trabajo.

Esta investigación propone un procedimiento de uso de la gráfica de tiempo – camino, como herramienta de planificación, control y seguimiento para uso específico en proyectos viales, utilizado en el proyecto del corredor vial: Empalme PE–3S (Desvío Abancay) – Santo Tomás, Yauri, Héctor Tejada, Empalme PE-3S (Ayaviri), Tramos contractuales III y V.

El caso de estudio fue desarrollado mediante el uso de la gráfica tiempo – camino, y los resultados fueron comparados con las herramientas de uso estándar en proyectos en general, bajo las mismas condiciones de análisis. Por lo que, la gráfica de tiempo – camino demuestra ser la herramienta más eficiente utilizada específicamente en proyectos viales.

*Palabras clave: planificación; control y seguimiento; tiempo – camino*

Correspondencia: Dante Guerrero Chanduví dante.guerrero@udep.edu.pe



©2020 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## 1 Introducción

El proceso de planificación y programación es una fase clave dentro del ciclo de vida de un proyecto, dado que una buena programación posibilita la realización del control necesario para ejecutar el proyecto dentro de un margen razonable de tiempo y costo. (Gomez & Orobio, 2015), entendiendo que el concepto de programación es la calendarización de las actividades del proyecto, y la planificación es la fase donde se delimita todos los recursos, tiempo, estrategia, riesgos y restricciones latentes previos a la ejecución.

La planificación de las obras es una importante herramienta en la ingeniería de la construcción y de ésta depende cómo se va a llevar a cabo el manejo de las actividades, plazos, progresos, mano de obra y demás recursos (Mattila & Park, 2003). De acuerdo a lo mencionado por el autor, se ha venido incorporando nuevos modelos y métodos de planificación.

Alineado a los procesos de planificación, el plan de gestión del cronograma identifica la metodología y la herramienta de programación a utilizar en el proyecto para el desarrollo del cronograma y la manera en que se debe calcular el mismo. (PMI, 2017)

Los esfuerzos de planificación para la ejecución de proyectos se remontan a muchos cientos de años. Sin embargo, solo en el siglo pasado se desarrollaron las herramientas formales para la solución de problemas de planificación tal como son usadas en la actualidad (Serpell Bley & Alarcón Cárdenas, 2001)

Jorge Ayllón (2007) afirma que, las herramientas y técnicas de planificación temporal más utilizadas son: gráficos de barras (Gantt), sistemas reticulares, método del camino crítico y análisis PERT.

Los diagramas de Gantt son un sistema gráfico que se ejecuta en dos dimensiones; en el eje de abscisas se coloca el tiempo y en el eje de ordenadas se colocan las actividades a desarrollar. Este diagrama es muy útil para mostrar la secuencia de ejecución de operaciones de todo un paquete de trabajo y tiene la virtud de que puede utilizarse tanto como una herramienta de planificación, así como una herramienta de seguimiento y control (Terrazas Pastor, 2011).

Malcolm, Roseboom, Clark, & and Fazar (1959) sustenta que el modelo PERT, se caracteriza por ser una red de eventos interrelacionados que deben lograrse en la secuencia ordenada adecuada. Los datos básicos para el análisis consisten en estimaciones de tiempo transcurrido para actividades que conectan eventos dependientes en la red

Así mismo Poggioli (1976) indica que el método PERT o diagramas de red, es un método usado para ejecutar un proyecto que se dividida en distintas partes y se necesite controlar. “El PERT es un método que consiste en ordenar bajo la forma de red, varias tareas que, gracias a su dependencia y a su cronología, concurren todas a la obtención de un producto acabado”

El CPM, llamado Método de ruta crítica fue creado por la compañía Dupont junto con la división UNIVAC de la Remington Rand, para los proyectos de plantas químicas que llevaba a cabo esta compañía. Su objetivo era administrar proyectos en el que el tiempo para finalizar las actividades se conociese con relativa certeza. También barajaban la posibilidad de reducir el tiempo necesario para la finalización de un proyecto, aunque esto conlleva al aumento del coste previsto para finalizar el proyecto (Mathur & Solow , 1996)

Por otra parte, Artieda Monge (2014), señala que los diagramas tiempo – camino, comunican claramente el campo de aplicación mostrando los detalles del proyecto y el calendario en una vista. Estos diagramas tienen un eje representando el tiempo y el otro eje la distancia.

Rajado Barberena (2015), afirma que las unidades que se definen en los ejes del diagrama tiempo – camino varían en función de la tipología de la obra y las características de la misma, pudiendo representarse desde cm (centímetros) hasta km (kilómetros) en el caso del eje horizontal y desde minutos hasta años en el caso del eje vertical.

Haciendo énfasis que, en la gestión de proyectos los diagramas tiempo – camino se utilizan para representar un calendario de trabajo en todo tipo de proyectos lineales como oleoductos, ferrocarriles, puentes, túneles y carreteras. (Artieda Monge, 2014)

Respaldando lo mencionado en el párrafo anterior, se puede mencionar el planeamiento basado en localización es una herramienta que en la actualidad se usa bastante para proyectos como carreteras, vías férreas, oleoductos, túneles, etc.; es decir, proyectos que involucren a la distancia en su planificación (Calampa Vega, 2014)

## **2 Objetivos**

Comparar las metodologías de planificación tiempo-camino, Gantt y PERT-CPM utilizadas en el proyecto vial Cusco - Perú y evaluar cual metodología de planificación es la más eficiente para el caso de estudio, tomando como consideraciones de evaluación las singularidades que presentan los proyectos lineales.

## **3 Metodología**

El presente artículo se desarrolló bajo método y enfoque de investigación cualitativa, ya que Hernández Sampieri (2014) señala al respecto que “la investigación cualitativa se enfoca en comprender los fenómenos, explorándolos desde la perspectiva de los participantes en un ambiente natural y en relación con su contexto.” (pág. 358). En ese sentido para la presente investigación se tomó como muestra el proyecto vial Cusco – Perú, teniendo como variables para la elaboración del diagrama: las actividades del proyecto, la longitud del proyecto y el plazo de ejecución; para el caso de estudio se compararon las metodologías de planificación, seguimiento y control de proyectos: tiempo – camino, Gantt, PERT – CPM, evaluando finalmente cuál de estas metodologías se encuentra alineada a las características del caso de estudio.

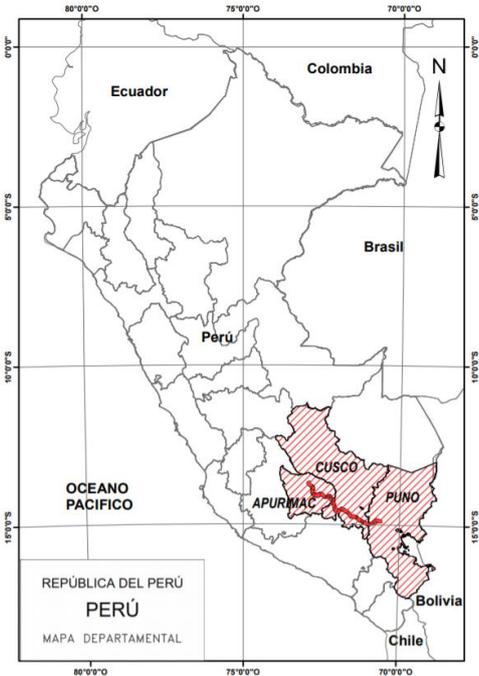
El tipo de investigación para el presente artículo fue descriptivo y explicativo, por lo que se comparó las variables (actividades, longitud y tiempo) con las metodologías existentes para proyectos estándar ya mencionadas, tales como diagrama tiempo – camino diagrama Gantt y el diagrama PERT-CPM, analizando las variables de cada una de ellas y la herramienta que mejor se ajuste a las características del caso de estudio en términos de alcance, tiempo, estrategia de ejecución y longitud de este, validando esta afirmación se sabe que “la investigación descriptiva es el nivel básico de la investigación científica, la investigación explicativa o causal es para muchos expertos el ideal y nivel culmen de la investigación no experimental” (Bernal Torres, 2010, pág. 115).

## **4 Caso de estudio**

El caso de estudio corresponde a la ejecución del proyecto vial Cusco – Perú; el proyecto designado contractualmente se denomina: Servicio de Gestión, Mejoramiento y Conservación Vial por Niveles de Servicio del Corredor Vial Emp. PE-3S (Dv. Abancay) - Chuquibambilla - Dv. Chalhuahuacho - Santo Tomas - Velille - Yauri - Hector Tejeda - Emp. PE-3S (Dv. Ayaviri). – Mejoramiento y Mantenimiento Periódico (2da Etapa), desarrollado en la zona sur del Perú que pasan por las regiones de Apurímac, Cusco y Puno cuya altitud de las zonas a intervenir en promedio es 3,500 m.s.n.m; dicho corredor es denominado corredor minero sur porque es el corredor logístico para el tránsito de los vehículos que transportan los suministros de las empresas mineras cercanas a la ubicación del proyecto, el proyecto vial es ejecutado en una

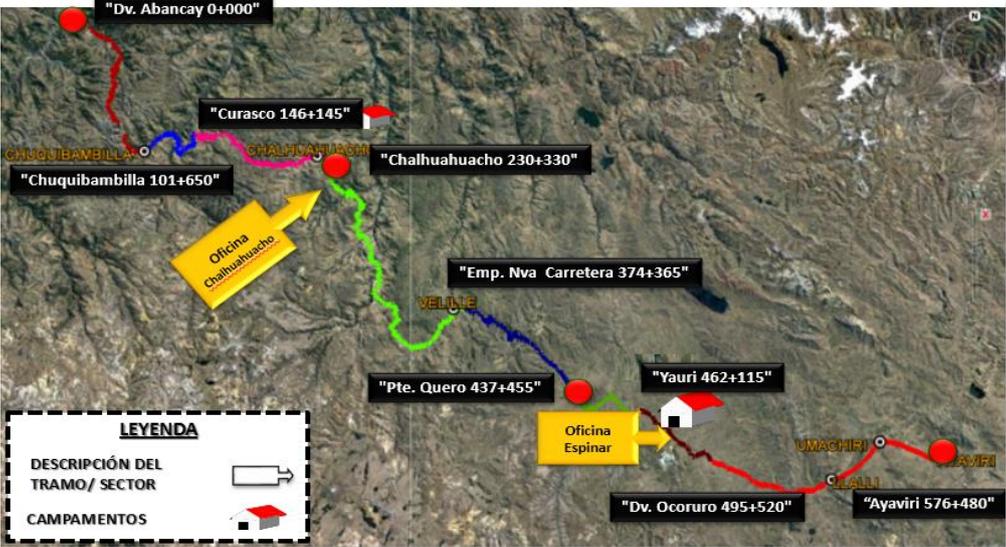
ruta terciaria recategorizada por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) a red vial nacional cuyo transito promedio (IMD) es 300 veh/día; el proyecto es ejecutado por el contratista Consorcio Vial Sierra conformado por las empresas ICCGSA (Ingenieros Civiles Contratistas Generales S.A) y CONCAR S.A el proyecto se desarrolló entre los meses Marzo y Octubre del año 2019, época de verano/otoño con la finalidad de cerrar los trabajos antes que inicie la temporada de lluvias; la localización del proyecto se detalla en la Figura 2 y la ubicación del proyecto en la Figura 2 a continuación:

**Figura 1 - Localización del Proyecto Vial Cusco - Perú**



Fuente: Modificada a partir del Plan de gestión vial (PGV) – Proyecto vial Cusco – Perú

**Figura 2 - Ubicación del proyecto vial, Cusco – Perú**



Fuente: Plan de gestión vial (PGV) – Proyecto vial Cusco – Perú

#### 4.1 Objetivo del proyecto

Ejecutar el componente Mejoramiento en el tramo contractual 3 (15.75 km) y del Componente conservación periódica (59.92 km), ejecutados en los tramos contractuales 4 (10.47 km) y V (48.76 km). Mencionando que el mejoramiento y conservación periódica son fases del proyecto enmarcados de acuerdo al tramo contractual, toda vez que el mejoramiento solo se ejecuta en el tramo 3 y la conservación periódica en los Tramos 4 y 5.

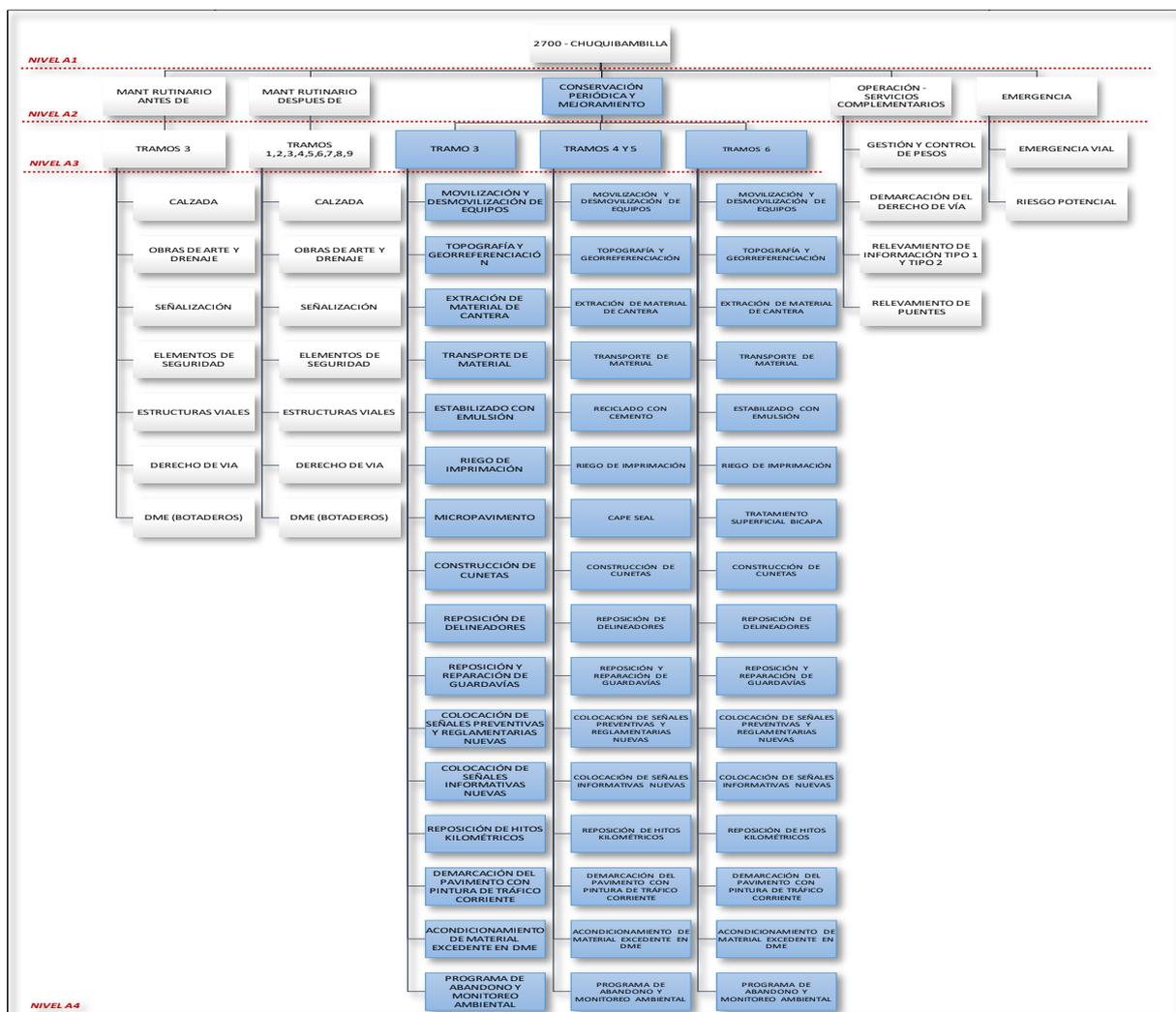
#### 4.2 Clientes para el que realizó el proyecto

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Provias Nacional – Cliente 01 (Estado)
- Compañía Minera Hudbay – Cliente 02 (Privado)

#### 4.3 EDT

La estructura de desglose de trabajo diseñada para el proyecto vial Cusco – Perú, se muestra en la Figura 3 a continuación:

**Figura 3 - Estructura de desglose de trabajo del proyecto vial Cusco - Perú**



Fuente: Plan de gestión vial (PGV) – Proyecto vial Cusco – Perú

#### 4.4 Fechas contractuales

Las fechas de ejecución del proyecto vial Cusco – Perú se muestra a continuación:

- Componente Mejoramiento: Ejecución del Tramo contractual 3, (km 204+070 - km 221+040), plazo de ejecución de 50 días calendario
- Componente Mantenimiento Periódico: Ejecución de los siguientes tramos:
  - o Tramo contractual 4 (km 236+700 - km 240+080; km 287+220 - km 288+500; km 295+320 - km 297+116; km 314+250 - km 314+600), plazo de ejecución 34 días calendario
  - o Tramo contractual 5 (km 388+695 - km 437+455), plazo de ejecución 87 días calendario

#### 4.5 Presupuesto

El presupuesto contractual del proyecto tiene un valor referencial de US\$ 101'380,616.

#### 4.6 Alcance

El alcance de la ejecución del proyecto vial Cusco – Perú, se detalla de acuerdo con los siguientes componentes:

- Componente mejoramiento: Tramo Contractual 3 (15.75 km), se detalla en la Tabla 1
- Componente Mantenimiento Periódico:
  - o Tramo contractual 4 (10.47 km), se detalla en la Tabla 2
  - o Tramo contractual 5 (48.76 km), se detalla en la Tabla 3

**Tabla 1: Alcance de la ejecución del componente mejoramiento – Tramo contractual 3, del proyecto vial Cusco – Perú**

Descripción de la partida	(Und)	Metrado Total
Movilización y desmovilización de equipos Mejoramiento	global	0.20
Topografía y georreferenciación	km	15.75
Terraplenes	m <sup>3</sup>	3,426.68
Transporte de material d <=1km	m <sup>3</sup> .km	4,454.68
Transporte de material d > 1km	m <sup>3</sup> .km	44,546.84
Transporte de material d <=1km (estabilizado)	m <sup>3</sup> .km	24,189.93
Transporte de material d > 1km (estabilizado)	m <sup>3</sup> .km	186,076.39
Extendido de material para estabilización	m <sup>3</sup>	18,607.63
Estabilización con Motoniveladora	m <sup>3</sup>	18,607.63
Riego de Imprimación	m <sup>2</sup>	85,837.50
Micropavimento	m <sup>2</sup>	85,837.50

Fuente: Elaboración propia  
global=0.20 (1/5 de participación de la partida de movilización y desmovilización de equipos de Mejoramiento)

**Tabla 2: Alcance de la ejecución del componente mantenimiento periódico – Tramo contractual 4, del proyecto vial Cusco – Perú**

Descripción de la partida	(Und)	Metrado Total
Movilización y desmovilización de equipos MP	global	0.20
Topografía y georreferenciación	km	10.47
Transporte de material d <=1km	m <sup>3</sup> .km	10,584.60
Transporte de material d > 1km	m <sup>3</sup> .km	211,692.00
Terraplenes	m <sup>3</sup>	1,510.54
Extracción de Material de Cantera para estabilización	m <sup>3</sup>	10,584.60
Extendido de material para Reciclado e=0.20	m <sup>3</sup>	8,142.00
Reciclado c/ material granular e=0.20 (suelo cemento)	m <sup>2</sup>	61,653.25
Riego de Imprimación	m <sup>2</sup>	50,158.85
Monocapa - cape seal	m <sup>2</sup>	50,158.85
Slurry - cape seal	m <sup>2</sup>	50,158.85

Fuente: Elaboración propia  
global=0.20 (1/5 de participación de la partida de movilización y desmovilización de equipos de Mejoramiento)

**Tabla 3: Alcance de la ejecución del componente mantenimiento periódico – Tramo contractual 5, del proyecto vial Cusco – Perú**

Descripción de la partida	(Und)	Metrado Total
Movilización y desmovilización de equipos MP	global	0.60
Topografía y georreferenciación	km	48.76
Extracción de Material de Cantera para estabilización	m <sup>3</sup>	50,773.78
Transporte de material d <=1km	m <sup>3</sup> .km	50,773.78
Transporte de material d > 1km	m <sup>3</sup> .km	1'777,082.58
Extendido de material para Reciclado e=0.20	m <sup>3</sup>	39,056.76
Reciclado c/ material granular e=0.25 (suelo cemento)	m <sup>2</sup>	268,180.00
Riego de Imprimación	m <sup>2</sup>	248,676.00
Monocapa - cape seal	m <sup>2</sup>	248,676.00
Slurry - cape seal	m <sup>2</sup>	248,676.00

Fuente: Elaboración propia  
global=0.6 (3/5 de participación de la partida de movilización y desmovilización de equipos de Mejoramiento)

## 4.7 Cronograma

De acuerdo con los objetivos del proyecto detallados en el presente artículo científico, se elaboró el cronograma de ejecución de las partidas de trabajo, considerando para su elaboración las siguientes metodologías: Gantt, PERT–CPM y tiempo-camino.

### 4.7.1 Diagrama Gantt

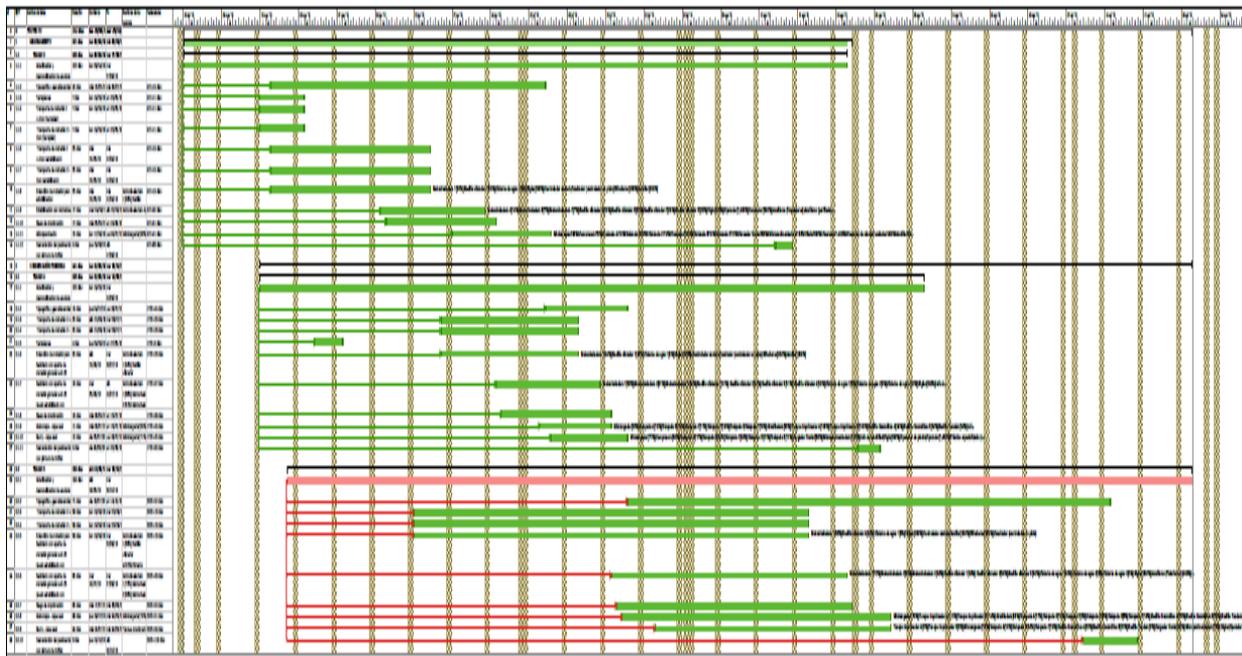
El diagrama Gantt o diagrama de barras muestra gráficamente mediante barras horizontales la secuencialidad de las actividades de acuerdo con la duración de estas. El diagrama Gantt es un cronograma de dos dimensiones (Eje X: duración de actividad /Eje Y: relación de actividades).

De acuerdo con el alcance y plazo de ejecución definidos para el desarrollo del caso de estudio, se elaboró el siguiente cronograma Gantt considerando estas variables:

- Niveles de programación (de acuerdo con EDT)
- Nombre de la tarea
- Duración de las tareas (Fecha inicio/fin)
- Recursos asociados a las tareas (mano de obra, equipos y materiales)
- Actividades predecesoras

Considerando las variables mencionadas, se elaboró el cronograma Gantt del proyecto vial Cusco – Perú, según se muestra en la Figura 4 a continuación:

**Figura 4 - Cronograma Gantt del proyecto vial Cusco - Perú**

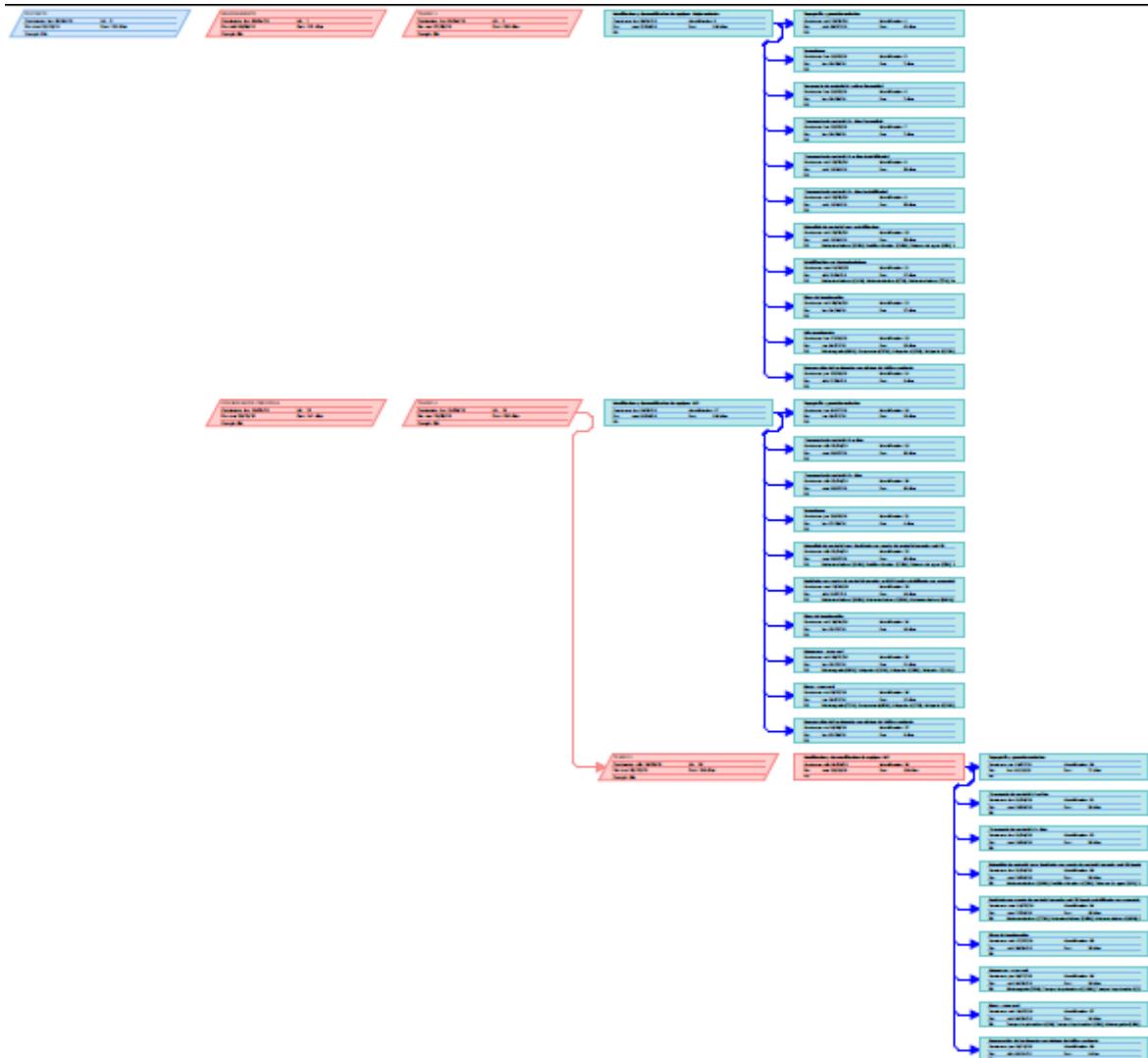


Fuente: Plan de gestión vial (PGV) – Proyecto vial Cusco – Perú

### 4.7.2 Diagrama PERT – CPM

El diagrama PERT – CPM, es un diagrama de redes que nos muestra la secuencia de las actividades del proyecto considerando las relaciones de dependencia entre estas actividades, cuyo fin es encontrar el camino crítico tomando las partidas que cuentan con holgura igual a 0; considerando este concepto el cronograma PERT – CPM en el proyecto Cusco – Perú se muestra en la Figura 5:

**Figura 5 - Cronograma PERT - CPM del proyecto vial Cusco - Perú**



Fuente: Plan de gestión vial (PGV) – Proyecto vial Cusco – Perú

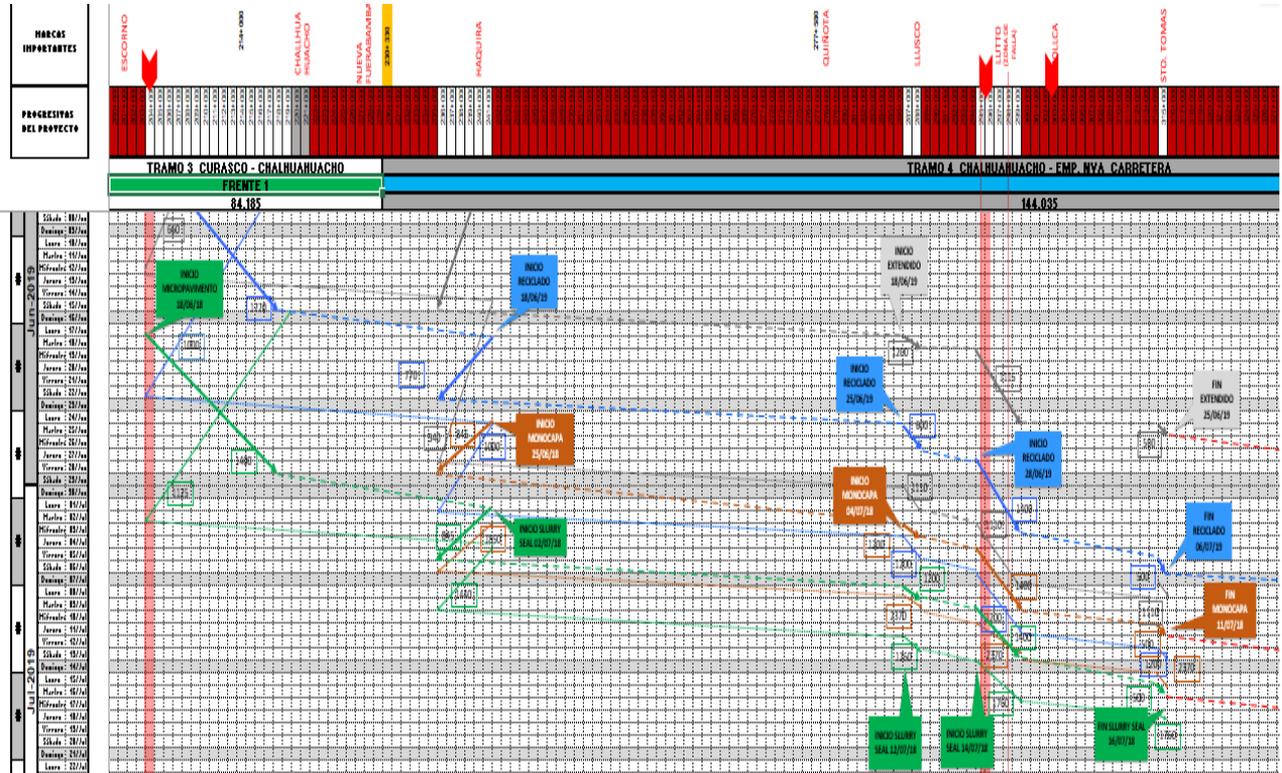
### 4.7.3 Diagrama Tiempo – Camino

De acuerdo al alcance (longitud de ejecución) y tiempo (plazo de ejecución), se establecieron las variables para la creación del diagrama tiempo – camino, gráficamente se muestra como un diagrama en dos dimensiones (Eje X: Longitud y Eje Y: Plazo (Fechas de inicio-fin)) y dentro de la gráfica se muestran flechas de distinta longitud y sentido interrelacionadas entre sí, tal como se muestra en la Figura 6

El sentido de las flechas muestra el sentido de ejecución respecto a variables que marcan las fases del proyecto como son la procura (llegada de materiales), las pendientes del terreno existente y las canteras ubicadas en el proyecto (siempre el sentido de ejecución en dirección a estas); cada actividad es representada con una flecha con el sentido de acuerdo al criterio establecido y con un color distinto que diferencia cada cuadrilla de ejecución de acuerdo a los niveles del proyecto indicado en el EDT del proyecto vial Cusco – Perú, en la Figura 7 se

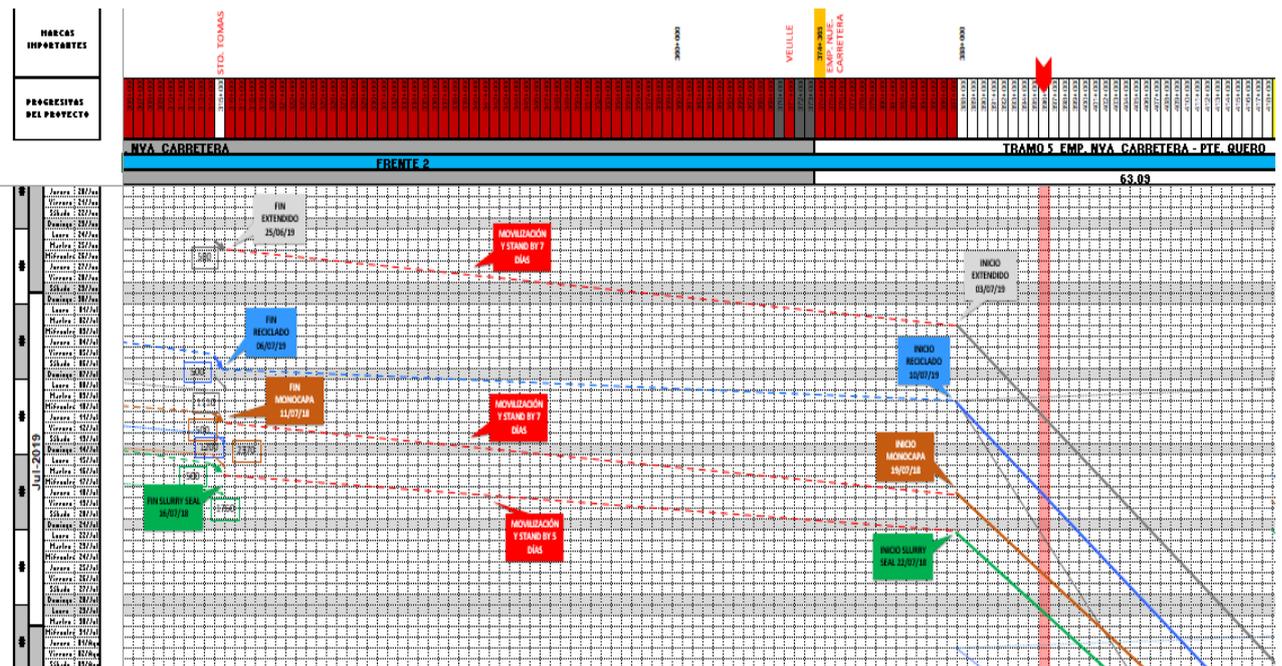
puede observar el diagrama tiempo – camino considerando las partidas y sentido de ejecución.

**Figura 6 - Diagrama Tiempo - Camino del proyecto vial Cusco - Perú**



Fuente: Plan de gestión vial (PGV) – Proyecto vial Cusco – Perú

**Figura 7 - Relación de partidas de ejecución en el diagrama Tiempo - Camino del proyecto vial Cusco - Perú**



Fuente: Plan de gestión vial (PGV) – Proyecto vial Cusco – Perú

## 5 Resultados

Considerando los diagramas que fueron utilizados en la planificación del cronograma y el seguimiento y control del proyecto vial Cusco - Perú (Gantt, PERT – CPM y tiempo-camino), se puede decir que de acuerdo con las características del proyecto al ser considerado una obra vial con una extensión de 75.67 km por ejecutar, una cantidad limitada de actividades y gran volumen de trabajo en estas actividades es importante mencionar las consideraciones que son necesarias para planificar y controlar el proyecto de acuerdo a sus características, entre ellas tenemos: el sentido de ejecución, la identificación de las actividades predecesoras, generación de ruta crítica, la secuencialidad de actividades, dirección de movilización de frentes de trabajo y la relación del tiempo y espacio debido a la longitud física del proyecto; identificadas estas consideraciones necesarias para la planificación, seguimiento y control del proyecto vial, se realizó el análisis de estas las cuales son mostradas en la Tabla 4 a continuación:

**Tabla 4: Consideraciones para la elección el tipo de cronograma para proyectos lineales**

Tipo de diagrama	Consideraciones para la planificación, seguimiento y control de proyectos lineales					
	Sentido de ejecución	Actividades predecesoras	Ruta crítica	Secuencialidad de actividades	Dirección de frentes de trabajo	Relación Tiempo - Espacio
Diagrama Gantt	NO	SI	SI	SI	SI	NO
Diagrama PERT – CPM	NO	SI	SI	SI	NO	NO
Diagrama Tiempo – Camino	SI	SI	SI	SI	SI	SI

Fuente: Elaboración propia

### 5.1. Discusión de resultados

De acuerdo con los resultados obtenidos, la interpretación de resultados se detalla a continuación:

- a) El diagrama Gantt cumple con el 66% de las consideraciones necesarias para la planificación, seguimiento y control de proyectos lineales, debido a que:
  - a. Gráficamente no es posible mostrar el sentido de ejecución del proyecto, debido a que el cronograma muestra en su eje horizontal la duración de la actividad y en su eje vertical la relación de actividades más no el sentido de las progresivas a ejecutar (ascendente o descendente) de acuerdo con las pendientes longitudinales de los proyectos lineales.
  - b. El cronograma no muestra una relación tiempo – espacio, ya que no se puede graficar la relación entre los frentes de trabajo (en función de las actividades predecesoras) ni la ubicación de zonas de influencia del proyecto (campamentos, canteras, fuentes de agua, zonas de producción/chancado).
  - c. El cronograma si muestra la ruta crítica, actividades predecesoras, secuencialidad de actividades y dirección de los frentes de trabajo (en función de sus relaciones inicio – fin)

- b) El diagrama PERT – CPM, cumple con el 50% de las consideraciones necesarias para la planificación, seguimiento y control de proyectos lineales debido a lo siguiente a continuación:
- a. No es posible mostrar el sentido de ejecución, debido a que gráficamente muestra un diagrama de redes cuyo principal objetivo es mostrar la ruta crítica del proyecto y relación de holguras de las actividades.
  - b. No muestra la dirección de los frentes de trabajo, considerando que no existe en la gráfica orden lógico para la distribución de las actividades de acuerdo a proceso constructivo.
  - c. No se muestra una relación tiempo espacio, el diagrama no considera las zonas de influencia del proyecto.
  - d. Existe la relación de actividades predecesoras, la ruta crítica y la secuencialidad de las actividades.
- c) El diagrama Tiempo – Camino, cumple con el 100% de las consideraciones necesarias para la planificación, seguimiento y control de proyectos lineales; debido a lo siguiente a continuación:
- a. El cronograma es graficado mediante flechas cuyo sentido muestra la dirección (ascendente, descendente) a ejecutar de las actividades.
  - b. Las flechas son graficadas y conectadas de acuerdo con las actividades predecesoras.
  - c. Existe una ruta crítica que es graficada e identificadas de acuerdo con las actividades con holgura=0
  - d. Existe secuencialidad de las actividades, graficadas mediante flechas unidas unas a otras de acuerdo con procesos constructivos identificados.
  - e. El diagrama muestra la dirección de los frentes de trabajo, considerando en algunos casos flechas ascendente o descendente de acuerdo con posibles interferencias ocasionadas por actividades ejecutadas en un mismo espacio físico, debido a proceso constructivo.
  - f. La relación de tiempo – espacio está presente durante todo el diagrama, siendo graficado en el eje horizontal (espacio físico – progresivas)

## 6 Conclusiones

Existe una necesidad de programar y controlar los proyectos viales mediante una herramienta que se alimente con información física del proyecto y pueda facilitar la planificación, seguimiento y control mediante un proceso gráfico.

Las metodologías de planificación estándar utilizadas en la concepción de proyectos son Gantt y PERT – CPM, sin embargo, la metodología tiempo – camino propone un tipo de gráfica que aterriza las singularidades de obras lineales de gran longitud, tomando como caso de estudio el proyecto vial Cusco – Perú.

En la presente investigación, se compararon metodologías de planificación, seguimiento y control de proyectos, las cuales son Gantt, PERT-CPM y tiempo – camino; las consideraciones de comparación fueron el sentido de ejecución, las actividades predecesoras, la ruta crítica, la secuencialidad de actividades, la dirección de frentes de trabajo y la relación tiempo – espacio, de los resultados obtenidos se puede afirmar que la gráfica tiempo – camino cumple con el 100% de las consideraciones necesarias para la planificación, seguimiento y control de proyectos para el caso de estudio, debido a la flexibilidad con la que se pueden gestionar cambios de acuerdo al sentido de ejecución, identificación de interferencias localizadas en un mismo espacio geográfico y finalmente indicar que la gráfica considera las zonas de influencia del proyecto para la toma de decisiones en la gestión de cambios

## 7 Referencias

- Artieda Monge, T. (2014). *Estudio de los métodos de representación de diagramas espacio tiempo en obras lineales*. Santander, Cantabria, España: Universidad de Cantabria.
- Ayllón, J. (2007). *Herramientas para la planificación y control de costes de un proyecto*. Madrid, Madrid, España: Universidad Autónoma de Madrid.
- Bernal Torres, C. A. (2010). *Metodología de la investigación* (3 ed.). (O. Fernández Palma, Ed.) Bogotá, Bogotá, Colombia: Prentice Hall / Pearson educación de Colombia LTDA.
- Calampa Vega, S. (2014). *Aplicación de la línea de balance en el sistema last*. (PUCP, Ed.) Lima, Lima, Perú: PUCP.
- Gomez, H. D., & Orobio, A. (07 de Setiembre de 2015). Efectos de la incertidumbre en la programación de proyectos de construcción de carreteras. *Dyna*, 155-164.
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación*. México, CD Mexico, México: McGraw Hill / Interamericana Editores S.A.
- Malcolm, D. G., Roseboom, J. H., Clark, C. E., & and Fazar, W. (1 de Octubre de 1959). Application of a technique for research and development program evaluation. *Operations Research*, 646-669.
- Mathur, K., & Solow , D. (1996). *Investigación de operaciones*. México, CD Mexico, Mexico: Prentice Hall Hispanoamericana.
- Mattila, K., & Park, A. (15 de Enero de 2003). Comparison of Linear Scheduling Model and Repetitive Scheduling. *Journal of Construction Engineering and Management*, 56-64.
- PMI. (2017). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos*. Filadelfia, Pennsylvania, EEUU: Global standard.
- Poggioli. (1976). *Aplicacion practica del metodo PERT*. Barcelona, Cataluña, España: Editores Técnicos Asociados.
- Rajado Barberena, A. (2015). *Análisis y mejora del método de planificación*. La Rioja, La Rioja, España: Universidad de La Rioja - Departamento de Ingeniería Mecánica.
- Serpell Bley, A., & Alarcón Cárdenas, L. (2001). *Planificación y Control de Proyectos*. Santiago, Santiago, Chile: Ediciones UC.
- Terrazas Pastor, R. (2011). Planificación y programación de operaciones. *Revista Perspectivas*, 07-32.

## Comunicación alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

