

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

PROGRAMACIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN DE  
PRODUCTIVIDAD PARA MOVIMIENTO DE TIERRA EN UNA  
CONSTRUCCIÓN DE CARRETERA POR PRECIOS UNITARIOS  
BAJO UN ENFOQUE PMBOK : IMPACTO EN EL ALCANCE ,  
TIEMPO Y COSTO

PRESENTADO POR:

Bach. Henry Curipaco Jaime

ASESOR:

Ing. Cristian Castro Pérez

AYACUCHO , Noviembre del 2015

**"PROGRAMACIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN DE PRODUCTIVIDAD PARA MOVIMIENTO DE TIERRA EN UNA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERA POR PRECIOS UNITARIOS BAJO UN ENFOQUE PMBOK: IMPACTO EL ALCANCE, TIEMPO Y COSTO"**

**RECOMENDADO : 29 DE SETIEMBRE DEL 2015**

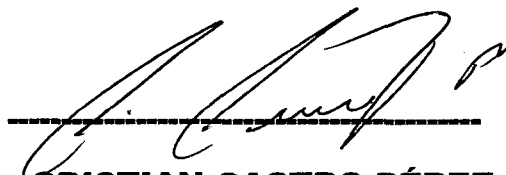
**APROBADO : 23 DE OCTUBRE DEL 2015**



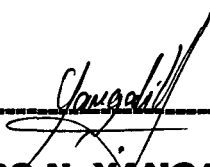
**MSc. Ing. CARLOS A. PRADO PRADO**  
**PRESIDENTE**



**MSc. Ing. ERNESTO ESTRADA CÁRDENAS**  
**MIEMBRO**



**Ing. CRISTIAN CASTRO PÉREZ**  
**MIEMBRO**

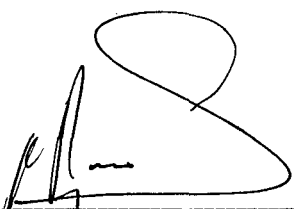


**Ing. FLORO N. YANGALI GUERRA**  
**SECRETARIO DOCENTE**

**Según el acuerdo constatado en el Acta, levantada el 23 de octubre de 2015, en la sustentación del Informe Profesional presentado por el bachiller en Ingeniería Civil Sr Henry CURIPACO JAIME, con el Informe Profesional titulado “PROGRAMACIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN DE PRODUCTIVIDAD PARA MOVIMIENTO DE TIERRA EN UNA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERA POR PRECIOS UNITARIOS BAJO UN ENFOQUE PMBOK: IMPACTO EL ALCANCE , TIEMPO Y COSTO” fue calificado con la nota de QUINCE (15) por lo que se da la respectiva APROBACIÓN**

**RECOMENDADO : 29 DE SETIEMBRE DEL 2015**

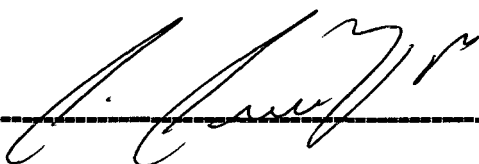
**APROBADO : 23 DE OCTUBRE DEL 2015**



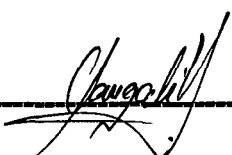
**MSc. Ing. CARLOS A. PRADO PRADO**  
**PRESIDENTE**



**MSc. Ing. ERNESTO ESTRADA CÁRDENAS**  
**MIEMBRO**



**Ing. CRISTIAN CASTRO PÉREZ**  
**MIEMBRO**



**Ing. FLORO N. YANGALI GUERRA**  
**SECRETARIO DOCENTE**

# Presentación

Esta tesis es presentada como parte de los requisitos para optar el título académico de Ingeniero Civil, de la Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga, y no fue presentada previamente para la obtención de otro grado o título en esta universidad u otras . La misma contiene resultados obtenidos en la investigación llevada a cabo en el periodo 2014-2015

Henry Curipaco Jaime

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA

Ayacucho - Perú

# Dedicatoria

*A mi madre Maximina y toda mi familia*

*con mucho afecto*

# Agradecimiento

- A la Universidad Nacional San Cristobal de Huamanga que me acogio y me brindo lo necesario para ser un buen profesional
- A mi asesor Ing.Cristian Castro Pérez al Ing. Adolfo Linares Flores e Ing.José Ernesto Estrada Cárdenas por sus enseñanzas
- A la empresa JB ingenieros por permitirme ejecutar la investigación en su proyecto
- A mi familia por su apoyo y afecto

# Resumen

Actualmente el movimiento de tierra en una construcción de carretera no esta debidamente monitoreada y controlada con las herramientas específicas, esto origina problemas de una mala de gestión en el trabajo, evidenciandose principalmente en el desconocimiento de la productividad

La presente tesis busca automatizar un sistema de medición de productividad para movimiento de tierra en la construcción de una carretera. Este sistema de medición de productividad se crea con un lenguaje de programación Matlab y genera un informe de productividad , detallado con datos cuantitativos y veridicos de todas las actividades realizadas durante la jornada, y que muestran la situación actual del trabajo

El informe de productividad del movimiento de tierra es el sustento de la evaluación que se realiza al medir el desempeño y avance del trabajo, esta evaluación se desarrolla utilizando la técnica de valor ganado que es una herramienta de la Guía del PMBOK la cual integra el alcance , tiempo y costo del trabajo

Por lo tanto al aplicar la técnica de valor ganado y sustentar sus resultados con un informe de productividad estamos monitoreando y controlando el movimiento de tierra , pues somos consciente de la situación actual del trabajo ya que podemos describir los valores cuantificados de los trabajos productivos, contributorios, no contributorios, expresamos ratios, sabemos los tiempos de carguío y descarga , producción de transporte, volumen transportado . Toda esta información nos permite tomar mejores decisiones en el trabajo alineandonos así en una mejor gestión

# Abstract

Nowadays, ground movement in a road construction is not properly monitored and controlled with the specific tools, this triggers problems of an inappropriate work management nature so productivity becomes unknown.

The present thesis aims to automatize a productivity measure system for the ground movement in a road construction. This productivity measure system is created with a Matlab language program and generates a productivity report well detailed with truthful and quantitative data from all the journey's activities that show the current work's situation.

The ground movement productivity report is the evaluation's cornerstone that is done to measure the work's performance and progress. This evaluation is developed using the value gained technique which is a tool from PMBOK guide which integrates the work's reach, time and cost.

Therefore, when applying the value gained technique and support its results with a productivity report we are monitoring and controlling the ground movement so as to be more aware of the current work situation given the fact that we can describe the quantified value of the productivity work as well as those which contribute and those that do not. Likewise, we are able to express ratios and know the time of upload and download, transport production along with the volume transported. All this information enables us to take better decisions at work giving us the cutting edge to perform better in the management aspect.



# Índice general

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Antecedentes . . . . .	1
1.2. Definición y formulación del problema . . . . .	2
1.2.1. Definición del problema . . . . .	2
1.2.1.1. Monitorización y control del movimiento de tierra en la construcción de una carretera . . . . .	2
1.2.1.2. Sustento de la evaluación del desempeño del movi- miento de tierra en una construcción de una carretera	2
1.2.2. Formulación del problema . . . . .	2
1.2.2.1. Problema principal . . . . .	2
1.2.2.2. Problemas secundarios . . . . .	3
1.3. Justificación . . . . .	3
1.4. Importancia . . . . .	4
1.5. Planteamiento de la Hipótesis . . . . .	4
1.5.1. Hipótesis principal . . . . .	4
1.5.2. Hipótesis secundarias . . . . .	4
1.6. Objetivo de la Tesis . . . . .	5
1.6.1. Objetivos Generales . . . . .	5
1.6.2. Objetivos Específicos . . . . .	5
1.7. Metodología de la investigación . . . . .	5
1.7.1. Tipo y nivel de investigación . . . . .	5
1.7.2. Variables e indicadores . . . . .	6
1.7.2.1. Variable independiente . . . . .	6
1.7.2.2. Variable independiente . . . . .	6
1.7.2.3. Indicadores independiente . . . . .	6
1.7.2.4. Indicadores dependiente . . . . .	6
1.7.3. Organización de estudio . . . . .	6
1.7.4. Herramientas de análisis . . . . .	7

<b>2. La Guía del PMBOK en la Gestión de Proyectos</b>	<b>8</b>
2.1. Inicio y desarrollo de la Guía del PMBOK . . . . .	8
2.2. Grupos de procesos de la Guía PMBOK . . . . .	9
2.2.1. Procesos de la Dirección de Proyectos para un Proyecto según el PMBOK . . . . .	9
2.2.2. Ciclo de vida del proyecto según la Guía del PMBOK . . . . .	10
2.2.3. Descripción de los Grupos de procesos para la dirección de proyectos según el PMBOK . . . . .	10
2.2.3.1. Grupo del Proceso de Iniciación . . . . .	10
2.2.3.2. Grupo del Proceso de Planificación . . . . .	10
2.2.3.3. Grupo del Proceso de Ejecución . . . . .	12
2.2.3.4. Grupo del Proceso de Monitoreo y control . . . . .	12
2.2.3.5. Grupo del Proceso de Cierre . . . . .	13
2.2.4. Interacciones entre los procesos de la dirección de proyectos . .	13
2.3. Áreas de Conocimiento de la Guía del PMBOK . . . . .	14
2.3.1. Gestión de la Integración del Proyecto . . . . .	17
2.3.1.1. Desarrollar el acta de constitución del Proyecto . . .	17
2.3.1.2. Desarrollar el plan para la dirección de proyectos . .	18
2.3.1.3. Dirigir y Gestionar la Ejecución del Proyecto . . . .	18
2.3.1.4. Monitorear y Controlar el Trabajo del Proyecto . . .	19
2.3.1.5. Realizar el control Integrado de cambios . . . . .	19
2.3.1.6. Cerrar Proyecto o Fase . . . . .	20
2.3.2. Gestión del Alcance del Proyecto . . . . .	20
2.3.2.1. Planificar la Gestión del Alcance . . . . .	21
2.3.2.2. Recopilar requisitos . . . . .	22
2.3.2.3. Definir el Alcance . . . . .	22
2.3.2.4. Crear la Estructura de Desglose de Trabajo ( EDT) .	23
2.3.2.5. Validar el Alcance . . . . .	23
2.3.2.6. Controlar el Alcance . . . . .	24
2.3.3. Gestión del Tiempo del Proyecto . . . . .	24
2.3.3.1. Planificar la Gestión del cronograma . . . . .	25
2.3.3.2. Definir las Actividades . . . . .	26
2.3.3.3. Secuenciar las Actividades . . . . .	26
2.3.3.4. Estimar los recursos de las Actividades . . . . .	27
2.3.3.5. Estimar la Duración de las Actividades . . . . .	27
2.3.3.6. Desarrollar el cronograma . . . . .	28
2.3.3.7. Controlar el Cronograma . . . . .	29
2.3.4. Gestión de los Costos del Proyecto . . . . .	29
2.3.4.1. Planificar la Gestión de los Costos . . . . .	30

2.3.4.2.	Estimar los Costos . . . . .	30
2.3.4.3.	Determinar el Presupuesto . . . . .	31
2.3.4.4.	Controlar los Costos . . . . .	31
2.3.5.	Gestión de la Calidad del Proyecto . . . . .	32
2.3.5.1.	Planificar la Gestión de la Calidad . . . . .	33
2.3.5.2.	Realizar el aseguramiento de Calidad . . . . .	33
2.3.5.3.	Realizar el Control de Calidad . . . . .	34
2.3.6.	Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto . . . . .	35
2.3.6.1.	Planificar la Gestión de los Recursos Humanos . . . . .	35
2.3.6.2.	Adquirir el Equipo del Proyecto . . . . .	36
2.3.6.3.	Desarrollar el Equipo del Proyecto . . . . .	36
2.3.6.4.	Dirigir el Equipo del Proyecto . . . . .	37
2.3.7.	Gestión de las Comunicaciones del Proyecto . . . . .	37
2.3.7.1.	Planificar la Gestión de las Comunicaciones . . . . .	38
2.3.7.2.	Gestionar las Comunicaciones . . . . .	38
2.3.7.3.	Controlar las comunicaciones . . . . .	39
2.3.8.	Gestión de los Riesgos del Proyecto . . . . .	39
2.3.8.1.	Planificar la Gestión de los Riesgos . . . . .	40
2.3.8.2.	Identificar los Riesgos . . . . .	40
2.3.8.3.	Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos . . . . .	41
2.3.8.4.	Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos . . . . .	41
2.3.8.5.	Planificar la Respuesta a los Riesgos . . . . .	42
2.3.8.6.	Monitorear y Controlar los Riesgos . . . . .	42
2.3.9.	Gestión de las Adquisiciones del Proyecto . . . . .	43
2.3.9.1.	Planificar las Adquisiciones . . . . .	44
2.3.9.2.	Efectuar las Adquisiciones . . . . .	44
2.3.9.3.	Controlar las Adquisiciones . . . . .	45
2.3.9.4.	Cerrar las Adquisiciones . . . . .	45
2.3.10.	Gestión de los Interesados . . . . .	45
2.3.10.1.	Identificar a los Interesados . . . . .	46
2.3.10.2.	Planificar las Gestión de los Interesados . . . . .	46
2.3.10.3.	Gestionar la Participación de los Interesados . . . . .	47
2.3.10.4.	Controlar la Participación de los Interesados . . . . .	47
2.4.	Medición del Desempeño del Trabajo según la Guía del PMBOK . . . . .	48
2.4.1.	Monitoreo y control del trabajo de un proyecto según la guía del PMBOK . . . . .	48
2.4.2.	Grupo de procesos de monitorización y control . . . . .	49
2.4.3.	Relación entre el Alcance , Costo y Tiempo . . . . .	49
2.4.4.	La Gestión de Valor Ganado - EVM . . . . .	49

## ÍNDICE GENERAL

---

2.4.5.	Utilidad de la Gestión de Valor Ganado . . . . .	50
2.4.6.	Elementos Básicos de la Gestión de Valor Ganado . . . . .	51
2.4.6.1.	Valor planificado - PV ( Planned Value ) . . . . .	51
2.4.6.2.	Valor Ganado - EV ( Earned Value ) . . . . .	51
2.4.6.3.	Costo Real - AC ( Actual Cost ) . . . . .	52
2.4.7.	Indicadores de Variación y Proyecciones . . . . .	52
2.4.7.1.	Variación de Cronograma (SV) . . . . .	53
2.4.7.2.	Variación de Costo (CV) . . . . .	53
2.4.7.3.	Índice del Desempeño del Cronograma (SPI) . . . . .	53
2.4.7.4.	Índice del Desempeño del Costo (CPI) . . . . .	53
2.4.7.5.	Índice de Costo - Programación (CSI) . . . . .	53
<b>3.</b>	<b>Productividad en Movimiento de Tierra para una Construcción de Carretera</b>	<b>54</b>
3.1.	Introducción . . . . .	54
3.2.	Productividad . . . . .	54
3.3.	Lean Production . . . . .	56
3.4.	Lean Construction . . . . .	56
3.5.	Lean Construction y el mejoramiento de Productividad . . . . .	57
3.5.1.	Medición de productividad . . . . .	58
3.5.2.	Evaluación de la Productividad . . . . .	58
3.5.3.	Implementación de plan de Mejoramiento . . . . .	59
3.5.3.1.	Asegurar que los flujos continúen . . . . .	59
3.5.3.2.	Desarrollar flujos eficientes . . . . .	59
3.5.3.3.	Hacer los procesos eficientes . . . . .	59
3.5.4.	Herramientas del plan de Mejoramiento . . . . .	59
3.5.4.1.	Cartas Balances . . . . .	59
3.5.4.2.	Nivel de Actividad . . . . .	59
3.5.4.3.	Estudio de Tiempos y Movimientos . . . . .	59
3.5.4.4.	Aplicación del Sistema Last Planner . . . . .	59
3.5.5.	Medición de tiempo para la Identificación de Procesos (conversiones) y Flujos . . . . .	60
3.5.5.1.	Tiempo Productivo (TP) . . . . .	60
3.5.5.2.	Tiempo Contributorio (TC) . . . . .	60
3.5.5.3.	Tiempo No Contributorio (TNC) . . . . .	60
3.6.	Proyecto Vial . . . . .	60
3.7.	Marco Referencial para la Contratación de una Obra Vial . . . . .	62
3.7.1.	Sistema de contratación . . . . .	62
3.8.	Descripción General del Proceso Constructivo de una Obra Vial . . . . .	62

3.9. El Movimiento de Tierra en la Construcción de una Carretera . . . . .	63
3.9.1. Actividades Típicas en Movimiento de Tierra . . . . .	64
3.9.2. Equipos Básicos Utilizados en la Acción <i>Remover</i> . . . . .	65
3.9.2.1. Excavadora (Palas Hidráulicas) . . . . .	65
3.9.2.2. Cargadores Frontales . . . . .	66
3.9.3. Equipos Básicos Utilizados en la Acción <i>Transporte</i> . . . . .	67
3.9.3.1. Volquetes . . . . .	67
3.9.4. Equipos Básicos Utilizados en la Acción <i>Depositar</i> . . . . .	68
3.9.4.1. Motoniveladoras . . . . .	68
3.9.4.2. Tractores con Hoja de Empuje . . . . .	70
3.9.4.3. Equipos de Compactación . . . . .	71
3.10. El Transporte - Acarreo en el Movimiento de Tierra . . . . .	72
3.10.1. Productividad en los equipos de transporte - acarreo . . . . .	72
3.10.1.1. El tiempo de Carguío es afectado por : . . . . .	73
3.10.1.2. El tiempo de Acarreo es afectado por : . . . . .	73
3.10.1.3. El tiempo de Descarga es gobernado por : . . . . .	73
3.10.1.4. El Viaje de Retorno . . . . .	73
3.11. Método del Metrado de Transporte de Material Granular ( $m^3 - Km$ ) . . . . .	74
3.11.1. Si la distancia de transporte es $D \leq 1Km$ . . . . .	74
3.11.1.1. El Costo del Transporte de Material Granular si la Distancia es $D \leq 1Km$ . . . . .	75
3.11.2. Si la distancia de transporte es $D > 1Km$ . . . . .	76
3.11.2.1. Costo del Transporte de Material Granular si la dis- tancia es $D > 1Km$ . . . . .	76
<b>4. Materiales y Métodos</b> . . . . .	<b>78</b>
4.1. Medición del desempeño según la Guía PMBOK . . . . .	78
4.2. Metodología aplicando la Técnica de Valor Ganado . . . . .	78
4.2.1. Pasos iniciales . . . . .	79
4.2.1.1. Elaboramos la Estructura de Desglose de Trabajo (EDT) del Proyecto . . . . .	79
4.2.1.2. Desarrollamos el Cronograma . . . . .	81
4.2.1.3. Asignamos un costo a cada actividad . . . . .	81
4.2.1.4. Establecemos la linea base (costo-tiempo) . . . . .	81
4.2.2. Pasos repetitivos . . . . .	85
4.2.2.1. Ejecutamos las mediciones de rendimiento . . . . .	85
4.2.2.2. Obtención del costo real (AC) . . . . .	85
4.2.2.3. Obtención del valor ganado (EV) . . . . .	86
4.2.2.4. Analizamos los resultados . . . . .	87

4.3. Informe de productividad como sustento de las mediciones de desempeño . . . . .	87
4.3.1. Producción de transporte ( $m^3 - km$ ) . . . . .	87
4.3.1.1. Materiales provenientes de cantera . . . . .	88
4.3.2. Volumen transportado ( $m^3$ ) . . . . .	88
4.3.3. Ratio de transporte semanal ( $\frac{S}{m^3 - km}$ ) . . . . .	88
4.3.3.1. Productividad : La productividad se define como la relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados, matemáticamente está dada por la relación : . . . . .	88
4.3.3.2. Ratio : Representa el consumo de recursos por unidad de producción , matemáticamente está dada por la relación : . . . . .	89
4.3.3.3. Ratio planificado o esperado: Este valor se deduce del metrado y análisis de costo de unitario Cuadro 4.6 y Cuadro 4.7 . . . . .	89
4.3.3.4. Ratio real: Este valor se deduce de los datos de desempeño tomados en campo . . . . .	89
4.3.4. Tiempo promedio de espera y carga ( $min$ ) . . . . .	90
4.3.5. Tiempo promedio de espera y descarga ( $min$ ) . . . . .	90
4.3.6. Tiempo promedio de espera y carga por volquete ( $min$ ) . . . . .	90
4.3.7. Distribución de tiempo por tipo de trabajo . . . . .	90
4.3.8. Distribución del trabajo productivo - TP ( $h$ ) . . . . .	91
4.3.9. Distribución del trabajo contributorio - TC ( $h$ ) . . . . .	91
4.3.10. Distribución del trabajo no contributorio - TNC ( $h$ ) . . . . .	91
4.3.11. Horas consumidas y proyectadas al mes ( $h$ ) . . . . .	91
4.4. Implementación Informática de MepCat . . . . .	91
4.4.1. Estructura del Programa . . . . .	92
4.4.2. Interfaz Gráfica de Usuario del MepCat . . . . .	92
4.4.3. Datos Necesarios para la Aplicación de MepCat . . . . .	93
4.4.4. Interfaz gráfica del informe de productividad . . . . .	95
<b>5. Resultados y Discución.</b>	<b>96</b>
5.1. Consideraciones Previas . . . . .	96
5.2. Aplicación del Programa MepCat a un Proyecto Real . . . . .	97
5.2.1. Evaluación del Desempeño del Transporte de Material Granular (Material para Base) $D \leq 1Km - D > 1Km$ . . . . .	98
5.2.2. Sustento del Desempeño del Transporte de Material Granular (Material para Base) $D \leq 1Km - D > 1Km$ . . . . .	101

5.2.2.1.	Producción de Transporte ( $m^3 - Km$ ) . . . . .	101
5.2.2.2.	Volumen Transportado ( $m^3$ ) . . . . .	102
5.2.2.3.	Ratio ( $\$/m^3 - km$ ) . . . . .	103
5.2.2.4.	Tiempo Promedio de Espera y Carga( $min$ ) . . . . .	104
5.2.2.5.	Tiempo Promedio de Espera y Descarga( $min$ ) . . . . .	105
5.2.2.6.	Tiempo Promedio de Espera y Carga por Volquete ( $min$ ) . . . . .	106
5.2.2.7.	Distribución de Tiempo por Tipo de Trabajo . . . . .	107
5.2.2.8.	Distribución del Trabajo Productivo - TP ( $h$ ) . . . . .	108
5.2.2.9.	Distribución del Trabajo Contributorio - TC ( $h$ ) . . . . .	109
5.2.2.10.	Distribución del Trabajo No Contributorio - TNC ( $h$ ) . . . . .	110
5.2.2.11.	Horas consumidas y Proyectadas al mes ( $h$ ) . . . . .	111
<b>6.</b>	<b>Conclusiones y Recomendaciones</b>	<b>112</b>
6.1.	Conclusiones . . . . .	112
6.2.	Recomendaciones . . . . .	113
	<b>Referencia bibliografica</b>	<b>114</b>
<b>A.</b>	<b>Aspectos de Ingenieria</b>	<b>117</b>
A.1.	Documentación . . . . .	117
A.1.1.	Oficio de autorización para Visitar el proyecto . . . . .	117
A.2.	Aspectos Generales del Proyecto . . . . .	119
A.2.1.	Objetivo central del proyecto . . . . .	119
A.2.2.	Objetivo específico del proyecto . . . . .	119
A.2.3.	Características técnicas del proyecto . . . . .	119
A.2.4.	Descripción del eje y de la vía . . . . .	120
A.3.	Análisis de costos unitarios, presupuesto y cronograma del proyecto . . . . .	122
<b>B.</b>	<b>Distribución de actividades , paquete de actividades y tipos de trabajo</b>	<b>125</b>
<b>C.</b>	<b>Formatos y Recopilación de datos de desempeño</b>	<b>126</b>
C.1.	Recopilación de datos de desempeño . . . . .	127
C.1.1.	Formato elaborado por la empresa contratista . . . . .	127
C.1.2.	Formato utilizado en la investigación . . . . .	128
C.1.3.	Datos de desempeño medidos (1volquete) . . . . .	129

## ÍNDICE GENERAL

---

<b>D. Costos de horas máquinas</b>	<b>134</b>
D.1. Costos de horas máquina planificadas . . . . .	134
D.2. Costos de horas máquina reales del volquete de 15 m <sup>3</sup> y cargador frontal . . . . .	136
<b>E. Código fuente de MepCat en lenguaje Matlab</b>	<b>142</b>
E.1. Código fuente para adicionar los datos de desempeño del volquete . .	142
E.2. Código Fuente para ejecutar el Informe de Productividad . . . . .	150
<b>F. Panel Fotográfico</b>	<b>162</b>
F.1. Visita a la obra . . . . .	162
<b>G. Planos</b>	<b>170</b>
G.1. Plano de Ubicación . . . . .	170
G.2. Plano en Planta . . . . .	170



# Índice de figuras

2.1.	Desarrollo de un <b>proceso</b> según la Guía PMBOK . . . . .	9
2.2.	Ciclo de vida de un proyecto según la Guía del PMBOK . . . . .	10
2.3.	Grupos de procesos de la dirección de proyectos . . . . .	13
2.4.	Ciclo planificar-hacer-revisar-actuar . . . . .	14
2.5.	Marco conceptual de la gestión de valor ganado - EVM . . . . .	50
2.6.	Representación de la gestión de valor ganado . . . . .	52
3.1.	Relación entre una obra pública y el sistema nacional de inversión pública . . . . .	61
3.2.	Actividades típicas en movimiento de tierra . . . . .	65
3.3.	Excavadora sobre oruga 115-165 HP . . . . .	66
3.4.	Cargador frontal sobre llantas 200-250 HP . . . . .	67
3.5.	Camión volquete de 15 $m^3$ . . . . .	68
3.6.	Motoniveladora de 130 - 135 HP . . . . .	69
3.7.	Tractor sobre orugas de 190 - 240 HP . . . . .	70
3.8.	Compactadora . . . . .	71
3.9.	Ciclo típico del transporte material . . . . .	72
3.10.	Transporte de material $D \leq 1\text{Km}$ . . . . .	74
3.11.	Transporte de material $D > 1\text{Km}$ . . . . .	76
4.1.	Descripción de la técnica de valor ganado . . . . .	79
4.2.	Obtención del costo real en la investigación . . . . .	86
4.3.	Obtención del costo planificado en la investigación . . . . .	86
4.4.	Obtención del ratio real en la investigación . . . . .	89
4.5.	Diagrama de flujo del programa . . . . .	92
4.6.	Interfaz gráfica del usuario - MepCat . . . . .	93
4.7.	Interfaz gráfica del usuario - MepCat . . . . .	94
4.8.	Interfaz gráfica del informe de productividad . . . . .	95
5.1.	Transporte de material de base entre las progresivas 4+480 - 5+500 .	97
5.2.	Resultados de la técnica de valor ganado aplicando MepCat . . . . .	99

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

5.3. Producción de transporte de material granular . . . . .	101
5.4. Volumen transportado de material granular . . . . .	102
5.5. Volumen transportado de material granular . . . . .	103
5.6. Tiempo promedio de espera y carga . . . . .	104
5.7. Tiempo promedio de espera y descarga . . . . .	105
5.8. Tiempo promedio de espera y carga por volquete . . . . .	106
5.9. Distribución de tiempo por tipo de trabajo . . . . .	107
5.10. Distribución del trabajo productivo . . . . .	108
5.11. Distribución del trabajo contributorio . . . . .	109
5.12. Distribución del trabajo no contributorio . . . . .	110
5.13. Horas consumidas y proyectadas al mes . . . . .	111
A.1. Oficio de autorización para la visita ala obra . . . . .	118
A.2. Localización del Proyecto . . . . .	120
A.3. Análisis de costos unitarios . . . . .	122
A.4. Presupuesto total del proyecto . . . . .	123
A.5. Cronograma del proyecto . . . . .	124
C.1. Parte diario de la empresa contratista . . . . .	127
C.2. Parte diario elaborado para la investigación . . . . .	128
C.3. hoja de ruta del <i>volquete A</i> del día 1 . . . . .	129
C.4. hoja de ruta del <i>volquete A</i> del día 2 . . . . .	130
C.5. hoja de ruta del <i>volquete A</i> del día 3 . . . . .	131
C.6. hoja de ruta del <i>volquete A</i> del día 4 . . . . .	132
C.7. hoja de ruta del <i>volquete A</i> del día 5 . . . . .	133
D.1. Costos de las horas máquina planificada en obra . . . . .	135
D.2. calculo de la hora máquina real del volquete-1 . . . . .	137
D.3. calculo de la hora máquina real del volquete-2 . . . . .	138
D.4. calculo de la hora máquina real del volquete-3 . . . . .	139
D.5. calculo de la hora máquina real del cargador frontal -1 . . . . .	140
D.6. calculo de la hora máquina real del cargador frontal-2 . . . . .	141
F.1. Campamento de la empresa constructora . . . . .	162
F.2. Cantera CCelloccasa que esta ah 14.6 km como acceso desde la pro- gresiva 0+000 (toccto) . . . . .	163
F.3. Los volquetes utilizados en el transporte de material granular en la cantera ccelloccasa . . . . .	163
F.4. El carguio de material de base en el <i>Volquete A</i> . . . . .	164
F.5. Conformación de sub base desde las prog 4+480 - 5+500 . . . . .	164
F.6. Conformación de sub base desde las prog 4+480 - 5+500 . . . . .	165

F.7. Perfilado de la sub base desde las prog 4+480 - 5+500 . . . . .	165
F.8. Descarga del material de base en la esparcidora desde las prog 4+480 - 5+500 . . . . .	166
F.9. Descarga del material de base en la esparcidora desde las prog 4+480 - 5+500 . . . . .	166
F.10. Descarga del material de base en la esparcidora desde las prog 4+480 - 5+500 . . . . .	167
F.11. La esparcidora detenido esperando otro volquete . . . . .	167
F.12. Compactación de la base desde la Prog 4+480 - 5+500 . . . . .	168
F.13. Base lista para incorporar el imprimante asfáltico desde la Prog 4+480 - 5+500 . . . . .	168
F.14. Imprimante asfáltico desde la Prog 4+480 - 5+500 . . . . .	169
F.15. planta de elaboración de mezcla asfáltico . . . . .	169

# Índice de cuadros

1.1. Antecedentes de la investigación . . . . .	1
2.1. Correspondencia entre grupos de procesos y áreas de conocimiento de la dirección de proyectos . . . . .	16
2.2. Descripción general de la gestión de la integración del proyecto . . . .	17
2.3. Desarrollar el acta de constitución del proyecto: entradas-herramientas-salidas . . . . .	18
2.4. Desarrollar el plan para la dirección del proyecto: entradas-herramientas-salidas . . . . .	18
2.5. Dirigir y gestionar el trabajo del proyecto: entradas-herramientas-salidas . . . . .	19
2.6. Monitorear y controlar el trabajo del proyecto: entradas-herramientas-salidas . . . . .	19
2.7. Realizar el control integrado de cambios: entradas-herramientas-salidas	20
2.8. Cerrar el proyecto o fase: entradas-herramientas-salidas . . . . .	20
2.9. Descripción general de la gestión de alcance del proyecto . . . . .	21
2.10. Planificar la gestión de alcance : entradas-herramientas-salidas . . . .	22
2.11. Recopilar requisitos: entradas-herramientas-salidas . . . . .	22
2.12. Definir el alcance : entradas-herramientas-salidas . . . . .	23
2.13. Crear la estructura de desglose de trabajo: entradas-herramientas-salidas . . . . .	23
2.14. Validar el alcance: entradas-herramientas-salidas . . . . .	24
2.15. Validar el alcance: entradas-herramientas-salidas . . . . .	24
2.16. Descripción general de la gestión del tiempo del proyecto . . . . .	25
2.17. Planificar la gestión del cronograma : entradas-herramientas-salidas .	26
2.18. Definir las actividades: entradas-herramientas-salidas . . . . .	26
2.19. Secuenciar las actividades : entradas-herramientas-salidas . . . . .	27
2.20. Estimar los recursos de las actividades : entradas-herramientas-salidas	27
2.21. Estimar la duración de las actividades : entradas-herramientas-salidas	28
2.22. Desarrollar cronograma : entradas-herramientas-salidas . . . . .	28

2.23. Controlar el cronograma: entradas-herramientas-salidas . . . . .	29
2.24. Descripción general de la gestión de los costos del proyecto . . . . .	30
2.25. Planificar la gestión de los costos : entradas-herramientas-salidas . . .	30
2.26. Estimar los costos : entradas-herramientas-salidas . . . . .	31
2.27. Determinar el presupuesto : entradas-herramientas-salidas . . . . .	31
2.28. Controlar costos : entradas - herramientas - salidas . . . . .	32
2.29. Descripción general de la gestión de la calidad del proyecto . . . . .	33
2.30. Planificar la gestión de la calidad : entradas - herramientas - salidas .	33
2.31. Realizar el aseguramiento de calidad : entradas - herramientas - salidas	34
2.32. Controlar la calidad : entradas - herramientas - salidas . . . . .	34
2.33. Descripción general de la gestión de los recursos humanos del proyecto	35
2.34. Planificar la gestión de los recursos humanos : entradas - herramientas - salidas . . . . .	36
2.35. Adquirir el equipo del proyecto : entradas - herramientas - salidas . .	36
2.36. Desarrollar el equipo del proyecto : entradas - herramientas - salidas .	37
2.37. Dirigir el equipo del proyecto: entradas - herramientas - salidas . . . .	37
2.38. Descripción general de la gestión de las comunicaciones del proyecto .	38
2.39. Planificar la gestión de las comunicaciones : entradas - herramientas - salidas . . . . .	38
2.40. Gestionar las comunicaciones : entradas - herramientas - salidas . . .	39
2.41. Controlar las comunicaciones : entradas - herramientas - salidas . . .	39
2.42. Descripción general de la gestión de riesgos del proyecto . . . . .	40
2.43. Planificar la gestión de riesgos : entradas - herramientas - salidas . . .	40
2.44. Identificar los riesgos : entradas - herramientas - salidas . . . . .	41
2.45. Realizar el análisis cualitativo de riesgos : entradas - herramientas - salidas . . . . .	41
2.46. Análisis cuantitativo de los riesgos : entradas - herramientas - salidas	42
2.47. Planificar la respuesta a los riesgos : entradas - herramientas - salidas	42
2.48. Monitorear y controlar los riesgos : entradas - herramientas - salidas .	43
2.49. Descripción general de la gestión de las adquisiciones . . . . .	43
2.50. Planificar las adquisiciones : entradas - herramientas - salidas . . . . .	44
2.51. Efectuar las adquisiciones : entradas - herramientas - salidas . . . . .	44
2.52. Controlar las adquisiciones : entradas - herramientas - salidas . . . . .	45
2.53. Cerrar las adquisiciones : entradas - herramientas - salidas . . . . .	45
2.54. Descripción general de la gestión de los interesados . . . . .	46
2.55. Identificar a los interesados : entradas - herramientas - salidas . . . .	46
2.56. Planificar la gestión de los interesados : entradas - herramientas - salidas	47
2.57. Gestionar la participación de los interesados : entradas - herramientas - salidas . . . . .	47

## ÍNDICE DE CUADROS

---

2.58. Controlar la participación de los interesados : entradas - herramientas - salidas . . . . .	48
2.59. Procesos fundamentales utilizados en la investigación . . . . .	49
3.1. Relación entre la eficiencia, efectividad y productividad . . . . .	55
3.2. Modelo convencional de producción en la industria de la construcción	57
3.3. Esquema de proceso de producción <i>Conversión y Flujo</i> , propuesto por Lauri Koskela . . . . .	57
3.4. Ciclo de mejoramiento de productividad . . . . .	58
3.5. Metrado de transporte de material $\leq 1\text{Km}$ . . . . .	74
3.6. Costo del transporte hasta 1Km ( $Cu_{\leq 1\text{Km}}$ ) . . . . .	75
3.7. Metrado de transporte de material $> 1\text{Km}$ . . . . .	76
3.8. Costo del transporte hasta 1Km ( $Cu_{\leq 1\text{Km}}$ ) . . . . .	77
3.9. Costo del transporte más de 1Km ( $Cu_{> 1\text{Km}}$ ) . . . . .	77
4.1. Descomposición de un entregable . . . . .	80
4.2. Estructura de desglose del trabajo-EDT . . . . .	81
4.3. Valor planificado del paquete de trabajo . . . . .	82
4.4. Metrado del transporte de material granular en la semana de análisis	82
4.5. Valor planificado del paquete de trabajo de la semana en análisis . . .	83
4.6. Metrado de la semana en análisis para <i>1 volquete</i> . . . . .	84
4.7. Valor planificado de la semana en análisis para <i>1 volquete</i> . . . . .	84
B.1. Descripción de actividades del volquete . . . . .	125

# Lista de simbolos

ACWP Costo real - AC

BCWP Valor ganado - EV

BCWS Valor planificado - PV

CPI Indice de desempeño del costo

CSI Indice de costo - programación

CV Variación de costo

SPI Indice de desempeño del cronograma

SV Variación de cronograma

Te Metrado de transporte de material granular hasta 1Km

Tf Metrado de transporte de material granular mas de 1Km

# Capítulo 1

## Introducción

### 1.1. Antecedentes

El cuadro 1.1 describe los antecedentes de la investigación

Autor	Investigación	País
Burneo Panta L.C.(2013)	Mejora de productividad en el mantenimiento rutinario de una carretera aplicando filosofía Lean Construcción	Perú
Padilla Alarcón W.F.(2012)	Aplicación del análisis del valor ganado para el gerenciamiento de proyectos	Costa Rica
Farje Mallqui J.E.(2011)	Aplicación de los lineamientos del PMBOK en la gestión de la ingeniería y construcción de un depósito de seguridad para residuos industriales	Perú
Ing. Chau Lam J.E.(2010)	Gestión del mantenimiento de equipos en proyectos de movimiento de tierra	Perú
Ing. Pons Achell JF.(2009)	Análisis teórico del PMBOK y su puesta en práctica en proyectos de edificación	España
Ing.Sánchez Soto R.(2007)	Modelo conceptual para el monitoreo y control de proyectos de construcción	Costa Rica
Ing.Viterri Sarmiento JL.(2007)	La variabilidad en los procesos de carguío y transporte	Perú

Cuadro 1.1: Antecedentes de la investigación



### 1.2. Definición y formulación del problema

#### 1.2.1. Definición del problema

##### 1.2.1.1. Monitorización y control del movimiento de tierra en la construcción de una carretera

Monitorizar y controlar significa medir el desempeño del trabajo de manera sistemática y regular con el fin de conocer la situación actual. Esto nos permite supervisar, analizar y regular el progreso y rendimiento del trabajo del proyecto

En la construcción de una carretera el movimiento de tierra es la que tiene mayor incidencia en el alcance, costo y tiempo que se emplea, lo que implica un constante monitoreo y control y poder evitar así los problemas de una mala gestión que se evidencia en la baja productividad, incremento de plazos, incremento de costos y menor eficiencia en la planificación.

El desconocimiento de la guía PMBOK como marco de referencia en gestión de proyectos nos imposibilita trabajar con sus herramientas y técnicas con las cuales está equipada. Una de esas herramientas es la técnica de valor ganado que es muy útil en el monitoreo y control y que al utilizarlo nos permite medir cuantitativamente y en forma objetiva el desempeño y avance del movimiento de tierra

##### 1.2.1.2. Sustento de la evaluación del desempeño del movimiento de tierra en una construcción de una carretera

Conocer la situación actual del movimiento de tierra al evaluar su desempeño es indispensable para los interesados, pero aún es necesario sustentarlo con información verídica de las actividades realizadas representado por datos cuantitativos

Actualmente medir el desempeño del movimiento de tierra y sustentarlo, se desconoce porque en la construcción de una carretera aún está vigente el sistema de producción tradicional en la cual se da poca importancia a este proceso

### 1.2.2. Formulación del problema

#### 1.2.2.1. Problema principal

- ¿De qué forma hacemos uso y sustentamos una de las herramientas de la Guía del PMBOK que nos permita evaluar el desempeño y avance del movimiento de tierra en una construcción de una carretera?

### 1.2.2.2. Problemas secundarios

1. ¿Qué información debemos generar para sustentar la evaluación de las mediciones de desempeño y avance en movimiento de tierra?
2. ¿Cómo debemos distinguir la distribución de los tipos de trabajo que realizan los equipos que operan en el movimiento de tierra?
3. ¿Dé que forma utilizaremos la guía del PMBOK para medir el desempeño y avance del movimiento de tierra en una carretera?
4. ¿Cómo vamos a generar un sustento de la evaluación del desempeño y avance para movimiento de tierra?
5. ¿Qué necesitamos para recopilar los datos que se producen en el trabajo de movimiento de tierra?

## 1.3. Justificación

Actualmente vemos que la construcción está siendo afectada por un gran impulso que permite su ejecución en muchos campos ya sea edificación, minería, construcción de carreteras, etc. Por tal efecto vemos con suma importancia trabajar con un marco de referencia en gestión de proyecto , en este caso la Guia del PMBOK pues este nos permite aplicar conocimientos , procesos, habilidades, herramientas y técnicas que al utilizarlas correctamente nos brinda una gran posibilidad de éxito del proyecto.

La herramienta con la cual queremos trabajar y aplicarlo al movimiento de tierra es la técnica de valor ganado, siendo este la única con lo cual podemos evaluar las mediciones del trabajo realizado y compararlo con el trabajo planeado y determinar así los costos incurridos realmente la cual se expresa literalmente como desempeño del trabajo.

Es por eso que si nosotros evaluamos nuestro desempeño del trabajo en movimiento de tierra podemos sustentarlo con un informe de desempeño y cuya información que nos brinda utilizarlo para mejorar nuestra situación actual, controlando y generando cambios, recomendando acciones para anticipar posibles problemas, aplicar nuevas filosofías de construcción todo eso para asegurar que el proyecto avance de manera eficaz logrando los objetivos planteados

### 1.4. Importancia

Los costos que se inciden en movimiento de tierras de la construcción de carretera son muy altos pues la presencia de maquinaria que lo efectúa así lo define. Es por eso que nuestra atención de estos debe ser constante razón por la cual debemos sustentar el desempeño del trabajo que estos realizan, para tal efecto un informe de desempeño que describa la productividad es la mejor manera de ver la situación actual pues este nos permite tener una plataforma sólida para la identificación de problemas y así generar cambios y mejoras durante el ciclo de vida del trabajo

En la actualidad existen estándares de carácter internacional que recogen las mejores prácticas en la dirección de proyectos , entre ellos, uno de los más reconocidos es el PMBOK, promulgado por el Project Management Institute (PMI) que se identifica con el conjunto de fundamentos para la dirección de proyectos generalmente reconocidos como buenas práctica , es decir que utilizar los conocimientos de sus procesos que involucran habilidades , técnicas , herramientas puede aumentar las posibilidades de éxito gracias a que existe un consenso sobre su utilidad y valor

### 1.5. Planteamiento de la Hipótesis

#### 1.5.1. Hipótesis principal

- Para el movimiento de tierra en la construcción de una carretera debemos automatizar un sistema de medición de productividad porque la información generada por esta será un sustento después de evaluar cuantitativamente las mediciones de desempeño y avance actual. Dicha evaluación se realizara Utilizando una de las herramientas para la gestión de proyectos que es la técnica de valor ganado

#### 1.5.2. Hipótesis secundarias

1. Al sustentar la evaluación del desempeño y avance en movimiento de tierra nos dará las causas de la situación actual del trabajo
2. Identificando los tipos de trabajo que realizan los equipos de movimiento de tierra , nos ayudara a mejorar las productividad de estos mismos
3. Debemos trabajar con una de las herramientas de la Guía del PMBOK que nos permite conocer la estado actual del desempeño del trabajo

4. Un informe de productividad será un sustento después de evaluar el desempeño y avance del movimiento de tierra

## 1.6. Objetivo de la Tesis

### 1.6.1. Objetivos Generales

- Automatizar un sistema de medición de productividad para movimiento de tierra en la construcción de una carretera que nos proporcione la información necesaria para sustentar la evaluación de las mediciones de su desempeño y avance

### 1.6.2. Objetivos Específicos

1. Definir parámetros de productividad que se debe considerar para sustentar la evaluación de las mediciones de desempeño y avance en movimiento de tierra
2. Designar a las actividades que se desarrollan en el movimiento de tierra los tipos de trabajo que les corresponde las cuales pueden productivo, contributivo y no contributivo
3. Implementar la técnica de valor ganado como herramienta de monitoreo y control en movimiento de tierra
4. Desarrollar un programa informático MepCat, que nos proporcione el informe de productividad y que este sea el sustento de la evaluación del desempeño y avance en movimiento de tierra
5. Crear un formato de recopilación de datos que debemos utilizar en el monitoreo de equipos que operan en movimiento de tierra

## 1.7. Metodología de la investigación

### 1.7.1. Tipo y nivel de investigación

La investigación desarrollada es de tipo aplicada o tecnológica por su aplicación de conocimientos en la práctica y un nivel de investigación descriptivo y correlacional por la descripción de un fenómeno en estudio y la relación de sus variables

## **1. INTRODUCCIÓN**

---

### **1.7.2. Variables e indicadores**

#### **1.7.2.1. Variable independiente**

Herramienta de la guía del PMBOK : Técnica de valor ganado

#### **1.7.2.2. Variable independiente**

Sistema de medición de productividad : Informe de productividad

#### **1.7.2.3. Indicadores independiente**

Indices de desempeño de costo , indice de desempeño de cronograma, variación de costo , variación de cronograma

#### **1.7.2.4. Indicadores dependiente**

Producción de transporte , volumen transportado, trabajos productivos , trabajos contributorios , trabajos no contributorios , ratios , etc

### **1.7.3. Organización de estudio**

La investigación desarrollada lo dividimos en 5 capítulos

#### **Capítulo 1**

Abarca la introducción donde se plantea el problema y la raíz de la investigación y los objetivos y la hipótesis con la cual trabajamos

#### **Capítulo 2**

La investigación se apoyó en los aspectos básicos del estado de conocimiento por lo tanto debemos disponer de la información necesaria sobre la Guía PMBOK la cual está compuesta por las herramientas, técnicas que serán utilizadas para poder cumplir con los objetivos propuestos

#### **Capítulo 3**

La investigación se apoyó en los aspectos básicos del estado de conocimiento por lo tanto es indispensable disponer de la información necesaria sobre la productividad en movimiento de tierra donde se dispone de la información sobre la filosofía Lean construcción, fundamentos del movimiento de tierra y la interrelación de estos dos conceptos

### Capítulo 4

Esta parte de la investigación se enfoca en la forma de cómo se efectuó y se procedió para poder cumplir con los objetivos, esta describe los pasos que seguimos para desarrollar la automatización del sistema de medición de productividad, la cual se empieza con la recopilación de datos de desempeño de la obra “CONSTRUCCIÓN DE CARRETERA A NIVEL DE PAVIMENTO FLEXIBLE, ABRA-TOCTO-CONDORCCHOCHA”, seguidamente se hace el análisis correspondiente utilizando la herramienta de la técnica de valor ganado (Guía del PMBOK)

### Capítulo 5

Se realiza previo automatización del sistema de medición de productividad, se exponen los resultados obtenidos sobre la técnica de valor ganado y productividad en movimiento de tierra, estos serán discutidos y sustentado, pues son resultados procesados de la toma de datos realizados durante 1 semana

### Capítulo 6

Se encarga de las conclusiones de la investigación y finalmente las recomendaciones pertinentes para la aplicación de los resultados

#### 1.7.4. Herramientas de análisis

Para el procesamiento de la información y automatización del informe de productividad se utilizaron :

- Software de programación Matlab
- • Hojas de cálculo excel

## Capítulo 2

# La Guía del PMBOK en la Gestión de Proyectos

### 2.1. Inicio y desarrollo de la Guía del PMBOK

La Guía del PMBOK<sup>1</sup> es una guía que reúne los conocimientos, conceptos, técnicas y destrezas dentro de la profesión de gestión de proyectos la cual fue desarrollado por el Project Management Institute (PMI)<sup>2</sup> [1]. La primera versión de PMBOK fue publicada en 1987. Esta versión consta de 37 procesos. La segunda versión fue publicada el 2000, basado en los comentarios recibidos de parte de los miembros. PMBOK fue reconocido como estándar por el American National Standards Institute (ANSI)<sup>3</sup> en 1998, y más adelante por el Instituto de los Ingenieros Electrónicos Eléctricos (IEEE). Esta versión constaba de 39 procesos. La tercera versión fue publicada en 2004, con mejoras importantes en la estructura del documento, adiciones a los procesos y términos. Esta versión constaba de 44 procesos. La cuarta versión fue publicada en 2008. No introdujo cambios mayores, pero sí se organizó de manera más precisa, clara y fácil de entender. Esta versión consta de 42 procesos. La quinta versión fue publicada en el 2013 y es la vigente en la actualidad con cambios significativos las cuales consta de 47 procesos. El PMI pretende definir, mantener y difundir un cuerpo de conocimiento con dos objetivos principales [2]:

---

<sup>1</sup>Project Management Body of Knowledge (el Compendio del Saber de la Gestión de Proyectos en español)

<sup>2</sup>Es una organización internacional sin fines de lucro que asocia a profesionales relacionados con la Gestión de Proyectos y que se fundó en el año 1969 en los Estados Unidos de América

<sup>3</sup>Es una organización sin fines de lucro que supervisa el desarrollo de estándares para productos, servicios, procesos y sistemas en los Estados Unidos

- Mejorar el desarrollo de proyectos en diferentes industrias mediante el uso de buenas prácticas.
- Definir procesos de gestión de proyectos estándares y homogéneos para todo tipo de proyectos

## 2.2. Grupos de procesos de la Guía PMBOK

### 2.2.1. Procesos de la Dirección de Proyectos para un Proyecto según el PMBOK

Un proceso es un conjunto de acciones y actividades interrelacionadas realizadas para obtener un producto, resultado o servicio . Cada proceso se caracteriza por sus entradas , por las herramientas y técnicas que puedan aplicarse y por las salidas que se obtienen [1]

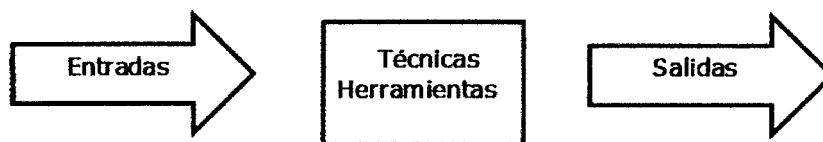


Figura 2.1: Desarrollo de un **proceso** según la Guía PMBOK  
Fuente: propia

Los procesos del proyecto son ejecutados por el equipo que lo dirige y casi siempre están enmarcados en una de las siguientes dos categorías principales :

1. **Los procesos de dirección de proyectos** .- Aseguran que el proyecto avance de manera eficaz durante toda su existencia. Estos procesos incluyen las herramientas y técnicas involucradas en la aplicación de las habilidades y capacidades que se describen en las áreas de conocimiento (Guía del PMBOK)
2. **Los procesos orientados al producto** .- Son los procesos específicos para crear el producto del proyecto

La Guía del PMBOK describe solamente los procesos de dirección de proyectos sin tener alcance a los procesos orientados al producto

Mencionado lo anterior la **dirección de proyectos** es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo. Razón por la cual se requiere de esta Guía porque nos permite la dirección eficaz , la integración , la interacción de los procesos apropiados [3]



### 2.2.2. Ciclo de vida del proyecto según la Guía del PMBOK

Existen 5 fases en el ciclo de vida de la administración de proyecto : Inicio , Planificación, Ejecución, Monitoreo y Control y Cierre del proyecto a las que se denomina Grupo de Proceso

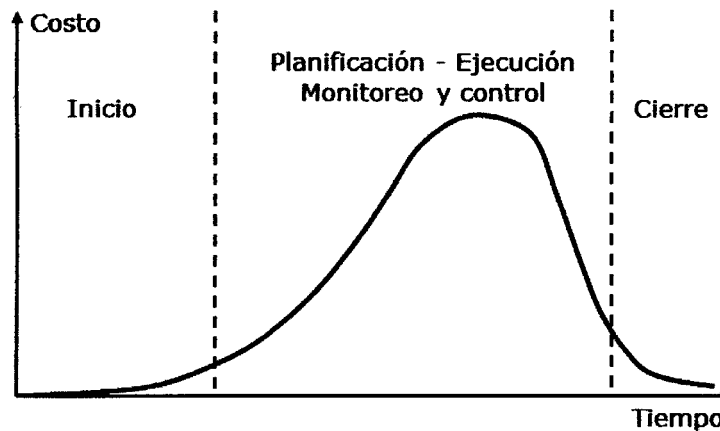


Figura 2.2: Ciclo de vida de un proyecto según la Guía del PMBOK

Fuente: propia

### 2.2.3. Descripción de los Grupos de procesos para la dirección de proyectos según el PMBOK

Los procesos de dirección de proyectos según el PMBOK se agrupan en cinco categorías conocidas como *Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos* , englobando de esta forma los 47 procesos descritos en la guía [3]

#### 2.2.3.1. Grupo del Proceso de Iniciación

Aquellos procesos realizados para definir un nuevo proyecto o una nueva fase de un proyecto ya existente, mediante la obtención de la autorización para comenzar dicho proyecto o fase. Los procesos que lo conforman son [3]:

1. Desarrollar el acta de constitución del proyecto
2. Identificar a los interesados

#### 2.2.3.2. Grupo del Proceso de Planificación

Aquellos procesos requeridos para establecer el alcance del proyecto, refinar los objetivos y definir el curso de acción necesario para alcanzar los objetivos para cuyo logro se emprendió el proyecto. Los procesos que lo conforman son [3] :

1. Desarrollar el plan para la dirección de proyecto
2. Planificar la gestión de alcance
3. Recopilar requisitos
4. Definir alcance
5. Crear la EDT (Estructura de desglose del trabajo)
6. Planificar la gestión del cronograma
7. Definir las actividades
8. Secuenciar las actividades
9. Estimar los recursos de las actividades
10. Estimar la duración de las actividades
11. Desarrollar el cronograma
12. Planificar la gestión de costos
13. Estimar costos
14. Determinar el presupuesto
15. Planificar la gestión de la calidad
16. Planificar la gestión de los recursos humanos
17. Planificar la gestión de las comunicaciones
18. Planificar la gestión de los riesgos
19. Identificar riesgos
20. Realizar análisis cualitativos de riesgos
21. Realizar análisis cuantitativo de riesgos
22. Planificar la respuesta a los riesgos
23. Planificar la gestión de las adquisiciones
24. Planificar la gestión de los interesados

## **2. LA GUÍA DEL PMBOK EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS**

---

### **2.2.3.3. Grupo del Proceso de Ejecución**

Aquellos procesos realizados para completar el trabajo definido buscando cumplir con las especificaciones del mismo. Los procesos que lo conforman son [3] :

1. Dirigir y gestionar el trabajo del proyecto
2. Realizar el aseguramiento de calidad
3. Adquirir el equipo del proyecto
4. Desarrollar el equipo del proyecto
5. Dirigir el equipo del proyecto
6. Gestionar las comunicaciones
7. Efectuar las adquisiciones
8. Gestionar la participación de los interesados

### **2.2.3.4. Grupo del Proceso de Monitoreo y control**

Son aquellos procesos requeridos para dar seguimiento, analizar y regular el progreso y el desempeño del proyecto . Este seguimiento proporciona al equipo del proyecto una idea acerca de la salud del proyecto y resalta cualquier área que necesite atención adicional .Los procesos que lo conforman son [3] :

1. Monitorear y controlar el trabajo del proyecto
2. Realizar el control integrado de cambios
3. Validar el alcance
4. Controlar el alcance
5. Controlar el cronograma
6. Controlar los costos
7. Controlar la calidad
8. Controlar las comunicaciones
9. Controlar los riesgos
10. Controlar las adquisiciones
11. Controlar la participación de los interesados

### 2.2.3.5. Grupo del Proceso de Cierre

Aquellos procesos realizados para finalizar todas las actividades a través de todos los grupos de procesos , a fin de cerrar formalmente el proyecto o una fase del mismo . Los procesos que lo conforman son [3] :

1. Cerrar el proyecto o fase
2. Cerrar adquisiciones

### 2.2.4. Interacciones entre los procesos de la dirección de proyectos

Los procesos de dirección de proyectos se presentan como elementos independientes. Sin embargo, en la práctica se superponen , interactúan , son iterativos y muchos de ellos se repiten. De esa esta forma se expresa la naturaleza integradora que tiene la dirección de proyectos

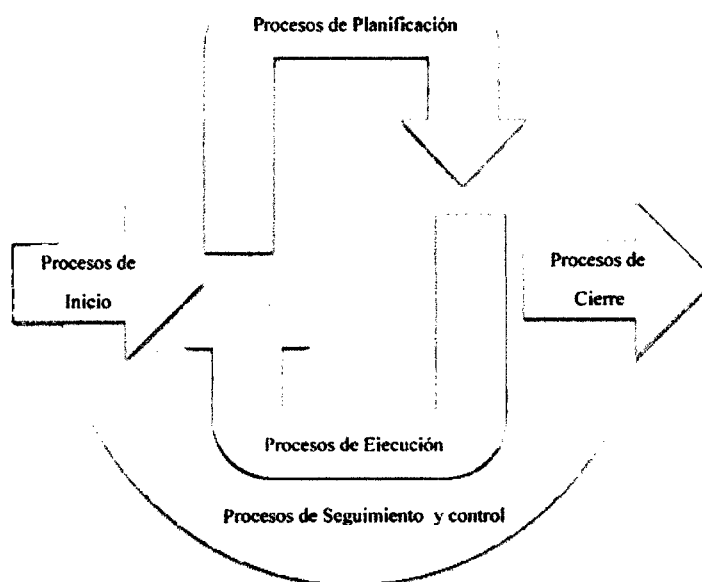


Figura 2.3: Grupos de procesos de la dirección de proyectos

Fuente: PMI[1]

Un concepto subyacente a la interacción entre los procesos de dirección de proyectos es el del ciclo **planificar - hacer - revisar - actuar**

Así vemos que el grupo de procesos de Planificación corresponde al componente “planificar” del ciclo. El grupo de procesos de ejecución corresponde al componente

## 2. LA GUÍA DEL PMBOK EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS

“hacer”, y el grupo de procesos de monitoreo y control corresponde a los componentes de “revisar y actuar”. Además, el grupo de procesos de iniciación comienza estos ciclos y el grupo de procesos de cierre los termina

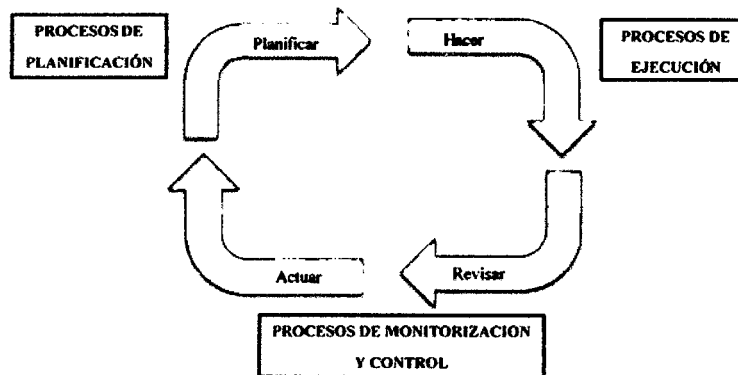


Figura 2.4: Ciclo planificar-hacer-revisar-actuar  
Fuente: PMI[1]

Los grupos de procesos de la dirección de proyectos se vinculan entre sí a través de los resultados que producen. Los grupos de procesos rara vez son eventos diferenciados o únicos; son actividades superpuestas que tienen lugar a lo largo de todo el proyecto. La salida de un proceso normalmente se convierte en la entrada de otro proceso

### 2.3. Áreas de Conocimiento de la Guía del PMBOK

Los 47 procesos de la dirección de proyectos identificados en la Guía del PMBOK se agrupan en **10 áreas de conocimiento** diferenciadas. Un área de conocimiento representa un conjunto completo de conceptos, términos y actividades que conforman un ámbito profesional, un ámbito de la dirección de proyecto o un área de especialización [3]. Estas **10 áreas de conocimiento** se utilizan en la mayoría de los proyectos, durante la mayor parte del tiempo. Los equipos de proyecto deben utilizar de la manera más adecuada en su proyecto específico.

Las 10 áreas de conocimiento que se describen en la Guía PMBOK son :

1. Gestión de la integración del proyecto
2. Gestión del alcance del proyecto
3. Gestión del tiempo del proyecto
4. Gestión de los costos del proyecto
5. Gestión de la calidad del proyecto

6. Gestión de los recursos humanos del proyecto
7. Gestión de las comunicaciones del proyecto
8. Gestión de los riesgos del proyecto
9. Gestión de las adquisiciones del proyecto
10. Gestión de los interesados

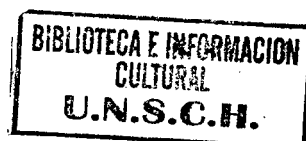
La Guía del PMBOK define los aspectos importantes de cada una de las áreas de conocimiento y como éstas se integran con los cinco grupos de procesos. Como elemento de apoyo, las áreas de conocimiento proporcionan una descripción detallada de las entradas y salidas de los procesos, junto con una explicación descriptiva de las herramientas y técnicas de uso más frecuente en los procesos de la dirección de proyectos para producir cada uno de los resultados. Si bien los procesos se presentan aquí como elementos diferenciados con interfaces bien definidas, en la práctica son iterativos y pueden superponerse y actuar unos sobre otros de formas que no se detallan en esta guía [2].

## 2. LA GUÍA DEL PMBOK EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS

Áreas de Conocimiento	Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos				
	Grupo de Procesos de Inicio	Grupo de Procesos de Planificación	Grupo de Procesos de Ejecución	Grupo de Procesos Monitoreo y Control	Grupo de Procesos de Cierre
<b>Gestión de la Integración del Proyecto</b>	Desarrollar el acta de constitución del Proyecto	Desarrollar el Plan para la dirección del Proyecto	Dirigir y Gestionar el Trabajo del Proyecto	Monitorear y Controlar el Trabajo del Proyecto Realizar el Control Integrado Cambios	Cerrar proyecto
<b>Gestión del Alcance del Proyecto</b>		Planificar la Gestión del Alcance Recopilar Requisitos Definir el Alcance Crear la EDT/WBS		Validar el Alcance Controlar el Alcance	
<b>Gestión del Tiempo del Proyecto</b>		Planificar la Gestión del Cronograma Definir las Actividades Secuenciar las Actividades Estimar los Recursos de las Actividades Estimar la Duración de las Actividades Desarrollar el Cronograma		Controlar el Cronograma	
<b>Gestión de los Costos del Proyecto</b>		Planificar la Gestión de los costos Estimar los costos Determinar el presupuesto		Controlar los Costos	
<b>Gestión de la Calidad del Proyecto</b>		Planificar la Gestión de la calidad	Realizar el aseguramiento de calidad	Controlar la calidad	
<b>Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto</b>		Planificar la Gestión de los Recursos Humanos	Adquirir el Equipo del Proyecto Desarrollar el Equipo del Proyecto Dirigir el Equipo del Proyecto		
<b>Gestión de los Recursos de Comunicación del Proyecto</b>		Planificar la Gestión de las Comunicaciones	Gestionar las comunicaciones	Controlar las comunicaciones	
<b>Gestión de los Riesgos del Proyecto</b>		Planificar la Gestión de los Riesgos Identificar los Riesgos Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos Planificar la Respuesta a los Riesgos		Controlar los Riesgos	
<b>Gestión de las Adquisiciones del Proyecto</b>		Planificar la Gestión de las Adquisiciones	Efectuar las Adquisiciones	Controlar las Adquisiciones	
<b>Gestión de los Interesados del Proyecto</b>		Planificar la Gestión de los Interesados	Gestionar la Participación de los Interesados	Controlar la Participación de los Interesados	Cerrar Adquisiciones

Cuadro 2.1: Correspondencia entre grupos de procesos y áreas de conocimiento de la dirección de proyectos

Fuente: Rita Mulcahy [3]



### 2.3.1. Gestión de la Integración del Proyecto

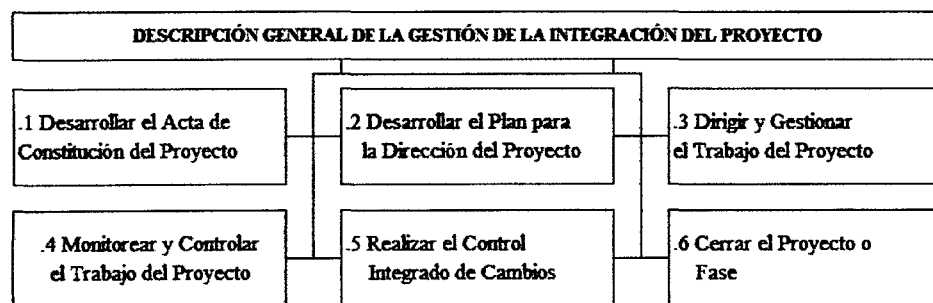
La gestión de integración del proyecto, integra los diferentes procesos en un flujo secuencial y lógico, de principio a fin creando coherencia entre las salidas de los diferentes procesos. Que hacen parte del conjunto de procesos

La gestión es la encargada de dar coherencia a los procesos y es la única área de conocimiento que se extiende en los 5 diferentes grupos de procesos

Los 6 procesos que conforman esta área de conocimiento delinean los objetivos generales de sus respectivos grupos de procesos y se utilizan para direccionar y guiar todos los procesos bajo ellos .

La gestión de la integración facilita la interacción entre los diferentes grupos de procesos y permite el flujo de información entre ellas, manteniendo articulado los diferentes procesos y sus respectivas salidas

Los 5 grupos de procesos y las 10 áreas de conocimiento están interconectados a través de la gestión de integración y esta provee un andamiaje necesario para una exitosa dirección de proyectos [1]



Cuadro 2.2: Descripción general de la gestión de la integración del proyecto  
Fuente: propia

#### 2.3.1.1. Desarrollar el acta de constitución del Proyecto

Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto es el proceso de desarrollar un documento que autoriza formalmente la existencia de un proyecto y confiere al director de proyecto la autoridad para asignar los recursos de la organización a las actividades del proyecto. El beneficio clave de este proceso es un inicio y unos límites del proyecto bien definidos, la creación de un registro formal del proyecto y el establecimiento de una forma directa para que la dirección general acepte formalmente y se comprometa con el proyecto.



## 2. LA GUÍA DEL PMBOK EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS

Entrada	Herramientas y Técnicas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Enunciado del trabajo del proyecto</li><li>• 2 Caso de negocio</li><li>• 3 Acuerdos</li><li>• 4 Activos de los procesos de la Organización</li><li>• 5 Factores ambientales de la empresa</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Juicio de expertos</li><li>• 2 Técnicas de Facilitación</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Acta de constitución del Proyecto</li></ul>

Cuadro 2.3: Desarrollar el acta de constitución del proyecto: entradas-herramientas-salidas

Fuente: propia

### 2.3.1.2. Desarrollar el plan para la dirección de proyectos

Es el proceso que consiste en definir, preparar y coordinar todos los planes secundarios e incorporarlos en un plan integral para la dirección del proyecto. El beneficio clave de este proceso es un documento central que define la base para todo el trabajo del proyecto.

Entrada	Herramientas y Técnicas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Enunciado del trabajo del proyecto</li><li>• 2 Salidas de otros procesos</li><li>• 3 Acuerdos</li><li>• 4 Activos de los procesos de la Organización</li><li>• 5 Factores ambientales de la empresa</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Juicio de expertos</li><li>• 2 Técnicas de Facilitación</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Plan para la dirección del proyecto</li></ul>

Cuadro 2.4: Desarrollar el plan para la dirección del proyecto: entradas-herramientas-salidas

Fuente: propia

### 2.3.1.3. Dirigir y Gestionar la Ejecución del Proyecto

Es el proceso que consiste en dirigir y gestionar el trabajo del proyecto, liderando y llevando a cabo el trabajo definido en el plan para la dirección del proyecto e implementar los cambios aprobados para alcanzar los objetivos del proyecto. El beneficio clave de este proceso es que proporciona la dirección general del trabajo del proyecto.

Entrada	Herramientas y Técnicas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Plan para la dirección del proyecto</li> <li>• 2 Solicitudes de cambio aprobado</li> <li>• 3 Factores ambientales de la empresa</li> <li>• 4 Activos de los procesos de la Organización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Juicio de expertos</li> <li>• 2 Sistema de Información para la dirección de proyecto</li> <li>• 3 Reuniones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Entregables</li> <li>• 2 Datos de desempeño del trabajo</li> <li>• 3 Solicitudes de cambio</li> <li>• 4 Actualizaciones al plan para la dirección del proyecto</li> <li>• 5 Actualizaciones a los documentos del proyecto</li> </ul>

Cuadro 2.5: Dirigir y gestionar el trabajo del proyecto: entradas-herramientas-salidas  
Fuente: propia

### 2.3.1.4. Monitorear y Controlar el Trabajo del Proyecto

Es el proceso que consiste en dar seguimiento, revisar e informar el avance a fin de cumplir con los objetivos de desempeño definidos en el plan para la dirección del proyecto. El beneficio clave de este proceso es que permite a los interesados comprender el estado actual del proyecto, las medidas adoptadas y las proyecciones del presupuesto, el cronograma y el alcance

Entrada	Herramientas y Técnicas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Plan para la dirección del proyecto</li> <li>• 2 Pronósticos del Cronograma</li> <li>• 3 Pronósticos de costos</li> <li>• 4 Cambios validados</li> <li>• 5 Información de desempeño del trabajo</li> <li>• 6 Factores ambientales de la empresa</li> <li>• 4 Activos de los procesos de la Organización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Juicio de expertos</li> <li>• 2 Técnicas analíticas</li> <li>• 3 Sistema de información para la dirección de proyectos</li> <li>• 4 Reuniones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Solicitudes de Cambio</li> <li>• 2 Informes de desempeño del trabajo</li> <li>• 3 Solicitudes de cambio</li> <li>• 4 Actualizaciones al plan para la dirección del proyecto</li> <li>• 5 Actualizaciones a los documentos del proyecto</li> </ul>

Cuadro 2.6: Monitorear y controlar el trabajo del proyecto: entradas-herramientas-salidas  
Fuente: propia

### 2.3.1.5. Realizar el control Integrado de cambios

Es el proceso que consiste en revisar todas las solicitudes de cambio, y en aprobar y gestionar los cambios en los entregables, en los activos de los procesos de la organización, en los documentos del proyecto y en el plan para la dirección del proyecto. El beneficio clave de este proceso es que permite que los cambios documentados dentro del proyecto sean considerados de un modo integrado y simultáneamente reduce el

## 2. LA GUÍA DEL PMBOK EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS

riesgo del proyecto, el cual a menudo surge de cambios realizados sin tener en cuenta los objetivos o planes generales del proyecto

Entrada	Herramientas y Técnicas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Plan para la dirección del proyecto</li><li>• 2 Informes de desempeño del trabajo</li><li>• 3 Solicitudes de cambio</li><li>• 4 Cambios validados</li><li>• 5 Factores ambientales de la empresa</li><li>• 6 Activos de los procesos de la Organización</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Juicio de expertos</li><li>• 2 Reuniones</li><li>• 3 Herramientas de control de cambios</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Solicitudes de Cambio</li><li>• 2 Registro de cambios</li><li>• 3 Solicitudes de cambio</li><li>• 4 Actualizaciones al plan para la dirección del proyecto</li><li>• 5 Actualizaciones a los documentos del proyecto</li></ul>

Cuadro 2.7: Realizar el control integrado de cambios: entradas-herramientas-salidas  
Fuente: propia

### 2.3.1.6. Cerrar Proyecto o Fase

Es el proceso que consiste en finalizar todas las actividades en todos los grupos de procesos de dirección de proyectos para completar formalmente el proyecto

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Plan para la dirección del proyecto</li><li>• 2 Entregables aceptados</li><li>• 3 Activos de los procesos de la organización</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Juicio de expertos</li><li>• 2 Reuniones</li><li>• 3 Técnicas Analíticas</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Transferencia del Producto, servicio o resultado final</li><li>• 2 Actualizaciones a los activos de los procesos de la organización</li></ul>

Cuadro 2.8: Cerrar el proyecto o fase: entradas-herramientas-salidas  
Fuente: propia

### 2.3.2. Gestión del Alcance del Proyecto

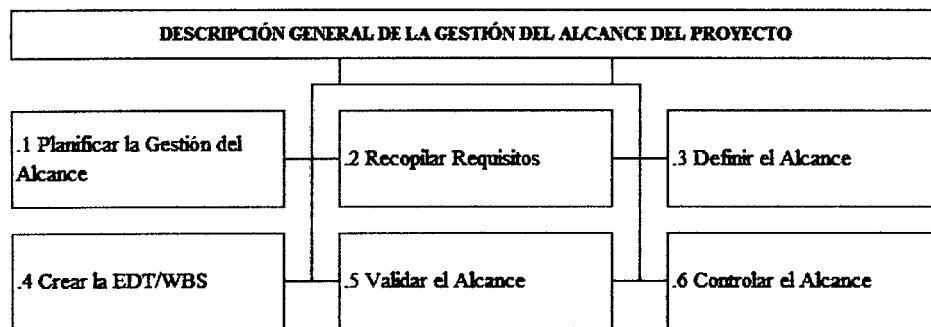
La gestión del alcance del proyecto incluye los procesos para garantizar que el proyecto incluya todo el trabajo requerido para completarlo con éxito. El objetivo principal de la gestión del alcance del proyecto es definir y controlar que se incluye y qué no se incluye en el proyecto

Estos procesos interactúan entre sí y con los procesos de las otras áreas de conocimiento. Cada proceso puede implicar el esfuerzo de una o más personas, dependiendo de las necesidades del proyecto, cada proceso se ejecuta por lo menos una vez en

cada proyecto. Aunque los procesos se presentan aquí como componentes diferenciados con interfaces bien definidas, en la práctica se superponen e interactúan. En el contexto del proyecto el término alcance puede referirse a :

- **Alcance del Producto** .- Las características y funciones que definen un producto, servicio o resultado
- **Alcance del Proyecto**.- El trabajo que debe realizarse para entregar un producto , servicio o resultado con las características y funciones especificadas

Los procesos que se utilizan para gestionar el alcance del proyecto, así como las herramientas y técnicas de apoyo, pueden variar según el proyecto. La línea base del alcance del proyecto es la versión aprobada del enunciado del alcance del proyecto, La estructura de desglose del Trabajo (EDT/WBS) y su diccionario de la EDT, asociado. Esta línea base del alcance se monitorea, se verifica y se controla durante todo el ciclo de vida del proyecto [1]



Cuadro 2.9: Descripción general de la gestión de alcance del proyecto

Fuente: propia

### 2.3.2.1. Planificar la Gestión del Alcance

Consiste en el proceso de crear un plan para la gestión del alcance que documente cómo va a definir, validar y controlar el alcance del proyecto. El beneficio clave de este proceso es que proporciona guía y dirección sobre cómo se gestionará el alcance a lo largo del proyecto.

## 2. LA GUÍA DEL PMBOK EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS

Entrada	Herramientas y Técnicas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Plan para la dirección del proyecto</li><li>• 2 Acta de constitución del proyecto</li><li>• 3 Factores ambientales de la empresa</li><li>• 4 Activos de los procesos de la organización</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Juicio de expertos</li><li>• 2 Reuniones</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Plan de gestión del alcance</li><li>• 2 Plan de gestión de los requisitos</li></ul>

Cuadro 2.10: Planificar la gestión de alcance : entradas-herramientas-salidas

Fuente: propia

### 2.3.2.2. Recopilar requisitos

Es el proceso que consiste en definir y documentar las necesidades de los interesados a fin de cumplir con los objetivos del proyecto

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Plan de gestión del alcance</li><li>• 2 Plan de gestión de los requisitos</li><li>• 3 Plan de gestión de los interesados</li><li>• 4 Acta de constitución del proyecto</li><li>• 5 Registro de interesados</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Entrevistas</li><li>• 2 Grupos focales</li><li>• 3 Talleres facilitados</li><li>• 4 Técnicas grupales de creatividad</li><li>• 5 Técnicas grupales de toma de decisiones</li><li>• 6 Cuestionarios y encuestas</li><li>• 7 Prototipos</li><li>• 8 Estudios comparativos</li><li>• 9 Diagrama de contexto</li><li>• 10 Análisis de documentos</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Documentación de requisitos</li><li>• 2 Matriz de trazabilidad de requisitos</li></ul>

Cuadro 2.11: Recopilar requisitos: entradas-herramientas-salidas

Fuente: propia

### 2.3.2.3. Definir el Alcance

Es el proceso que consiste en desarrollar una descripción detallada del proyecto y producto. EL beneficio clave de este proceso es que describe los límites del producto , servicio o resultado mediante la especificación de cuales de los requisitos recopilados serán incluidos y cuales excluidos del alcance del proyecto

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Plan de gestión del alcance</li> <li>• 2 Acta de constitución del proyecto</li> <li>• 3 Documentación de requisitos</li> <li>• 4 Activos de los procesos de la organización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Juicio de expertos</li> <li>• 2 Análisis del producto</li> <li>• 3 Generación de alternativas</li> <li>• 4 Talleres facilitados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Enunciado del alcance del proyecto</li> <li>• 2 Actualizaciones a los documentos del proyecto</li> </ul>

Cuadro 2.12: Definir el alcance : entradas-herramientas-salidas

Fuente: propia

### 2.3.2.4. Crear la Estructura de Desglose de Trabajo ( EDT)

Es el proceso que consiste en subdividir el trabajo del proyecto en componentes más pequeños y más fáciles de manejar. El beneficio clave de este proceso es que proporciona una visión estructurada de lo que se debe entregar.

La estructura de desglose del trabajo (EDT) es una descomposición jerárquica, basada en los entregables<sup>4</sup> del trabajo que debe ejecutar el equipo del proyecto para lograr los objetivos del proyecto

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Plan de gestión del alcance</li> <li>• 2 Acta de constitución del proyecto</li> <li>• 3 Documentación de requisitos</li> <li>• 4 Activos de los procesos de la organización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Juicio de expertos</li> <li>• 2 Análisis del producto</li> <li>• 3 Generación de alternativas</li> <li>• 4 Talleres facilitados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Enunciado del alcance del proyecto</li> <li>• 2 Actualizaciones a los documentos del proyecto</li> </ul>

Cuadro 2.13: Crear la estructura de desglose de trabajo: entradas-herramientas-salidas

Fuente: propia

### 2.3.2.5. Validar el Alcance

Es el proceso que consiste en formalizar la aceptación de los entregables del proyecto que se han completado. El beneficio clave de este proceso es que aporta objetividad al proceso de aceptación y aumenta las posibilidades de que el producto, servicio o resultado final sea aceptado mediante la validación

<sup>4</sup>Un entregable es cualquier resultado medible, tangible y verificable el cual debe ser realizado para completar el proyecto o una fase de esta misma

## 2. LA GUÍA DEL PMBOK EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Plan para la dirección del proyecto</li><li>• 2 Documentación de requisitos</li><li>• 3 Matriz de trazabilidad de requisitos</li><li>• 4 Entregables verificados</li><li>• 5 Datos de desempeño del trabajo</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Inspección</li><li>• 2 Técnicas grupales de toma de decisiones</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Entregables aceptados</li><li>• 2 Solicitudes de cambio</li><li>• 3 Información de desempeño del trabajo</li><li>• 4 Actualizaciones a los documentos del proyecto</li></ul>

Cuadro 2.14: Validar el alcance: entradas-herramientas-salidas

Fuente: propia

### 2.3.2.6. Controlar el Alcance

Controlar el alcance es el proceso en el cual se monitorea el estado del alcance del proyecto y del producto, y en gestionar cambios a la línea base del alcance. El beneficio clave de este proceso es que permite mantener la línea base del alcance a lo largo del proyecto

Entrada	Herramientas y Técnicas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Plan para la dirección del proyecto</li><li>• 2 Documentación de requisitos</li><li>• 3 Matriz de trazabilidad de requisitos</li><li>• 4 Datos de desempeño del trabajo</li><li>• 5 Activos de los procesos de la organización</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Análisis de variación</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Información de desempeño del trabajo</li><li>• 2 Solicitudes de cambio</li><li>• 3 Actualizaciones al plan para la dirección del proyecto</li><li>• 4 Actualizaciones a los documentos del proyecto</li><li>• 5 Actualizaciones a los activos de los procesos de la organización</li></ul>

Cuadro 2.15: Validar el alcance: entradas-herramientas-salidas

Fuente: propia

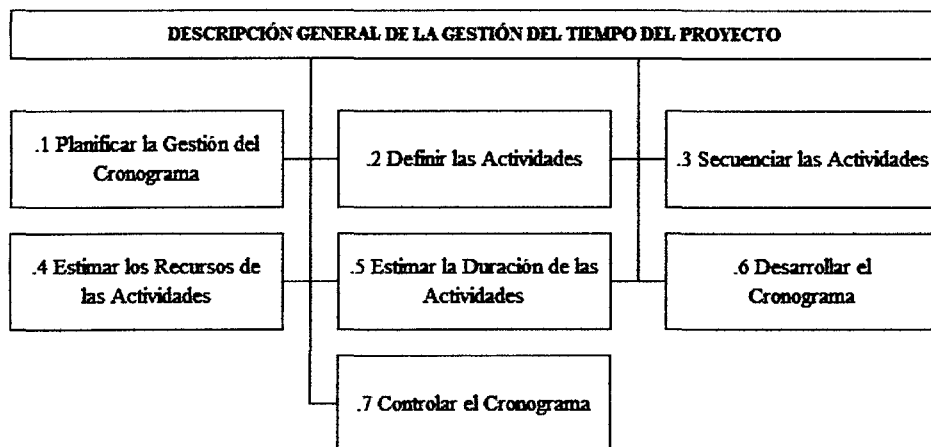
### 2.3.3. Gestión del Tiempo del Proyecto

La gestión de tiempo del proyecto incluye los procesos que nos permite administrar el tiempo establecido como plazo para terminar el trabajo del proyecto.

Los procesos de gestión del tiempo del proyecto, así como sus herramientas y técnicas asociadas, se documentan en el plan de gestión del cronograma. El plan de gestión del cronograma es un plan secundario y está integrado con el plan para la dirección del proyecto a través del *proceso desarrollar el plan para la dirección del proyecto*. El plan para la gestión del cronograma identifica un método de programación y una herramienta de programación, y establece el formato y los

críterios para desarrollar y controlar el cronograma del proyecto. Entre los métodos de programación los más conocidos, se encuentra el *Método del camino crítico* – *CPM*<sup>5</sup> y el de la *Cadena Crítica* - *CCM*<sup>6</sup>

Es útil referirse a la herramienta de programación, que al ser alimentada con los datos del proyecto se convierte en el modelo de programación, y esta es una representación del plan para ejecutar las actividades del proyecto que incluye duraciones, dependencias y demás informaciones de planificación, y que se utiliza para generar el cronograma del proyecto [1]



Cuadro 2.16: Descripción general de la gestión del tiempo del proyecto

Fuente: propia

### 2.3.3.1. Planificar la Gestión del cronograma

Este proceso implica documentar cómo planificarás, gestionarás, ejecutaras y controlarás el cronograma del proyecto. Estableciendo así una guía y dirección de cómo se va llevar el cronograma del proyecto

<sup>5</sup>son siglas de Critical path Method , desarrollado en 1957 en los EEUU ,buscando el control y la optimización de los costos mediante la planificación y programación adecuadas de las actividades componentes del proyecto

<sup>6</sup>son siglas de Critical Chain Project , presentada en 1997 por Eliyahu.M Goldratt



## 2. LA GUÍA DEL PMBOK EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS

Entrada	Herramientas y Técnicas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Plan para la dirección del proyecto</li><li>• 2 Acta de constitución del proyecto</li><li>• 3 Activos de los procesos de la Organización</li><li>• 4 Factores ambientales de la empresa</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Juicio de expertos</li><li>• 2 Técnicas de analíticas</li><li>• 3 Reuniones</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Plan de gestión del cronograma</li></ul>

Cuadro 2.17: Planificar la gestión del cronograma : entradas-herramientas-salidas  
Fuente: propia

### 2.3.3.2. Definir las Actividades

Este proceso necesita tomar los paquetes de trabajo<sup>7</sup> definidos en la estructura de desglose de trabajo (EDT) y descomponerlos en las actividades que se requieren para producir los entregables del paquete de trabajo y por ende lograr los objetivos del proyecto

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salida
<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Plan de gestión del cronograma</li><li>• 2 Línea base del alcance</li><li>• 3 Factores ambientales de la empresa</li><li>• 4 Activos de los procesos de la Organización</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Descomposición</li><li>• 2 Planificación gradual</li><li>• 3 Juicio de expertos</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Lista de actividades</li><li>• 2 Atributos de las actividades</li><li>• 3 Lista de Hitos</li></ul>

Cuadro 2.18: Definir las actividades: entradas-herramientas-salidas  
Fuente: propia

### 2.3.3.3. Secuenciar las Actividades

Es el proceso involucra tomar las actividades e hitos y secuenciarlos en el orden en que se realizará el trabajo. El resultado es un diagrama de red (También denominado como un diagrama del cronograma del proyecto)

<sup>7</sup>El paquete de trabajo es el nivel más bajo de los componentes de la Estructura de Desglose de Trabajo (EDT). Este puede ser programado, monitoreado, controlado, y su costo puede ser estimado

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Plan de gestión del cronograma</li> <li>• 2 Lista de actividades</li> <li>• 3 Atributos de las actividades</li> <li>• 4 Lista de Hitos</li> <li>• 5 Enunciado del alcance del proyecto</li> <li>• 6 Factores ambientales de la empresa</li> <li>• 7 Activos de los procesos de la Organización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Método de diagramación por precedencia (PDM)</li> <li>• 2 Determinación de las dependencias</li> <li>• 3 Adelantos y retrasos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Diagrama de red del cronograma del proyecto</li> <li>• 2 Actualizaciones a los documentos del proyecto</li> </ul>

Cuadro 2.19: Secuenciar las actividades : entradas-herramientas-salidas

Fuente: propia

### 2.3.3.4. Estimar los recursos de las Actividades

Estimar los recursos de las actividades es el proceso que consiste en estimar el tipo y las cantidades de materiales, personas, equipos o suministros requeridos para ejecutar cada actividad. El director del proyecto debe planificar y coordinar los recursos con el fin de evitar problemas comunes tales como falta de recursos

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Plan de gestión del cronograma</li> <li>• 2 Lista de actividades</li> <li>• 3 Atributos de las actividades</li> <li>• 4 Calendario de recursos</li> <li>• 5 Registro de riesgos</li> <li>• 6 Estimación de costos de las actividades</li> <li>• 7 Factores ambientales de la empresa</li> <li>• 8 Activos de los procesos de la organización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Juicio de expertos</li> <li>• 2 Análisis de alternativas</li> <li>• 3 Datos publicados de estimaciones</li> <li>• 4 Estimación ascendente</li> <li>• 5 Software de gestión de proyectos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Recursos requeridos para las actividades</li> <li>• 2 Estructura de desglose de recursos</li> <li>• 3 Actualizaciones a los documentos del proyecto</li> </ul>

Cuadro 2.20: Estimar los recursos de las actividades : entradas-herramientas-salidas

Fuente: propia

### 2.3.3.5. Estimar la Duración de las Actividades

Es el proceso que consiste en establecer aproximadamente la cantidad de periodos de trabajo necesario para finalizar cada actividad con los recursos estimados

## 2. LA GUÍA DEL PMBOK EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Plan de gestión del cronograma</li> <li>• 2 Lista de actividades</li> <li>• 3 Atributos de las actividades</li> <li>• 4 Recursos requeridos para las actividades</li> <li>• 5 Calendario de recursos</li> <li>• 6 Enunciado del alcance del proyecto</li> <li>• 7 Registro de riesgos</li> <li>• 8 Activos de los procesos de la Organización</li> <li>• 9 Factores ambientales de la empresa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Juicio de expertos</li> <li>• 2 Estimación análoga</li> <li>• 3 Estimación paramétrica</li> <li>• 4 Estimación por tres valores</li> <li>• 5 Técnicas grupales de toma de decisiones</li> <li>• 6 Análisis de reserva</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Estimación de la duración de las actividades</li> <li>• 2 Actualizaciones a los documentos del proyecto</li> </ul>

Cuadro 2.21: Estimar la duración de las actividades : entradas-herramientas-salidas  
Fuente: propia

### 2.3.3.6. Desarrollar el cronograma

Es el proceso que consiste en analizar la secuencia de las actividades, su duración, los requisitos de recursos y las restricciones del cronograma para crear el cronograma del proyecto

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Plan de gestión del cronograma</li> <li>• 2 Lista de actividades</li> <li>• 3 Atributos de las actividades</li> <li>• 4 Diagrama de red del cronograma del proyecto</li> <li>• 5 Recursos requeridos para las actividades</li> <li>• 6 Calendario de recursos</li> <li>• 7 Estimación de la duración de las actividades</li> <li>• 8 Enunciado del alcance del proyecto</li> <li>• 9 Registro de riesgos</li> <li>• 10 Asignación de personal al proyecto</li> <li>• 11 Estructura de desglose de recursos</li> <li>• 12 Activos de los procesos de la Organización</li> <li>• 13 Factores ambientales de la empresa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Análisis de la red del cronograma</li> <li>• 2 Método de la ruta crítica</li> <li>• 3 Método de la cadena Crítica</li> <li>• 4 Técnicas de optimización de recursos</li> <li>• 5 Técnicas de modelado</li> <li>• 6 Adelantos y retrasos</li> <li>• 7 Comprensión del cronograma</li> <li>• 8 Herramienta de programación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Línea base del cronograma</li> <li>• 2 Cronograma del Proyecto</li> <li>• 3 Datos del Cronograma</li> <li>• 4 Calendarios del Proyecto</li> <li>• 5 Actualizaciones al plan para la dirección del proyecto</li> <li>• 2 Actualizaciones a los documentos del proyecto</li> </ul>

Cuadro 2.22: Desarrollar cronograma : entradas-herramientas-salidas  
Fuente: propia

### 2.3.3.7. Controlar el Cronograma

Controlar el cronograma es el proceso por el que se da seguimiento al estado del proyecto para actualizar el avance del mismo y gestionar cambios ala línea base del cronograma<sup>8</sup> , Controlar el cronograma consiste en:

- Determinar el estado actual del cronograma del proyecto
- Influir en los factores que generan cambios en el cronograma
- Determinar que el cronograma del proyecto ha cambiado
- Gestionar los cambios reales conforme suceden

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Plan para la dirección del proyecto</li> <li>• 2 Cronograma del proyecto</li> <li>• 3 Datos de desempeño del trabajo</li> <li>• 4 Calendario del proyecto</li> <li>• 5 Datos del cronograma</li> <li>• 6 Activos de los procesos de organización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Revisiones del desempeño</li> <li>• 2 Software de gestión proyecto</li> <li>• 3 Técnicas de optimización de recursos</li> <li>• 4 Técnicas de modelado</li> <li>• 5 Adelantos y retrasos</li> <li>• 6 Comprensión del cronograma</li> <li>• 7 Herramientas de programación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Información de desempeño del trabajo</li> <li>• 2 Pronosticos del cronograma</li> <li>• 3 Solicitudes de cambio</li> <li>• 4 Actualizaciones al plan para la dirección del proyecto</li> <li>• 5 Actualizaciones alos documentos del proyecto</li> <li>• 6 Actualizaciones alos activos de los procesos de la organización</li> </ul>

Cuadro 2.23: Controlar el cronograma: entradas-herramientas-salidas

Fuente: propia

### 2.3.4. Gestión de los Costos del Proyecto

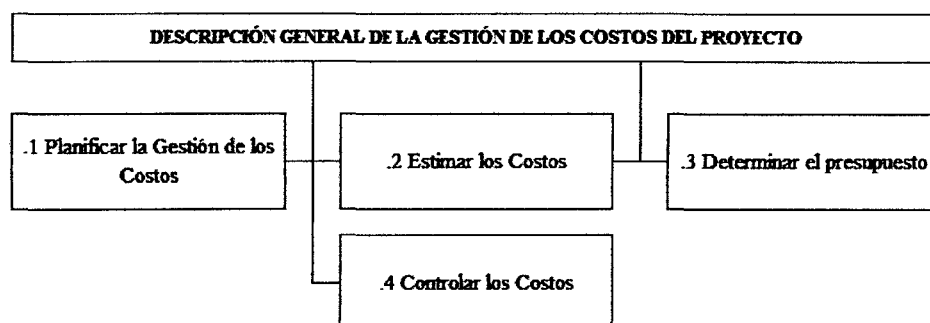
La gestión de los costos del proyecto incluye los procesos que participan en estimar, presupuestar y controlar los costos de modo que se complete el proyecto dentro del presupuesto aprobado

El trabajo involucrado en la ejecución de los procesos de la gestión de los costos del proyecto está precedido por un esfuerzo de planificación del equipo de dirección del proyecto. Este esfuerzo de planificación es parte del proceso desarrollar el plan para la dirección del proyecto , Lo cual produce un plan de gestión de costos que determina el formato y establece los criterios necesarios para planificar, estructurar, estimar, presupuestar y controlar los costos del proyecto. Los procesos de gestión de los costos del proyecto, así como sus herramientas y técnicas asociadas, se seleccionan

<sup>8</sup>La línea base del cronograma es una versión específica del cronograma del proyecto desarrollado a partir del análisis de la red del cronograma. El equipo de dirección de proyecto la acepta y aprueba como línea base del cronograma , con fechas de inicio y fechas de finalización

## 2. LA GUÍA DEL PMBOK EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS

generalmente durante la definición del ciclo de vida del proyecto y se documentan en el plan de gestión de costos [1]



Cuadro 2.24: Descripción general de la gestión de los costos del proyecto

Fuente: propia

### 2.3.4.1. Planificar la Gestión de los Costos

El proceso planificar la gestión de los costos implica: identificar el modo en que planificarás, gestionarás y controlarás los costos del proyecto. El beneficio clave de este proceso es que proporciona guía y dirección sobre cómo se gestionará los costos del proyecto a lo largo del mismo

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Plan para la dirección del proyecto</li><li>• 2 Acta de constitución del proyecto</li><li>• 3 Factores ambientales de la empresa</li><li>• 4 Activos de los procesos de organización</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Juicio de expertos</li><li>• 2 Técnicas analíticas</li><li>• 3 Reuniones</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Plan de gestión de los costos</li></ul>

Cuadro 2.25: Planificar la gestión de los costos : entradas-herramientas-salidas

Fuente: propia

### 2.3.4.2. Estimar los Costos

Es el proceso que consiste en desarrollar una aproximación de los recursos financieros necesarios para completar las actividades del proyecto

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Plan de gestión de los costos</li> <li>• 2 Plan de gestión de los recursos humanos</li> <li>• 3 Línea base del alcance</li> <li>• 4 Cronograma del proyecto</li> <li>• 5 Registro de riesgos</li> <li>• 6 Factores ambientales de la empresa</li> <li>• 7 Activos de los procesos de la organización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Juicio de expertos</li> <li>• 2 Estimación análoga</li> <li>• 3 Estimación paramétrica</li> <li>• 4 Estimación ascendente</li> <li>• 5 Estimación por tres valores</li> <li>• 6 Análisis de reserva</li> <li>• 7 Costo de la calidad</li> <li>• 8 Software de gestión de proyectos</li> <li>• 9 Análisis de ofertas de proveedores</li> <li>• 10 Técnicas grupales de toma de decisiones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Estimación de costos de las actividades</li> <li>• 2 Base de las Estimaciones</li> <li>• 3 Actualizaciones a los documentos del proyecto</li> </ul>

Cuadro 2.26: Estimar los costos : entradas-herramientas-salidas

Fuente: propia

### 2.3.4.3. Determinar el Presupuesto

Es el proceso que consiste en sumar los costos estimados de actividades individuales o paquetes de trabajo para establecer una línea de base de costo autorizado

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Plan de gestión de los costos</li> <li>• 2 Línea base del alcance</li> <li>• 3 Estimación de costos de las actividades</li> <li>• 4 Base de las estimaciones</li> <li>• 5 Cronograma del proyecto</li> <li>• 6 Calendario de recursos</li> <li>• 5 Registro de riesgos</li> <li>• 6 Factores ambientales de la empresa</li> <li>• 7 Activos de los procesos de la organización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Agregación de costos</li> <li>• 2 Análisis de reserva</li> <li>• 3 Juicio de expertos</li> <li>• 4 Relaciones históricas</li> <li>• 5 Conciliación del límite de financiamiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Línea base de costos</li> <li>• 2 Requisitos de financiamiento del proyecto</li> <li>• 3 Actualizaciones a los documentos del proyecto</li> </ul>

Cuadro 2.27: Determinar el presupuesto : entradas-herramientas-salidas

Fuente: propia

### 2.3.4.4. Controlar los Costos

Es el proceso que consiste en monitorear la situación del proyecto para actualizar el presupuesto del mismo y gestionar cambios a la línea base de costo

## 2. LA GUÍA DEL PMBOK EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Plan para la dirección del proyecto</li><li>• 2 Requisitos de financiamiento del proyecto</li><li>• 3 Datos de desempeño del trabajo</li><li>• 4 Activos de los procesos de la organización</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Gestión del valor Ganado</li><li>• 2 Pronósticos</li><li>• 3 Índice de desempeño del trabajo por completar (TCPI)</li><li>• 4 Revisiones de desempeño</li><li>• 5 Software de gestión de proyectos</li><li>• 6 Análisis de reserva</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Información de desempeño del trabajo</li><li>• 2 Pronósticos de costos</li><li>• 3 Solicitudes de cambio</li><li>• 4 Actualizaciones al plan para la dirección del proyecto</li><li>• 5 Actualizaciones a los documentos del proyecto</li><li>• 6 Actualizaciones a los activos de los procesos de la organización</li></ul>

Cuadro 2.28: Controlar costos : entradas - herramientas - salidas

Fuente: propia

### 2.3.5. Gestión de la Calidad del Proyecto

La gestión de calidad incluye crear y seguir políticas y procedimientos para asegurar que un proyecto alcance las necesidades definidas desde las perspectivas del cliente. También podríamos decir que significa asegurarse de que un proyecto se complete sin desviaciones respecto de los requisitos del proyecto

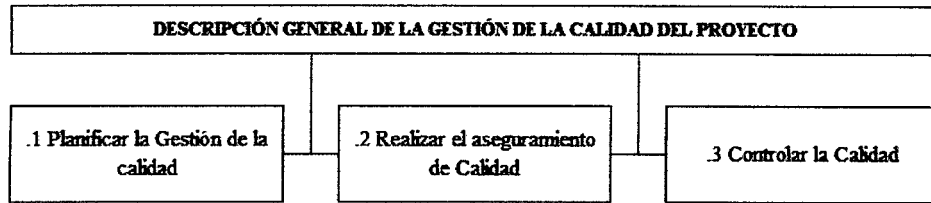
La gestión de la Calidad del Proyecto trata sobre la gestión tanto de la calidad del proyecto como del producto del proyecto. Se aplica a todos los Proyectos, independientemente de la naturaleza de su producto. Las medidas y Técnicas relativas a la calidad del producto son específicas al tipo de producto generado por el proyecto

El enfoque básico de la gestión de calidad que se describe en la Guía PMBOK es compatible con el de la organización Internacional de Normalización (ISO). También es compatible con enfoques propietarios sobre la gestión de calidad, tales como los recomendados por Deming<sup>9</sup>, Juran<sup>10</sup>, Crosby<sup>11</sup> y otros, así como enfoques que no son propietarios, como la gestión de la calidad total (TQM), Six Sigma, Análisis de Modos de Fallo y Efectos, Revisiones del diseño, Opinión del Cliente, Costo de Calidad (COQ) y mejora Continua [1]

<sup>9</sup>Desarrollo 14 pasos para la gestión de la calidad total y abogó el ciclo planificar-hacer-verificar-actuar como la base de la mejora de la calidad

<sup>10</sup>Creo el principio 80/20, abogó por que se involucrara a la alta gerencia y definió la calidad como "Adecuación al uso"

<sup>11</sup>Popularizó el concepto el costo de la baja calidad y abogó por prevenir en lugar de inspeccionar y los "cero defectos", creía que la calidad es "conformidad con los requisitos"



Cuadro 2.29: Descripción general de la gestión de la calidad del proyecto  
Fuente: propia

### 2.3.5.1. Planificar la Gestión de la Calidad

Planificar la gestión de la calidad es el proceso por el cual se identifican los requisitos de calidad y/o normas para el proyecto y el producto, documentando la manera en que el proyecto en que el proyecto demostrará el cumplimiento con los mismos

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Plan para la dirección del proyecto</li> <li>• 2 Registro de interesados</li> <li>• 3 Registro de riesgos</li> <li>• 4 Documentación de requisitos</li> <li>• 5 Factores ambientales de la empresa</li> <li>• 6 Activos de los procesos de la organización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Análisis Costo-beneficio</li> <li>• 2 Costo de la calidad</li> <li>• 3 Siete herramientas básicas de calidad</li> <li>• 4 Estudios comparativos</li> <li>• 5 Diseño de experimentos</li> <li>• 6 Muestreo estadístico</li> <li>• 7 Herramientas adicionales de planificación de calidad</li> <li>• 8 Reuniones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Plan de gestión de la calidad</li> <li>• 2 Plan de mejoras del proceso</li> <li>• 3 Métricas de calidad</li> <li>• 4 Listas de verificación de calidad</li> <li>• 5 Actualizaciones a los documentos del proyecto</li> </ul>

Cuadro 2.30: Planificar la gestión de la calidad : entradas - herramientas - salidas  
Fuente: propia

### 2.3.5.2. Realizar el aseguramiento de Calidad

Es el proceso que consiste en auditar los requisitos de calidad y los resultados de las medidas de control de calidad, para asegurar que se utilicen las normas de calidad apropiadas y las definiciones operacionales



## 2. LA GUÍA DEL PMBOK EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Plan de gestión de la calidad</li> <li>• 2 Plan de mejoras del proceso</li> <li>• 3 Métricas de calidad</li> <li>• 4 Documentación de requisitos</li> <li>• 5 Factores ambientales de la empresa</li> <li>• 6 Activos de los procesos de la organización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Herramientas de gestión y control de calidad</li> <li>• 2 Auditorías de calidad</li> <li>• 3 Análisis de procesos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Solicitudes de cambio</li> <li>• 2 Actualizaciones al plan para la dirección del proyecto</li> <li>• 5 Actualizaciones a los documentos del proyecto</li> <li>• 6 Actualizaciones a los activos de los procesos de la organización</li> </ul>

Cuadro 2.31: Realizar el aseguramiento de calidad : entradas - herramientas - salidas  
Fuente: propia

### 2.3.5.3. Realizar el Control de Calidad

Es el proceso por el que se monitoria y registran los resultados de la ejecución de actividades de control de calidad, a fin de evaluar el desempeño y recomendar cambios necesarios. Los beneficios clave de este proceso incluyen:

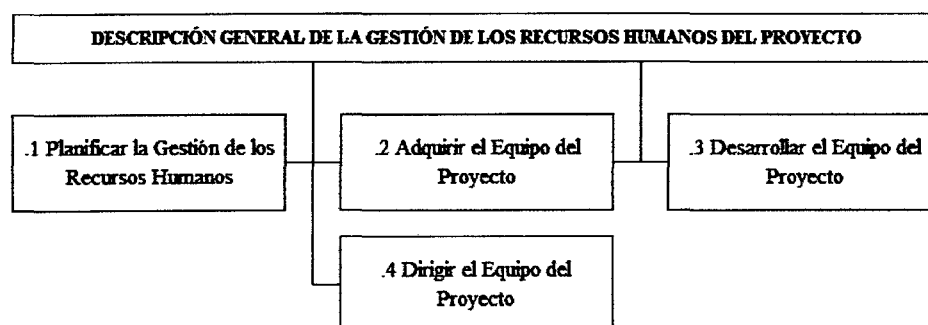
- Identificar las causas de una calidad deficiente del proceso o del producto y recomendar y/o implementar acciones para eliminarlas
- Validar que los entregables y el trabajo del proyecto cumplen con los requisitos especificados por los interesados clave para la aceptación final.

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Plan para la dirección del proyecto</li> <li>• 2 Métricas de calidad</li> <li>• 3 Listas de verificación de calidad</li> <li>• 4 Datos de desempeño del trabajo</li> <li>• 5 Solicitudes de cambio aprobadas</li> <li>• 6 Entregables</li> <li>• 7 Documentos del proyecto</li> <li>• 8 Activos de los procesos de la organización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Siete herramientas básicas de calidad</li> <li>• 2 Muestreo estadístico</li> <li>• 3 Inspección</li> <li>• 4 Revisión de solicitudes de cambio aprobadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Medidas de control de calidad</li> <li>• 2 Cambios validados</li> <li>• 3 Entregables validados</li> <li>• 4 Información de desempeño del trabajo</li> <li>• 5 Solicitudes de cambio</li> <li>• 6 Actualizaciones al plan para la dirección del proyecto</li> <li>• 7 Actualizaciones a los documentos del proyecto</li> <li>• 8 Actualizaciones a los activos de los procesos de la organización</li> </ul>

Cuadro 2.32: Controlar la calidad : entradas - herramientas - salidas  
Fuente: propia

### 2.3.6. Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto

La gestión de los recursos humanos del proyecto incluye los procesos que organizan, gestionan y conducen el equipo del proyecto. El equipo del proyecto está conformado por aquellas personas a las que se les han asignado roles y responsabilidades para completar el proyecto. El tipo y la cantidad de miembros del equipo del proyecto pueden variar con frecuencia, a medida que el proyecto avanza. Los miembros del equipo del proyecto también pueden denominarse personal del proyecto. Si bien se asigna roles y responsabilidades específicos a cada miembro del equipo del proyecto, La participación de todos los miembros en la toma de decisiones y en la planificación del proyecto puede resultar beneficiosa. La intervención y la participación temprana de los miembros del equipo les aportan su experiencia profesional durante el proceso de planificación y fortalecen su compromiso con el proyecto [1]



Cuadro 2.33: Descripción general de la gestión de los recursos humanos del proyecto

Fuente: propia

#### 2.3.6.1. Planificar la Gestión de los Recursos Humanos

Es el proceso por el cual se identifican y documentan los roles dentro de un proyecto, las responsabilidades, las habilidades requeridas y las relaciones de comunicación, y se crea el plan para la dirección del personal. El beneficio clave de este proceso es que establece los roles y responsabilidades del proyecto

## 2. LA GUÍA DEL PMBOK EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Plan para la dirección del proyecto</li><li>• 2 Recursos requeridos para las actividades</li><li>• 3 Factores ambientales de la empresa</li><li>• 4 Activos de los procesos de la organización</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Organigramas y descripciones de cargos</li><li>• 2 Creación de relaciones de trabajo</li><li>• 3 Teoría Organizacional</li><li>• 4 Juicio de expertos</li><li>• 5 Reuniones</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Plan de gestión de los Recursos Humanos</li></ul>

Cuadro 2.34: Planificar la gestión de los recursos humanos : entradas - herramientas - salidas

Fuente: propia

### 2.3.6.2. Adquirir el Equipo del Proyecto

Este proceso confirma los recursos humanos y así obtener el equipo necesario para completar las actividades del proyecto

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Plan de gestión de los recursos humanos</li><li>• 2 Factores ambientales de la empresa</li><li>• 3 Activos de los procesos de la organización</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Asignación Previa</li><li>• 2 Negociación</li><li>• 3 Adquisiciones</li><li>• 4 Equipos Virtuales</li><li>• 5 Análisis de desiciones multicriterios</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Asignaciones de personal al proyecto</li><li>• 2 Calendarios de recursos</li><li>• 3 Actualización al plan para la dirección del proyecto</li></ul>

Cuadro 2.35: Adquirir el equipo del proyecto : entradas - herramientas - salidas

Fuente: propia

### 2.3.6.3. Desarrollar el Equipo del Proyecto

Es el proceso que consiste en mejorar las competencias, la interacción de los miembros del equipo y el ambiente general del equipo para lograr un mejor desempeño

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Plan de gestión de los recursos humanos</li> <li>• 2 Asignación de personal al proyecto</li> <li>• 3 Calendario de recursos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Habilidades interpersonales</li> <li>• 2 Capacitación</li> <li>• 3 Actividades de desarrollo del espíritu de equipo</li> <li>• 4 Reglas básicas</li> <li>• 5 Colocación</li> <li>• 6 Reconocimiento y recompensas</li> <li>• 7 Herramientas para la evaluación del personal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Evaluación del desempeño del equipo</li> <li>• 2 Actualización a los factores ambientales de la empresa</li> </ul>

Cuadro 2.36: Desarrollar el equipo del proyecto : entradas - herramientas - salidas  
Fuente: propia

### 2.3.6.4. Dirigir el Equipo del Proyecto

Es el proceso que consiste en dar seguimiento al desempeño de los miembros del equipo, proporcionar retroalimentación, resolver problemas y gestionar cambios a fin de optimizar el desempeño del proyecto

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Plan de gestión de los recursos humanos</li> <li>• 2 Asignación de personal al proyecto</li> <li>• 3 Evaluación del desempeño del equipo</li> <li>• 4 Registro de incidentes</li> <li>• 5 Informes de desempeño del trabajo</li> <li>• 6 Activos de los procesos de la organización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Observación y conservación</li> <li>• 2 Evaluación del desempeño del proyecto</li> <li>• 3 Gestión de conflictos</li> <li>• 4 Habilidades interpersonales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 solicitudes de cambio</li> <li>• 2 Actualización al plan para la dirección del proyecto</li> <li>• 3 Actualizaciones a los documentos del proyecto</li> <li>• 4 Actualizaciones a los factores ambientales de la empresa</li> <li>• 5 Actualizaciones a los activos de los procesos de la organización</li> </ul>

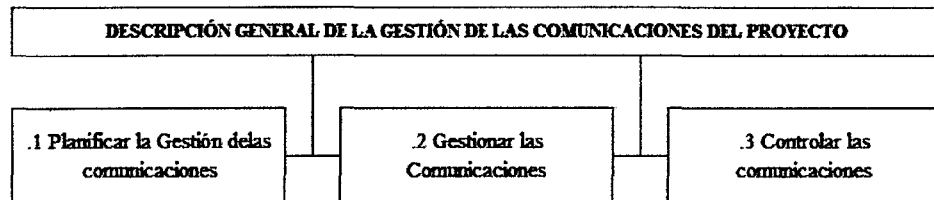
Cuadro 2.37: Dirigir el equipo del proyecto: entradas - herramientas - salidas  
Fuente: propia

### 2.3.7. Gestión de las Comunicaciones del Proyecto

La gestión de las comunicaciones del proyecto incluye los procesos requeridos para asegurar que la planificación, recopilación, creación, distribución, almacenamiento, recuperación, gestión, control, monitoreo y disposición final de la información del proyecto sean oportunos y adecuados. Los directores de proyecto emplean la mayor parte de su tiempo comunicándose con los miembros del equipo y otros interesados

## 2. LA GUÍA DEL PMBOK EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS

en el proyecto, tanto si son internos (en todos los niveles de la organización) como externos a la misma. Una comunicación eficaz crea un puente entre diferentes interesados que pueden tener diferentes antecedentes culturales y organizacionales, diferentes niveles de experiencia, y diferentes perspectivas e intereses, lo cual impacta o influye en la ejecución o resultado del proyecto [1]



Cuadro 2.38: Descripción general de la gestión de las comunicaciones del proyecto  
Fuente: propia

### 2.3.7.1. Planificar la Gestión de las Comunicaciones

El proceso de desarrollar un enfoque y un plan adecuados para las comunicaciones del proyecto sobre la base de las necesidades y requisitos de información de los interesados y de los activos de la organización disponibles

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Plan para la dirección del proyecto</li><li>• 2 Registro de interesados</li><li>• 3 Factores ambientales de la empresa</li><li>• 4 Activos de los procesos de la organización</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Análisis de requisitos de comunicación</li><li>• 2 Tecnología de la comunicación</li><li>• 3 Modelos de comunicación</li><li>• 4 Métodos de comunicación</li><li>• 5 Reuniones</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Plan de gestión de las comunicaciones</li><li>• 2 Actualización a los documentos del proyecto</li></ul>

Cuadro 2.39: Planificar la gestión de las comunicaciones : entradas - herramientas - salidas

Fuente: propia

### 2.3.7.2. Gestionar las Comunicaciones

El proceso de crear, recopilar, distribuir, almacenar, recuperar y realizar la disposición final de la información del proyecto de acuerdo con el plan de gestión de las comunicaciones

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Plan de gestión de las comunicaciones</li> <li>• 2 Informes de desempeño del trabajo</li> <li>• 3 Factores ambientales de la empresa</li> <li>• 4 Activos de los procesos de la organización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Tecnología de la comunicaciones</li> <li>• 2 Modelos de comunicación</li> <li>• 3 Métodos de comunicación</li> <li>• 4 Sistemas de gestión de la información</li> <li>• 5 Informar el desempeño</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Comunicaciones del proyecto</li> <li>• 2 Actualizaciones al plan para la dirección del proyecto</li> <li>• 3 Actualizaciones a los documentos del proyecto</li> <li>• 4 Actualizaciones a los activos de los procesos de la organización</li> </ul>

Cuadro 2.40: Gestionar las comunicaciones : entradas - herramientas - salidas  
Fuente: propia

### 2.3.7.3. Controlar las comunicaciones

Controlar las comunicaciones es el proceso de monitorear y controlar las comunicaciones a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto para asegurar que se satisfagan las necesidades de información de los interesados del proyecto

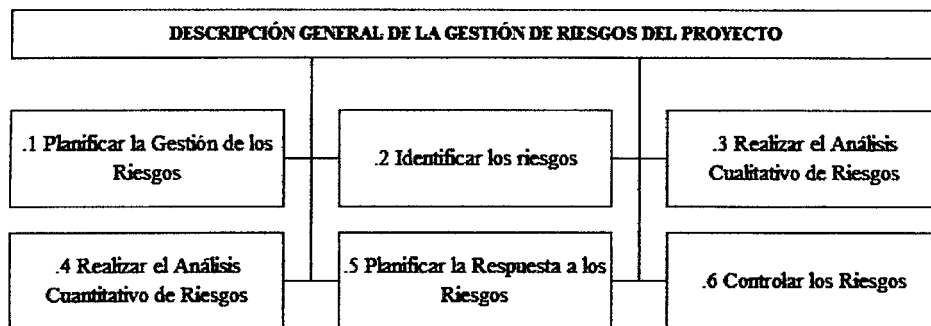
Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Plan de gestión de las comunicaciones</li> <li>• 2 Comunicaciones del proyecto</li> <li>• 3 Registro de incidentes</li> <li>• 4 Datos de desempeño del trabajo</li> <li>• 4 Activos de los procesos de la organización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Sistema de gestión de la información</li> <li>• 2 Juicio de expertos</li> <li>• 3 Reuniones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Información de desempeño del trabajo</li> <li>• 2 Solicitudes de cambio</li> <li>• 3 Actualizaciones al plan para la dirección del proyecto</li> <li>• 4 Actualizaciones a los documentos del proyecto</li> <li>• 5 Actualizaciones a los activos de los procesos de la organización</li> </ul>

Cuadro 2.41: Controlar las comunicaciones : entradas - herramientas - salidas  
Fuente: propia

### 2.3.8. Gestión de los Riesgos del Proyecto

La gestión de los riesgos del proyecto incluye los procesos para llevar a cabo la planificación de la gestión de riesgos, así como la identificación, análisis, planificación de respuestas y control de los riesgos de un proyecto. Los objetivos de la gestión de los riesgos del proyecto consiste en aumentar la probabilidad y el impacto de los eventos positivos, y disminuir la probabilidad y el impacto de los eventos negativos en el proyecto [1]

## 2. LA GUÍA DEL PMBOK EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS



Cuadro 2.42: Descripción general de la gestión de riesgos del proyecto

Fuente: propia

### 2.3.8.1. Planificar la Gestión de los Riesgos

Es el proceso por el cual se define cómo realizar las actividades de gestión de los riesgos para un proyecto

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Plan para la dirección del proyecto</li> <li>• 2 Acta de constitución del proyecto</li> <li>• 3 Registro de Interesados</li> <li>• 4 Factores ambientales de la empresa</li> <li>• 5 Activos de los procesos de la organización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Técnicas analíticas</li> <li>• 2 Juicio de expertos</li> <li>• 3 Reuniones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Plan de gestión de los riesgos</li> </ul>

Cuadro 2.43: Planificar la gestión de riesgos : entradas - herramientas - salidas

Fuente: propia

### 2.3.8.2. Identificar los Riesgos

Es el proceso por el cual se determinan los riesgos que pueden afectar el proyecto y se documentan sus características

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Plan de gestión de los riesgos</li> <li>• 2 Plan de gestión de los costos</li> <li>• 3 Plan de gestión del cronograma</li> <li>• 4 Plan de gestión de la calidad</li> <li>• 5 Plan de gestión de los recursos Humanos</li> <li>• 6 Línea base de alcance</li> <li>• 7 Estimación de costos de las actividades</li> <li>• 8 Estimación de la duración de las actividades</li> <li>• 9 Registro de actividades</li> <li>• 10 Documentos del proyecto</li> <li>• 11 Documentos de las adquisiciones</li> <li>• 12 Factores Ambientales de la empresa</li> <li>• 13 Activos de los procesos de la organización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Revisiones a la documentación</li> <li>• 2 Técnicas de recopilación de información</li> <li>• 3 Análisis con lista de verificación</li> <li>• 4 Análisis de supuestos</li> <li>• 5 Técnicas de diagramación</li> <li>• 6 Análisis de FODA</li> <li>• 7 Juicio de expertos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Registro de Riesgos</li> </ul>

Cuadro 2.44: Identificar los riesgos : entradas - herramientas - salidas  
Fuente: propia

### 2.3.8.3. Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos

Es el proceso que consiste en priorizar los riesgos para realizar otros análisis o acciones posteriores, evaluando y combinando la probabilidad de ocurrencia y el impacto de dichos riesgos

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Plan de gestión de los riesgos</li> <li>• 2 Línea base de alcance</li> <li>• 3 Registro de Riesgos</li> <li>• 4 Factores ambientales de la empresa</li> <li>• 5 Activos de los procesos de la organización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Evaluación de probabilidades e impacto de los riesgos</li> <li>• 2 Matriz de probabilidad e impacto</li> <li>• 3 Evaluación de la calidad de los datos sobre riesgos</li> <li>• 4 Categorización de riesgos</li> <li>• 5 Evaluación de la urgencia de los riesgos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Actualizaciones a los documentos del proyecto</li> </ul>

Cuadro 2.45: Realizar el análisis cualitativo de riesgos : entradas - herramientas - salidas

Fuente: propia

### 2.3.8.4. Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos

Es el proceso que consiste en analizar numéricamente el efecto de los riesgos identificados sobre los objetivos generales del proyecto



## 2. LA GUÍA DEL PMBOK EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Plan de gestión de los riesgos</li><li>• 2 Plan de gestión de los costos</li><li>• 3 Plan de gestión del cronograma</li><li>• 4 Registro de riesgos</li><li>• 5 Factores ambientales de la empresa</li><li>• 6 Activos de los procesos de la organización</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Técnicas de recopilación y representación de datos</li><li>• 2 Técnicas de análisis cuantitativo de riesgos</li><li>• 3 Juicio de expertos</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Actualizaciones a los documentos del proyecto</li></ul>

Cuadro 2.46: Análisis cuantitativo de los riesgos : entradas - herramientas - salidas  
Fuente: propia

### 2.3.8.5. Planificar la Respuesta a los Riesgos

Es el proceso por el cual se desarrollan opciones y acciones para mejorar las oportunidades y reducir las amenazas a los objetivos del proyecto

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Plan de gestión de los riesgos</li><li>• 2 Registro de riesgos</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Estrategias para riesgos negativos o amenazas</li><li>• 2 Estrategias para riesgos positivos u oportunidades</li><li>• 3 Estrategias de respuesta a contingencia</li><li>• 4 Juicio de expertos</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Actualizaciones al plan para la dirección del proyecto</li><li>• 2 Actualizaciones a los documentos del proyecto</li></ul>

Cuadro 2.47: Planificar la respuesta a los riesgos : entradas - herramientas - salidas  
Fuente: propia

### 2.3.8.6. Monitorear y Controlar los Riesgos

Es el proceso por el cual se implementan planes de respuesta a los riesgos, se rastrean los riesgos identificados, se monitorea los riesgos residuales, se identifican nuevos riesgos y se evalúa la efectividad del proceso contra riesgos a través del proyecto

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Plan para la dirección del proyecto</li> <li>• 2 Registro de riesgos</li> <li>• 3 Datos de desempeño del trabajo</li> <li>• 4 Informes de desempeño del trabajo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Reevaluación de los riesgos</li> <li>• 2 Auditorías de los riesgos</li> <li>• 3 Análisis de variación y de Tendencia</li> <li>• 4 Medición del desempeño técnico</li> <li>• 5 Análisis de reservas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Información de desempeño del trabajo</li> <li>• 2 Solicitudes de cambio</li> <li>• 3 Actualizaciones al plan para la dirección del proyecto</li> <li>• 4 Actualizaciones a los documentos del proyecto</li> <li>• 5 Actualizaciones a los activos de los procesos de la organización</li> </ul>

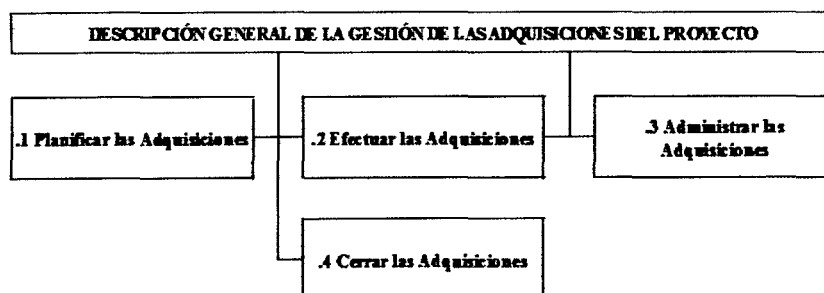
Cuadro 2.48: Monitorear y controlar los riesgos : entradas - herramientas - salidas  
Fuente: propia

### 2.3.9. Gestión de las Adquisiciones del Proyecto

La gestión de las adquisiciones del proyecto incluye los procesos necesarios para comprar o adquirir productos, servicios o resultados que es preciso obtener fuera del equipo del proyecto. La organización puede ser la compradora o vendedora de los productos, servicios o resultados de un proyecto

La gestión de las adquisiciones del proyecto incluye los procesos de gestión del contrato y de control de cambios requeridos para desarrollar y administrar contratos u órdenes de compra emitidos por miembros autorizados del equipo del proyecto

Los procesos de gestión de las adquisiciones del proyecto implican contratos, que son documentos legales que se establecen entre un comprador y un vendedor<sup>12</sup>. Un contrato representa un acuerdo vinculante para las partes en virtud del cual el vendedor se obliga a proveer los productos, servicios o resultados especificados, y el comprador se obliga a proporcionar dinero o cualquier otra contraprestación válida [1]



Cuadro 2.49: Descripción general de la gestión de las adquisiciones  
Fuente: propia

<sup>12</sup>Puede ser llamado Proveedor, abastecedor o sub-contratista

## 2. LA GUÍA DEL PMBOK EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS

### 2.3.9.1. Planificar las Adquisiciones

Es el proceso de documentar las decisiones de compra para el proyecto, especificando la forma de hacerlo o identificando a posibles vendedores

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Plan para la dirección del proyecto</li><li>• 2 Documentación de requisitos</li><li>• 3 Registro de riesgos</li><li>• 4 Recursos requeridos para las actividades</li><li>• 5 Cronograma del Proyecto</li><li>• 6 Estimación de costos de las actividades</li><li>• 7 Registro de interesados</li><li>• 8 Factores ambientales de la empresa</li><li>• 9 Activos de los procesos de la organización</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Análisis de hacer o comprar</li><li>• 2 Juicio de expertos</li><li>• 3 Investigación de mercado</li><li>• 4 Reuniones</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Plan de gestión de las Adquisiciones</li><li>• 2 Enunciados del trabajo relativo a adquisiciones</li><li>• 3 Documentos de las Adquisiciones</li><li>• 4 Criterios de selección de proveedores</li><li>• 5 Decisiones de hacer o comprar</li><li>• 6 Solicitudes de cambio</li><li>• 7 Actualizaciones a los documentos del proyecto</li></ul>

Cuadro 2.50: Planificar las adquisiciones : entradas - herramientas - salidas  
Fuente: propia

### 2.3.9.2. Efectuar las Adquisiciones

Es el proceso de obtener respuestas de los vendedores, seleccionar un vendedor y adjudicar un contrato

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Plan de gestión de las adquisiciones</li><li>• 2 Documentos de las Adquisiciones</li><li>• 3 Criterio de selección de proveedores</li><li>• 4 Propuestas de los vendedores</li><li>• 5 Documentos del Proyecto</li><li>• 6 Decisiones de hacer o comprar</li><li>• 7 Enunciado del trabajo relativo a adquisiciones</li><li>• 8 Activos de los procesos de la organización</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Conferencia de vendedores</li><li>• 2 Técnicas de evaluación de propuestas</li><li>• 3 Estimaciones independientes</li><li>• 4 Juicio de expertos</li><li>• 5 Publicidad</li><li>• 6 Técnicas analíticas</li><li>• 7 Negociación de Adquisiciones</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Vendedores seleccionados</li><li>• 2 Acuerdos</li><li>• 3 Calendario de recursos</li><li>• 4 Solicitudes de cambio</li><li>• 5 Actualizaciones al plan para la dirección del proyecto</li><li>• 6 Actualizaciones a los documentos del proyecto</li></ul>

Cuadro 2.51: Efectuar las adquisiciones : entradas - herramientas - salidas  
Fuente: propia

### 2.3.9.3. Controlar las Adquisiciones

Es el proceso de gestionar las relaciones adquisiciones, monitorear la ejecución de los contratos, y efectuar cambios correcciones según sea necesario

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Plan para la dirección del proyecto</li> <li>• 2 Documentos de las Adquisiciones</li> <li>• 3 Acuerdos</li> <li>• 4 Solicitudes de cambio aprobadas</li> <li>• 5 Informes de desempeño</li> <li>• 6 Datos de desempeño del trabajo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Sistema de control de cambios del contrato</li> <li>• 2 Revisiones del desempeño de las adquisiciones</li> <li>• 3 Inspecciones y auditorías</li> <li>• 4 Informar el desempeño</li> <li>• 5 Sistemas de pago</li> <li>• 6 Administración de reclamaciones</li> <li>• 7 Sistema de gestión de registro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Información de desempeño del trabajo</li> <li>• 2 Solicitudes de cambio</li> <li>• 3 Actualizaciones al plan para la dirección del proyecto</li> <li>• 4 Actualizaciones a los documentos del proyecto</li> <li>• 5 Actualizaciones a los procesos de la organización</li> </ul>

Cuadro 2.52: Controlar las adquisiciones : entradas - herramientas - salidas

Fuente: propia

### 2.3.9.4. Cerrar las Adquisiciones

Es el proceso de completar cada adquisición para el proyecto

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Plan para la dirección del proyecto</li> <li>• 2 Documentos de las Adquisiciones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Auditorías de la Adquisición</li> <li>• 2 Negociación de adquisiciones</li> <li>• 3 Sistema de gestión de registros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Adquisiciones cerradas</li> <li>• 2 Actualizaciones a los activos de los procesos de la organización</li> </ul>

Cuadro 2.53: Cerrar las adquisiciones : entradas - herramientas - salidas

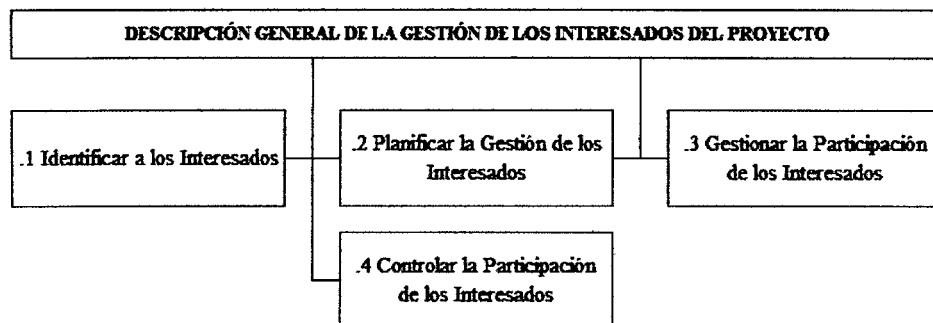
Fuente: propia

## 2.3.10. Gestión de los Interesados

La gestión de los interesados del proyecto incluye los procesos necesarios para identificar a las personas, grupo u organizaciones que pueden afectar o ser afectados por el proyecto, para analizar las expectativas de los interesados y su impacto en el proyecto, y para desarrollar estrategias de gestión adecuados a fin de lograr la participación eficaz de los interesados en las decisiones y en la ejecución del proyecto. La gestión de los interesados también se centra en la comunicación continua con los

## 2. LA GUÍA DEL PMBOK EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS

interesados para comprender sus necesidades y expectativas, abordando los incidentes en el momento en que ocurren, gestionando conflictos de intereses y fomentando una adecuada participación de los interesados en las decisiones y actividades del proyecto. La satisfacción de los interesados debe gestionarse como uno de los objetivos clave del proyecto [1]



Cuadro 2.54: Descripción general de la gestión de los interesados  
Fuente: propia

### 2.3.10.1. Identificar a los Interesados

El proceso de identificar las personas, grupos u organizaciones que podrían afectar o ser afectados por una decisión, actividad o resultado del proyecto, así como de analizar y documentar información relevante a sus intereses, participación, interdependencia, influencia y posible impacto en el éxito del proyecto

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Acta de constitución del proyecto</li><li>• 2 Documentos de las Adquisiciones</li><li>• 3 Factores ambientales de la empresa</li><li>• 4 Activos de los procesos de la organización</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Análisis de interesados</li><li>• 2 Juicio de expertos</li><li>• 3 Reuniones</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Registro de interesados</li></ul>

Cuadro 2.55: Identificar a los interesados : entradas - herramientas - salidas  
Fuente: propia

### 2.3.10.2. Planificar la Gestión de los Interesados

El proceso de desarrollar estrategias de gestión adecuadas para lograr la participación eficaz de los interesados a lo largo del ciclo de vida del proyecto, con base en el análisis de sus necesidades, intereses y el posible impacto en el éxito del proyecto

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Plan para la dirección del proyecto</li> <li>• 2 Registro de Interesados</li> <li>• 3 Factores ambientales de la empresa</li> <li>• 4 Activos de los procesos de la organización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Técnicas Análíticas</li> <li>• 2 Juicio de expertos</li> <li>• 3 Reuniones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Plan de Gestión de los Interesados</li> <li>• 2 Actualizaciones a los documentos del proyecto</li> </ul>

Cuadro 2.56: Planificar la gestión de los interesados : entradas - herramientas - salidas

Fuente: propia

### 2.3.10.3. Gestionar la Participación de los Interesados

El proceso de comunicarse y trabajar con los interesados para satisfacer sus necesidades/expectativas, abordar los incidentes en el momento en que ocurren y fomentar la participación adecuada de los interesados en las actividades del proyecto a lo largo del ciclo de vida del mismo

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Plan de Gestión de los Interesados</li> <li>• 2 Plan de gestión de las comunicaciones</li> <li>• 3 Registro de cambios</li> <li>• 4 Activos de los procesos de la organización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Métodos de comunicación</li> <li>• 2 Habilidades interpersonales</li> <li>• 3 Habilidades de Gestión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Registro de incidentes</li> <li>• 2 Solicitudes de cambio</li> <li>• 3 Actualizaciones al plan para la dirección del proyecto</li> <li>• 4 Actualizaciones a los documentos del proyecto</li> <li>• 5 Actualizaciones a los activos de los procesos de la organización</li> </ul>

Cuadro 2.57: Gestionar la participación de los interesados : entradas - herramientas - salidas

Fuente: propia

### 2.3.10.4, Controlar la Participación de los Interesados

El proceso de monitorear globalmente las relaciones de los interesados del proyecto y ajustar las estrategias y los planes para involucrar a los interesados

## 2. LA GUÍA DEL PMBOK EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Plan para la dirección del proyecto</li><li>• 2 Registro de incidentes</li><li>• 3 Datos de desempeño del trabajo</li><li>• 4 Documentos del proyecto</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Sistema de gestión de la información</li><li>• 2 Juicio de expertos</li><li>• 3 Reuniones</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 Información de desempeño del trabajo</li><li>• 2 Solicitudes de cambio</li><li>• 3 Actualizaciones al plan para la dirección del proyecto</li><li>• 4 Actualizaciones a los documentos del proyecto</li><li>• 5 Actualizaciones a los activos de los procesos de la organización</li></ul>

Cuadro 2.58: Controlar la participación de los interesados : entradas - herramientas - salidas

Fuente: propia

### 2.4. Medición del Desempeño del Trabajo según la Guía del PMBOK

#### 2.4.1. Monitoreo y control del trabajo de un proyecto según la guía del PMBOK

Monitorear y controlar el trabajo del proyecto es un proceso compuesto por las actividades definidas de la siguiente forma:

**Monitorear.-** Consiste en recopilar, medir y distribuir la información relativa al desempeño y evaluar las mediciones y las tendencias a lo largo de todo el proyecto

**Controlar.-** Se realiza a partir de la recolección de información de avance y desempeño, de tal manera que las desviaciones pueden ser identificadas y en consecuencias determinar acciones correctivas para recuperar las desviaciones

El beneficio de este proceso es que podemos observar y medir el desempeño de manera sistemática y regular , emitiendo informes que nos suministren información sobre el desempeño del proyecto en lo relativo al alcance , cronograma , costos , el cual también puede incluir los recursos , la calidad y los riesgos [1]

De esta forma el monitoreo y control es importante para nuestra investigación porque nos permite lograr en la ejecución del trabajo lo siguiente:

- Comparar el desempeño real del alcance, costo y tiempo del trabajo en el proyecto con respecto a las líneas bases de desempeño<sup>13</sup> de los mismos establecidos en el plan para la dirección del proyecto

<sup>13</sup>Es un plan aprobado para el proyecto, Se compara con el desempeño real para determinar si el desempeño se encuentra dentro de umbrales de variación aceptable

- Evaluar el desempeño para determinar la necesidad de una acción preventiva o correctiva y para recomendar aquéllas que se consideren pertinentes

### 2.4.2. Grupo de procesos de monitorización y control

Este Grupo esta compuesto por 11 procesos , direccionados a proporcionarnos conocimientos sobre la salud del proyecto y así permitir identificar las áreas que requieren más atención .De las cuales utilizaremos 3 procesos que nos ayudaran ah medir el rendimiento del avance del proyecto en forma objetiva

Procesos	Grupo de Procesos	Áreas de Conocimiento
<ul style="list-style-type: none"> <li>•1 Controlar el Alcance</li> <li>•2 Controlar el Cronograma</li> <li>•3 Controlar Costo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•1 Monitorización y Control</li> <li>•2 Monitorización y Control</li> <li>•3 Monitorización y Control</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•1 Gestión de Alcance</li> <li>•2 Gestión de Tiempo</li> <li>•3 Gestión de Costo</li> </ul>

Cuadro 2.59: Procesos fundamentales utilizados en la investigación  
Fuente: propia

### 2.4.3. Relación entre el Alcance , Costo y Tiempo

En cualquier proyecto las tres variables de alcance, costo y tiempo están siendo constantemente acosadas e influenciadas por amenazas tanto internas como externas al proyecto. Surgen frecuentes cambios en los requisitos y por lo tanto en el alcance, en la calidad, en el programa de ejecución y en los costos que integran el presupuesto. Por lo tanto todo proyecto está limitado por esas tres variables que están permanentemente en equilibrio. Cada vez que una de ellas cambia, las otras dos también lo hacen, buscando un equilibrio natural. Por ejemplo, un incremento de alcance requerirá con seguridad aumentos en tiempo, en costo o en ambos. Aunque menos frecuente, las disminuciones también son posibles [4].

### 2.4.4. La Gestión de Valor Ganado - EVM

Es un método para medir el desempeño de un proyecto, permite comparar la cantidad de trabajo planificado con la cantidad de trabajo real que se ha ejecutado así se puede determinar si el trabajo va según lo previsto y dentro del presupuesto del proyecto. La técnica de valor ganado cubre las tres líneas base de la gestión de proyecto: alcance, costo y tiempo, unificándolos en un marco común que permite



## 2. LA GUÍA DEL PMBOK EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS

representar la relación entre ellos [4]

: Es una metodología que combina medidas de alcance, cronograma y recursos para evaluar el desempeño y el avance del proyecto. Es un método muy utilizado para la medida del desempeño de los proyectos. Integra la línea base del alcance con la línea base de costos, junto con la línea base del cronograma, para generar la línea base para la medición del desempeño, que facilita la evaluación y la medida del desempeño y del avance del proyecto por parte del equipo del proyecto. Es una técnica de dirección de proyectos que requiere la constitución de una línea base integrada con respecto a la cual se pueda medir el desempeño a lo largo del proyecto [5]

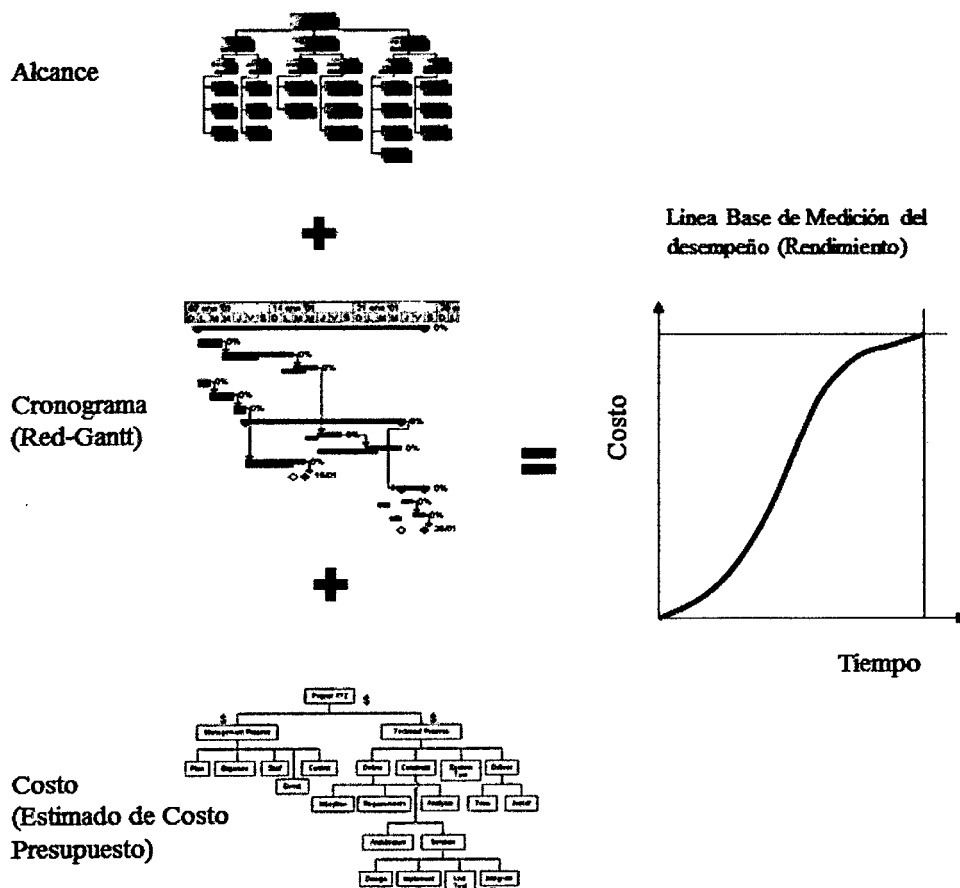


Figura 2.5: Marco conceptual de la gestión de valor ganado - EVM

Fuente: propia

### 2.4.5. Utilidad de la Gestión de Valor Ganado

La técnica de valor ganado nos brinda información del proyecto su análisis nos permite [6]:

- Revisar si estamos por encima o por debajo del presupuesto y en qué proporción
- Si estamos adelantados o atrasados en el cronograma
- Nos permitirá analizar la situación del proyecto en términos de costo y de tiempo
- Observaremos que tan peligrosos y favorables son las tendencias que tenemos
- Con los datos obtenidos se puede desarrollar proyecciones con hipótesis, que vendrán dadas por las diferentes situaciones del proyecto
- Tomaremos acciones para mitigar el impacto de algunos problemas - EVM
- La dirección dispondrá de la información necesaria que les permita seguir adelante con el proyecto o cancelarlo, solicitar más fondo, inyectar nuevos recursos o tomar otras decisiones entorno a nuestro proyecto

### 2.4.6. Elementos Básicos de la Gestión de Valor Ganado

Para gestionar la técnica de valor ganado debemos obtener tres valores durante el monitoreo del proyecto

#### 2.4.6.1. Valor planificado - PV ( Planned Value )

El valor planificado (PV) permite observar el avance que debe llevar el proyecto en cualquier punto dado de la programación. Es un reflejo numérico de los trabajos presupuestados que están programados a ejecutarse, y es la línea base de referencia contra la que se mide el progreso real. Una vez establecida esta línea base, solo se podrá modificar por cambios en el alcance del trabajo a ejecutar, reflejando las modificaciones en costos y programación ocasionados por estos . Al valor planificado también se le conoce como el *costo presupuestado del trabajo programado* - BCWS<sup>14</sup>[7]

#### 2.4.6.2. Valor Ganado - EV ( Earned Value )

El valor ganado es una fotografía del progreso de los trabajos realizados en un punto dado en el tiempo. También se le conoce como el *costo presupuestado realizado* - BCWP<sup>15</sup>, que refleja la cantidad de trabajo que realmente se ha realizado

---

<sup>14</sup>Siglas de Budgeted Cost of the Work Scheduled

<sup>15</sup>Siglas de Budgeted Cost of the Work Performed

## 2. LA GUÍA DEL PMBOK EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS

en un periodo de tiempo determinado, expresado con los costos presupuestados para este trabajo [7]

### 2.4.6.3. Costo Real - AC ( Actual Cost )

El costo real, también conocido como el *costo real del trabajo realizado* - ACWP<sup>16</sup>, indica el nivel de recursos reales que han sido gastados para lograr el trabajo realizado hasta la fecha o en un determinado periodo de tiempo [7]

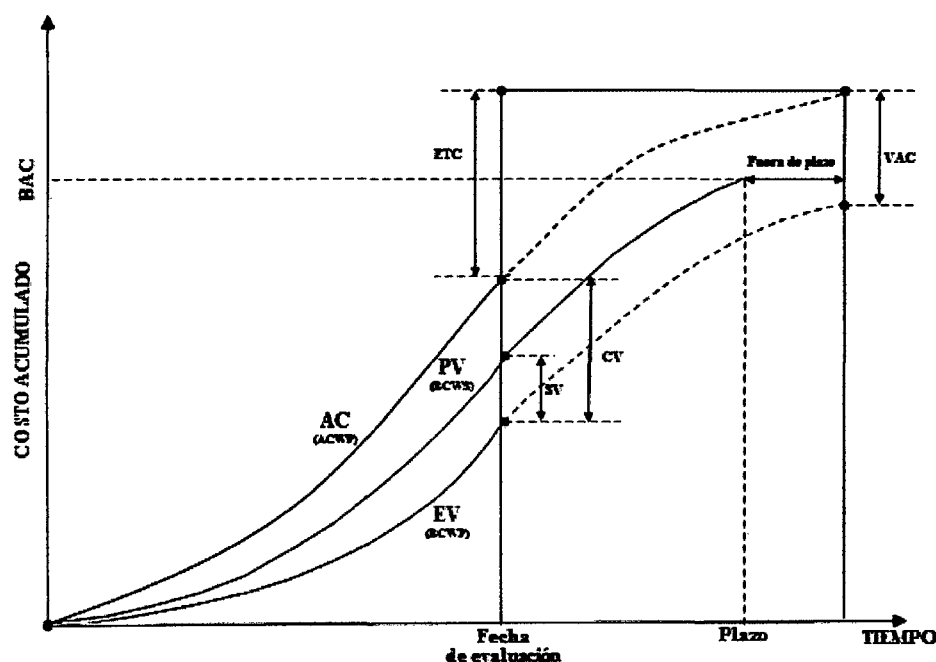


Figura 2.6: Representación de la gestión de valor ganado  
Fuente: propia

### 2.4.7. Indicadores de Variación y Proyecciones

Después de ingresados los tres datos de entrada base, valor planificado (PV), valor ganado (EV) y costo real (AC); se procede a utilizar esta información para determinar cual es el estado del proyecto tomando en cuenta los datos acumulados, según la programación y el presupuestado; y proporcionar una base para la estimación en tiempo y costos hacia el final del proyecto

<sup>16</sup>Actual Cost of the Work Performed

### 2.4.7.1. Variación de Cronograma (SV)

Es la medida del desempeño del cronograma en un proyecto y es igual al valor ganado (EV) menos el valor planificado (PV). Esta variación es útil ya que puede indicar un retraso del proyecto con respecto a la línea base del cronograma [5]

$$SV = EV - PV \quad (2.1)$$

### 2.4.7.2. Variación de Costo (CV)

Es la medida del desempeño del costo en un proyecto y es igual al valor ganado (EV) menos los costos reales (AC). Esta variación del costo al final del proyecto es la diferencia entre el presupuestado a la conclusión y la cantidad realmente gastada. Esta variación es particularmente crítica porque es la relación del desempeño real y los costos gastados. Una CV negativa con frecuencia no es recuperable para el proyecto [5]

$$CV = EV - AC \quad (2.2)$$

### 2.4.7.3. Índice del Desempeño del Cronograma (SPI)

Es una medida del avance logrado en un proyecto en comparación con el avance planificado [5]

$$SPI = \frac{EV}{PV} \quad (2.3)$$

### 2.4.7.4. Índice del Desempeño del Costo (CPI)

Es una medida del valor del trabajo completado, en comparación con el costo o avance reales del proyecto. Es considerado el índice más importante del EVM y mide la eficacia de la gestión del costo para el trabajo completado [5]

$$CPI = \frac{EV}{AC} \quad (2.4)$$

### 2.4.7.5. Índice de Costo - Programación (CSI)

Mientras más se aleje CSI de 1, menor es la posibilidad de que el proyecto se recupere [5]

$$CSI = SPI \times CPI \quad (2.5)$$

## Capítulo 3

# Productividad en Movimiento de Tierra para una Construcción de Carretera

### 3.1. Introducción

Literalmente la productividad es un dato cuantitativo entre la relación de la producción y los recursos utilizados. Esto nos permite ver en que situación estamos ahora de ahí su importancia. Lo que origina de este modo la necesidad de poder controlarlo con el objetivo de tener mayor producción . Por tal razón para poder lograrlo debemos utilizar los lineamientos del Lean Construcción con la cual siempre buscamos la mejora continua .

### 3.2. Productividad

La productividad es una relación entre la cantidad producida y los recursos empleados. Sin embargo, la productividad no se puede concebir sin que exista un alto estándar de calidad, es decir la productividad involucra eficiencia y efectividad[8]

En la construcción existen diferentes clases de productividad de acuerdo con el tipo de recurso Utilizado, así :

- Productividad de los materiales

Por su costo es importante evitar los desperdicios

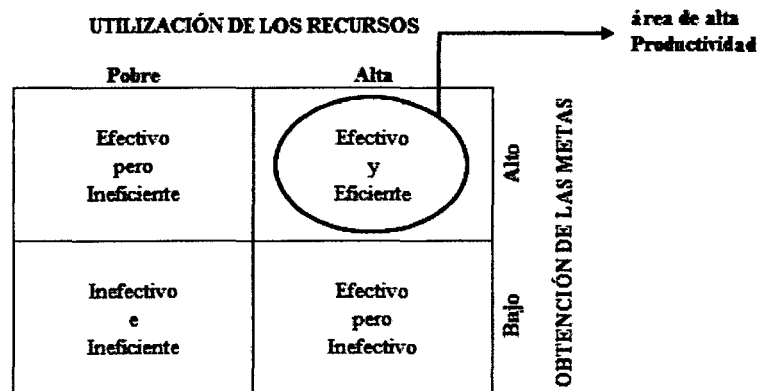
- Productividad de la mano de obra

Factor fundamental ya que normalmente es el recurso que fija el ritmo de trabajo de la construcción , del cual depende la productividad de otros recursos

- Productividad de la maquinaria y/o equipos<sup>1</sup>

Es muy importante por el alto costo que representa , por lo tanto es necesario su atención evitando los tiempos muertos

El objetivo de cualquier proceso de producción es lograr una alta productividad, lo que se consigue mediante la obtención de alta eficiencia y efectividad, como puede verse en el siguiente :



Cuadro 3.1: Relación entre la eficiencia, efectividad y productividad

Fuente: Botero [9]

<sup>1</sup>En la investigación trabajamos con esta productividad

### 3. PRODUCTIVIDAD EN MOVIMIENTO DE TIERRA PARA UNA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERA

---

#### 3.3. Lean Production

Es una filosofía de la industria manufacturera , puede entenderse como una nueva forma de diseñar optimizando los sistemas de producción para alcanzar los requerimientos de los clientes

Fue desarrollada en la compañía japonesa *Toyota*, por el ingeniero Taichi Ohno<sup>2</sup> , a finales de la década de los cincuenta, influenciado por los criterios de W.Edwards Deming<sup>3</sup> del Total Quality Management<sup>4</sup> (Control de Calidad Total). Ohno planteó objetivos concretos para el diseño de su sistema de producción .

Orientados a alcanzar estos objetivos la filosofía de Lean Producción plantea varias medidas como la reducción de pérdidas, las cuales están definidas como cualquier actividad que no contribuya a generación de un valor en el producto

El Lean Production está orientado al diseño de un sistema de producción que pueda entregar un producto hecho a la medida, de medida, de forma instantanea luego de un pedido, sin mantener inventarios intermedios [10]

#### 3.4. Lean Construction

La filosofía Lean Construction o *Construcción sin perdidas* , es un método de Gestión de Producción que tiene como objetivo el aumento de la productividad teniendo un enfoque en satisfacer las necesidades de los clientes. Ha sido desarrollada como resultado de la aplicación de ideas del Lean Production a la construcción

En 1992 , Lauri Koskela <sup>5</sup>, presenta un estudio " *Application of the new production philosophy to construction* " [11], en el cual analiza el impacto de los nuevos enfoques de producción en la industria de la construcción. Dicho estudio identifica, que las nuevas tendencias comparten un fundamento común : el concebir la producción como procesos. De acuerdo con Koskela , la nueva filosofía de producción puede ser definida como un flujo de materiales , desde la materia prima hasta el producto final. En este flujo el material es procesado ( *Conversiones* ) , inspeccionado, se encuentra en espera o es transportado. Estas actividades son diferentes entre sí. Los procesos representan las Conversiones en la producción , mientras que los transporte , esperas e inspecciones son los flujos de la producción. Cuadro 3.3

---

<sup>2</sup>Taichi Ohno, pionero de la implantación Justo a Tiempo (JAT) en Toyota Motors

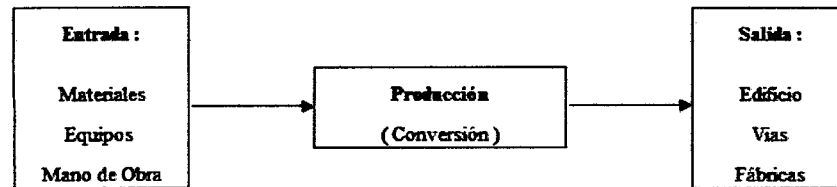
<sup>3</sup>Edwards Deming Estadístico y asesor en gestión de Calidad , es conocido porque ayudó a revitalizar la industria japonesa

<sup>4</sup>Gestión estratégica para introducir a una conciencia de calidad en todos los procesos organizacionales . Es asegurar la calidad a través de métodos estadísticos. El TQM tiene el objetivo de mejorar la producción y reducir las perdidas

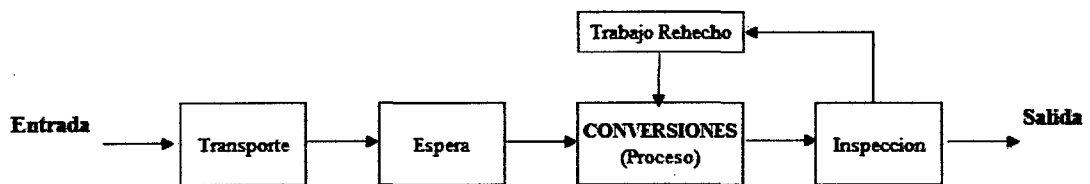
<sup>5</sup>Professor of Construction and Project Management in the University of Huddersfield , pionero de la filosofía Lean Construction

### 3.5 Lean Construction y el mejoramiento de Productividad

En Resumen , el nuevo concepto de producción establece que el proceso de productivo se compone de *Conversiones y Flujos*, a diferencia del *Modelo Convencional de Producción* en que solo se consideran las conversiones. Cuadro 3.2



Cuadro 3.2: Modelo convencional de producción en la industria de la construcción  
Fuente: Orihuela[10]



Cuadro 3.3: Esquema de proceso de producción *Conversión y Flujo* , propuesto por Lauri Koskela

Fuente: Orihuela[10]

Se denomina conversiones a todas las actividades de transformación que conviertan los materiales y la información en productos, pensando en los requerimientos del cliente, por lo tanto en el proceso de producción son las actividades que agregan valor [12]

Por el contrario , se consideran los flujos a todas las actividades que no agregan valor pero que consumen tiempo, recurso y espacio, generando costos en el proceso de producción y considerándolos como perdidas [12]

### 3.5. Lean Construction y el mejoramiento de Productividad

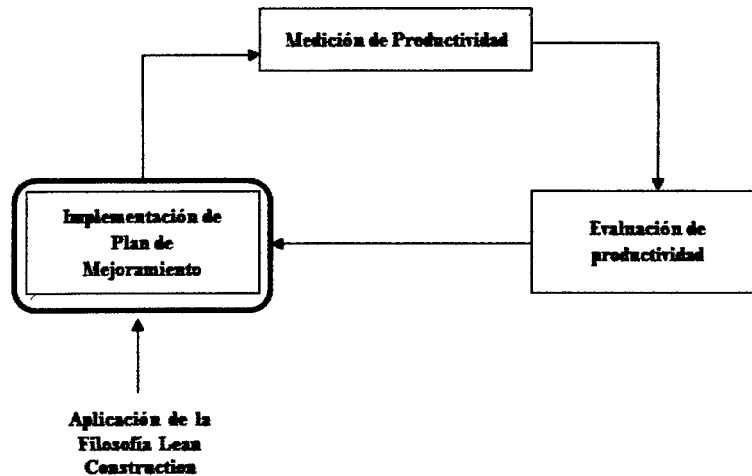
Mejorar la productividad aplicando la filosofía Lean Construction, significa hacer más eficientes las actividades de transformación que agregan valor, minimizando



### 3. PRODUCTIVIDAD EN MOVIMIENTO DE TIERRA PARA UNA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERA

---

o eliminando las actividades que no lo generan (perdidas). Por lo tanto para su aplicación debemos tener presente el ciclo para el mejoramiento de productividad [13].



Cuadro 3.4: Ciclo de mejoramiento de productividad  
Fuente: Botero [9]

Las diferentes etapas para el mejoramiento, requieren la realización de distintas actividades en el proyecto

#### 3.5.1. Medición de productividad

Se realiza mediante la toma de datos y su posterior procesamiento y análisis estadístico. Para ello se utilizan formatos diseñados para tal fin ver anexo de hoja de ruta

#### 3.5.2. Evaluación de la Productividad

Utilizamos los datos obtenidos para diagnosticar la situación de la obra identificando así los problemas. De esta forma se puede determinar el plan de acción a seguir

### 3.5.3. Implementación de plan de Mejoramiento

Formulamos las acciones de mejoramiento aplicando la filosofía Lean Construcción, estableciendo seguimiento permanente para evaluar la eficacia y los resultados obtenidos. describimos la metodología [13]

#### 3.5.3.1. Asegurar que los flujos continúen

No hay que perder de vista que existen muchas fuentes de *variabilidad*<sup>6</sup> que pueden desfasar o cambiar lo planeado. Para esto es necesario buscar estrategias o formas de combatir esos factores que se presentaran.

#### 3.5.3.2. Desarrollar flujos eficientes

Consiguiendo que los flujos no paren, ahora importa detectar cual es el cuello de botella, buscando optimizar los flujos. Para esto tenemos que re potenciar y aumentar la capacidad de producción del cuello de botella

#### 3.5.3.3. Hacer los procesos eficientes

el objetivo de lograr el proceso eficiente se deduce al emplear herramientas de medición de trabajo como el nivel de actividad y cartas balances

### 3.5.4. Herramientas del plan de Mejoramiento

#### 3.5.4.1. Cartas Balances

#### 3.5.4.2. Nivel de Actividad

#### 3.5.4.3. Estudio de Tiempos y Movimientos

#### 3.5.4.4. Aplicación del Sistema Last Planner

- Lookahead
- Programa Semanal
- Análisis de restricciones
- Porcentaje de programa cumplido (PPC)

---

<sup>6</sup>En el contexto de la construcción la variabilidad se refiere a la obtención de salidas diferentes (resultados) de la aplicación repetida de un mismo proceso

### **3. PRODUCTIVIDAD EN MOVIMIENTO DE TIERRA PARA UNA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERA**

---

#### **3.5.5. Medición de tiempo para la Identificación de Procesos (conversiones) y Flujos**

Definida la teoría de Lauri Koskela , se estableció la variable Tiempo , como parámetro fundamental para medir las actividades de la construcción . Es así que el Tiempo total para ejecutar una actividad ha sido clasificado de la siguiente manera [12]

##### **3.5.5.1. Tiempo Productivo (TP)**

Es el tiempo empleado en los procesos (Conversiones) ; es decir en las actividades que agregan valor

##### **3.5.5.2. Tiempo Contributorio (TC)**

Es el tiempo empleado en las actividades de apoyo necesarias para ejecutar los trabajos que agregan valor. Los flujos necesarios como transporte, etc

##### **3.5.5.3. Tiempo No Contributorio (TNC)**

Es el tiempo empleado en cualquier otra actividad diferente a las de soporte o productivas. Las esperas , los reprocesos . etc

### **3.6. Proyecto Vial**

Es una propuesta de acción que involucra localización del eje de la carretera, su replanteo en el terreno, referenciarían, análisis paisajístico del trazado y sus áreas adyacentes, obras complementarias, identificación de impacto ambientales y su mitigación. La elaboración de un proyecto vial, obedece a una planificación vial, el cual es un proceso en el que se establece claramente el propósito de construcción de una carretera o de la intervención para mejorar las características y/o condiciones de una carretera Cabe destacar que la elaboración de un proyecto vial, debe ser justificable, sobre todo cuando el mismo generará un inmenso gasto de inversión en la administración pública, y para ello es necesario conocer los factores que justifican la elaboración del mismo. Los factores que justifican un proyecto vial, son aquellos que generan beneficios directos o indirectos y que permiten avalar la inversión por realizar. Los principales son [14]:

- La factibilidad técnica y económica de la vía en proyecto: (justificar económicamente la inversión )
- La armonía del proyecto con los factores sociales y ambientales del entorno
- La superación de una nivel de servicio deficiente , actual o previsible, en la vialidad existente
- La adecuación de las facilidades de transporte con el orden cronológico del desarrollo previsto en el ordenamiento territorial vigente
- Estrategias de defensa o soberanía nacional

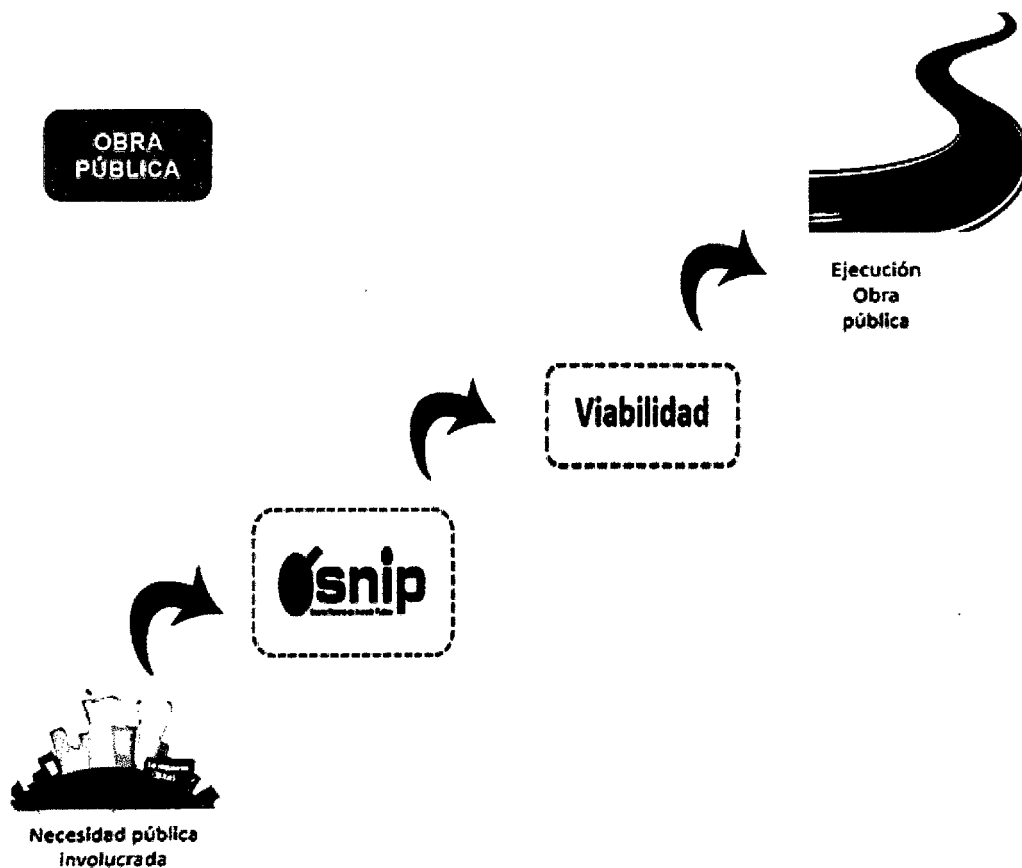


Figura 3.1: Relación entre una obra pública y el sistema nacional de inversión pública  
Fuente: propia

### **3. PRODUCTIVIDAD EN MOVIMIENTO DE TIERRA PARA UNA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERA**

---

#### **3.7. Marco Referencial para la Contratación de una Obra Vial**

Proviás Nacional del Ministerio de Transporte y Comunicaciones, es la encargada de otorgar una infraestructura vial transitable y segura para el país, a través de la construcción, rehabilitación y mejoramiento de la infraestructura de transporte relacionada a la red vial nacional, con la finalidad de adecuarla a las exigencias del desarrollo y de la integración nacional e internacional [15]

El valor de una carretera responde a la elaboración de expedientes técnicos que obedecen a un trabajo técnico desarrollado por los proyectistas (Consultores especialistas en la labor de ingeniería de infraestructura vial: Carreteras, puentes y ferrocarriles) quienes diseñan la carretera con las características técnicas que exigen las normas.

##### **3.7.1. Sistema de contratación**

Los sistemas de contratación aplicables a obras están sujetas a lo estipulado en el artículo 40 del reglamento de la Ley de Contrataciones del Estado [16]

- Precios Unitarios.- Este sistema es aplicables cuando la naturaleza de la prestación no permita conocer con exactitud o precisión las cantidades o magnitudes requeridas. por ejemplo

Construcción de una carretera o un Túnel

#### **3.8. Descripción General del Proceso Constructivo de una Obra Vial**

La construcción de una obra vial requiere la creación de una superficie continua, que atravesase obstáculos geográficos y tome un pendiente suficiente para permitir a los vehículos o a los peatones circular. Y cuando la ley lo establezca deben cumplir una serie de normativa y leyes o guías oficiales Las etapas relevantes que componen el proceso de construcción de una carretera y cuya descripción es más detallada se va describir de forma más generalizada resumiendo de esta forma lo indispensable para la funcionalidad de una obra vial [17]:

Las etapas relevantes que componen el proceso de construcción de una carretera y cuya descripción es más detallada se va describir de forma más generalizada resumiendo de esta forma lo indispensable para la funcionalidad de una obra vial:

### 3.9 El Movimiento de Tierra en la Construcción de una Carretera

---

- **Trabajos Preliminares.**- Comprende los trabajos iniciales para la ejecución de las obra en sí, como por ejemplo: Movilización de equipos, Trazo y replanteo, limpieza, mejoramiento de vías de acceso, etc.
- **Obras Provisionales.**- Comprende todas las actividades preliminares necesarias para la ejecución de las obras tales como: demolición, campamento, almacén, etc.
- **Movimiento de Tierra .-** Es la operación de cortar y remover cualquier clase de material independiente de su naturaleza o de sus características , dentro o fuera de los límites de construcción, para incorporarlo e la construcción de rellenos, terraplenes y cualquier otro elemento que se relacione con la construcción de la carretera
- **Construcción de Drenaje .-** Son las estructuras comúnmente llamadas Alcantarillas, que tienen por objetivo principal permitir el paso del agua
- **Construcción de Sub Base y Base .-** La sub base y la base son las capas de la estructura del pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad el efecto de las cargas del tránsito proviniendo de las capa superior del pavimento
- **Construcción de la superficie de pavimento o rodadura .-** El pavimento es una estructura que está compuesta por diferentes capas de suelo y materiales pétreos desde su fundación hasta la superficie en la que circula el trafico
- **Construcción de estructuras de puentes.**- Un puente es una estructura que nos permite dar continuidad a la vía. si es que se presenta una restricción como la presencia de un río
- **Colocación de las señales de tráfico** .- Este tipo de trabajos abarca lo referente a lo que es señalización horizontal , monumentos de kilometrajes, postes delineadores , indicadores del derecho de vía y defensas para carretera y puentes

### 3.9. El Movimiento de Tierra en la Construcción de una Carretera

Durante cada una de las etapas de la construcción de la vía, se toman en cuenta muchos factores, entre los mismos se encuentra el **Movimiento de Tierras**, el cual

### **3. PRODUCTIVIDAD EN MOVIMIENTO DE TIERRA PARA UNA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERA**

---

es uno de los más importantes, por el peso económico que tiene en el presupuesto. El movimiento de tierra engloba todas aquellas actividades de excavación y relleno necesarias para la construcción de la carretera [17]

Según el **EG-2013**<sup>7</sup>, La partida de Movimiento de Tierra está conformado por las siguientes sub partidas:

- Desbroce y limpieza del Terreno
- Excavación para explanaciones
- Remoción de derrumbes
- Excavación general de túneles
- Terraplenes
- Pedraplenes
- Mejoramiento de suelos
- Obras de encauzamiento
- Conformación y acomodo de DME

#### **3.9.1. Actividades Típicas en Movimiento de Tierra**

Son un conjunto de actividades que se agrupan en las acciones de remover, trasladar y depositar una parte de la superficie de la tierra que se da en un lugar y que al llegar asu nueva posición se crea una nueva forma y en una condición física deseada [18]

---

<sup>7</sup>Especificaciones Técnicas Generales para construcciones de carreteras

### 3.9 El Movimiento de Tierra en la Construcción de una Carretera

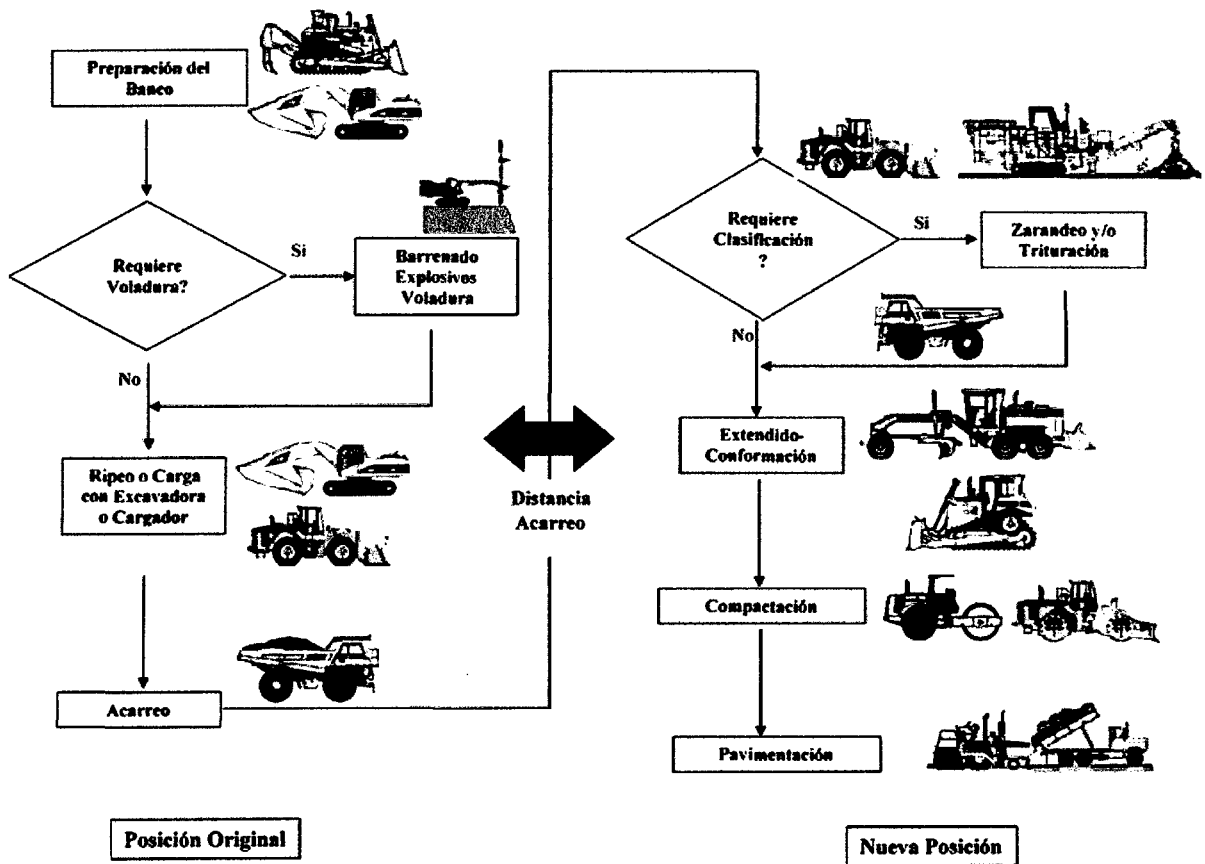


Figura 3.2: Actividades típicas en movimiento de tierra

Fuente: propia

#### 3.9.2. Equipos Básicos Utilizados en la Acción *Remove*

##### 3.9.2.1. Excavadora (Palas Hidráulicas)

Son utilizadas en la excavación de la tierra y el carguío en camiones o volquetes. Estos equipos son capaces de excavar en todo tipo de terrenos , excepto roca sólida, sin encontrarse en estado suelto. Una excavadora está constituido por una pala Hidráulica , cuyo tamaño esta definido por el cucharón la cual esta expresado en metros cúbicos

Las excavadoras para su movimiento necesitan ser montadas sobre orugas o sobre llantas neumáticas, siendo las mas comunes la primera, utilizándose donde es posible mover grandes volúmenes sin necesidad de grandes desplazamientos



### 3. PRODUCTIVIDAD EN MOVIMIENTO DE TIERRA PARA UNA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERA

---

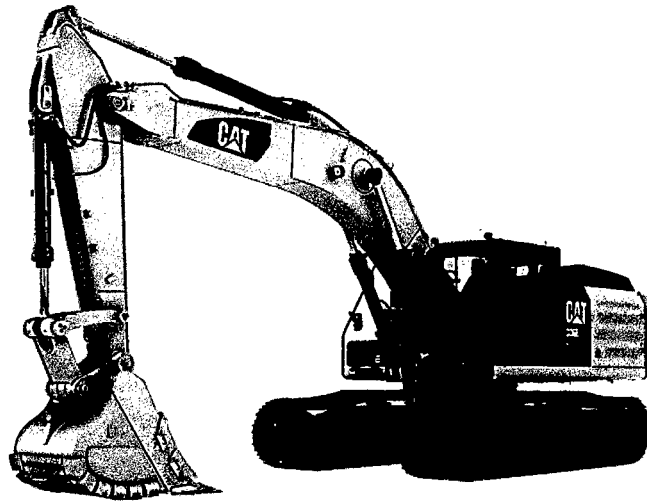


Figura 3.3: Excavadora sobre oruga 115-165 HP  
Fuente: Caterpillar [19]

#### ■ Aplicaciones

1. Peinado de taludes encima del plano de sustentación de la maquina
2. Excavación en bancos de préstamos
3. Excavación de zanjas

#### 3.9.2.2. Cargadores Frontales

Máquina empleada para la excavación de terrenos o para la carga y descarga de materiales diversos.

Su equipo especial está constituido por dos brazos articulados, que soportan en sus extremos una pala que puede girar en torno a su propio eje. La forma de la pala varía según el material que hay que manejar.

Los brazos y la pala se mueven hidráulicamente por medio de una bomba accionada por el motor del equipo



Figura 3.4: Cargador frontal sobre llantas 200-250 HP  
Fuente: Caterpillar [19]

#### ■ Aplicaciones

Se aplica en construcciones donde exista amplio espacio para maniobrar , se utiliza en toda obra que requiere de corte, carguio, acarreo y descarga de medianos volúmenes de tierra

1. Carguío de materiales
2. Mezcla de materiales
3. Excavación de terreno suelto o blando
4. Apilado de material y carguío de material suelto
5. Deposita el material suelto ( Canteras)

### 3.9.3. Equipos Básicos Utilizados en la Acción *Transporte*

#### 3.9.3.1. Volquetes

Los volquetes son vehículos que poseen un dispositivo mecánico para volcar la carga que transportan en la tolva y que reposa sobre su chasis del vehículo. La composición mecánica de la volquetada depende precisamente del volumen de material que pueda transportar en la tolva. Por esta razón este tipo de maquinaria de carga

### 3. PRODUCTIVIDAD EN MOVIMIENTO DE TIERRA PARA UNA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERA

---

cumple una función netamente de transporte ya sea dentro de la misma obra o fuera de ella

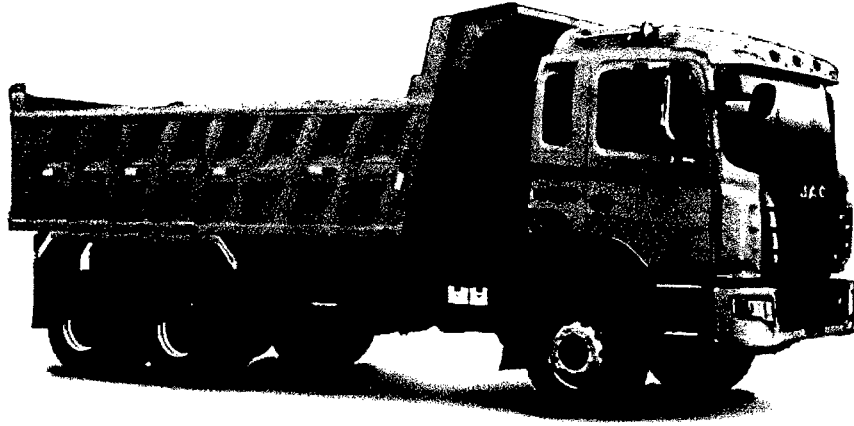


Figura 3.5: Camión volquete de 15 m<sup>3</sup>  
Fuente: Caterpillar [19]

#### ■ Operaciones

Se aplica en obras donde se requiera movimiento de tierra

1. Cargar
2. Descarga
3. Acarrear

#### 3.9.4. Equipos Básicos Utilizados en la Acción *Depositar*

##### 3.9.4.1. Motoniveladoras

Máquina cuya función principal es nivelar, modelar o dar la pendiente necesaria al componente constructivo. Se considera como una máquina de terminación superficial, debido a eso es más utilizada en tareas de acabado o trabajos de precisión

Todas las motoniveladoras son equipadas con una larga hoja mecánica usada para nivelar y extender terrenos y crear una superficie llana, también se le llama niveladora. Casi todas las motoniveladoras son equipadas con una segunda cuchilla que es colocada delante del eje delantero, por esta razón algunas veces a esta máquina también se le llaman cuchilla. Son usados principalmente para el mantenimiento de carreteras.

### 3.9 El Movimiento de Tierra en la Construcción de una Carretera

---

El tamaño de la cuchilla dependerá del uso que vaya a darse , esta puede ir desde los 2.5 hasta los 7.30 metros

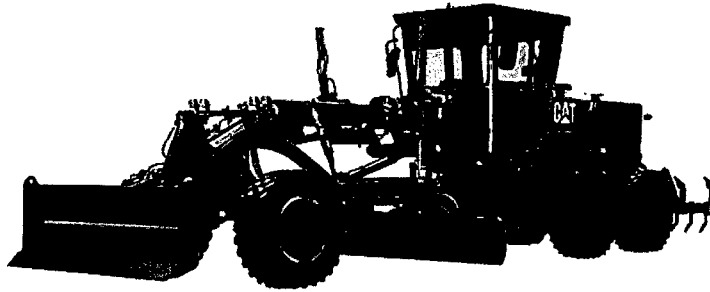


Figura 3.6: Motoniveladora de 130 - 135 HP  
Fuente: Caterpillar [19]

#### ■ Operaciones

1. Nivelar
2. Esparcir el material descargado por los camiones y posterior nivelación
3. Refino de explanadas
4. Mezclar material
5. Excavación, reperfilado y conservación de las cunetas en la tierra
6. Perfilado taludes
7. Peinado de taludes
8. Extendido del material
9. Mezclado de material Insitu
10. Escarificado

### 3. PRODUCTIVIDAD EN MOVIMIENTO DE TIERRA PARA UNA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERA

---

#### 3.9.4.2. Tractores con Hoja de Empuje

Máquina para movimiento de tierra con una gran potencia y robustez en su estructura, diseñada especialmente para el trabajo de corte (excavando) y al mismo tiempo empujando con la hoja (transporte). En esta maquina son montadas diversos equipos para poder ejecutar su trabajo

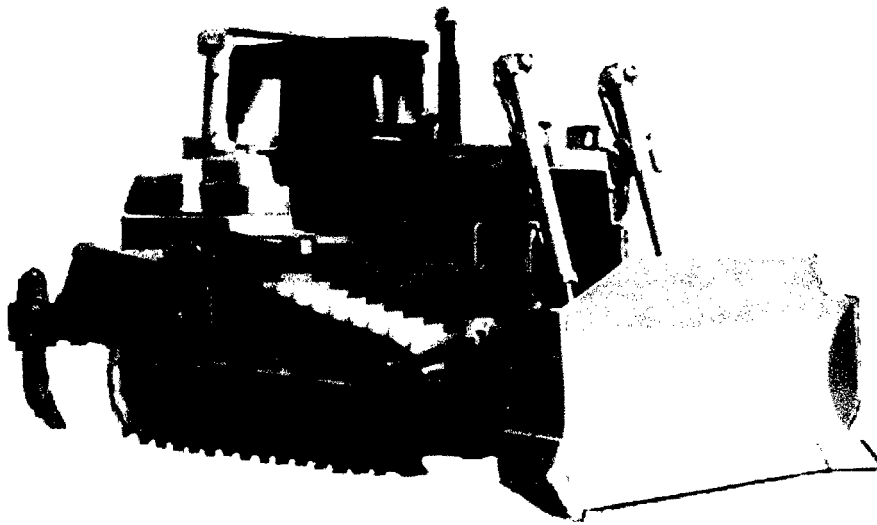


Figura 3.7: Tractor sobre orugas de 190 - 240 HP  
Fuente: Caterpillar [19]

#### ■ Operaciones

1. Grandes excavaciones
2. Excavación en bancos de prestamos
3. Acarreo de volúmenes grandes
4. Apertura de vías
5. Limpieza de vías

#### 3.9.4.3. Equipos de Compactación

Es una máquina pesada que consta de un tractor y de un cilindro de gran peso que va delante y funciona a modo de rueda delantera.

Los rodillos o aplanadoras se utilizan en construcción para compactar materiales. Son imprescindibles durante la construcción de carreteras, tanto en la sub-base, base y mezclas asfálticas, siendo utilizadas también para alisar superficies u otro tipo de tareas en obras diversas.

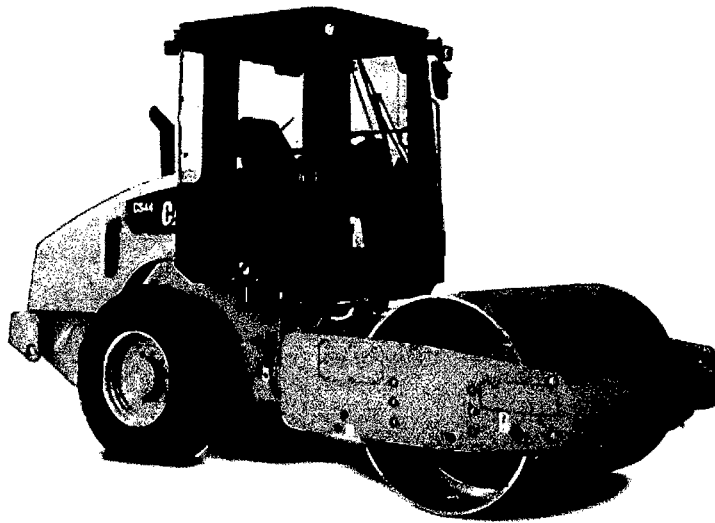


Figura 3.8: Compactadora  
Fuente: Caterpillar [19]

- **Operaciones**
- Compactación del terraplen de la sub base y base de las carreteras

### 3. PRODUCTIVIDAD EN MOVIMIENTO DE TIERRA PARA UNA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERA

---

#### 3.10. El Transporte - Acarreo en el Movimiento de Tierra

Los volquetes y camiones son usados para transportar tierra, agregados, roca y otro tipo de materiales para la realización de proyectos de construcción.

##### 3.10.1. Productividad en los equipos de transporte - acarreo

La descripción del equipo de transporte requiere de un análisis completo, esto significa que cada parte del ciclo de trabajo debe ser considerado. El ciclo de trabajo incluye cargar, transportar, descargar, retornar.

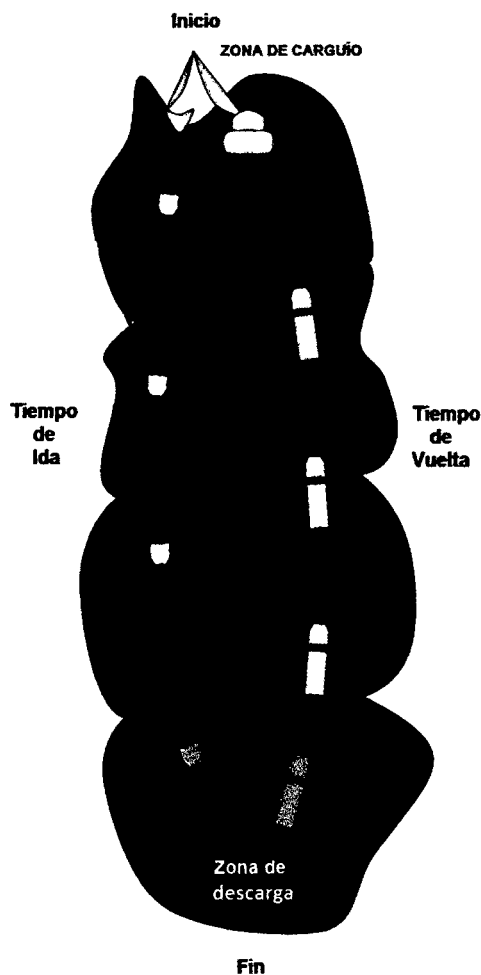


Figura 3.9: Ciclo típico del transporte material  
Fuente: José Sarmiento [20]

Tomando cada componente del ciclo por separado, los factores de que influyen

### **3.10 El Transporte - Acarreo en el Movimiento de Tierra**

---

en la duración del tiempo del ciclo son los siguientes [18]:

#### **3.10.1.1. El tiempo de Carguío es afectado por :**

1. El tamaño y tipo de cargador
2. El tipo y condición del material a cargar ( Puede ser grava o arcilla húmeda y pegajosa, piedras medianas o grandes como roca volada )
3. El volumen de la tolva del vehículo
4. Las habilidades del operador tanto para el cargador como para el volquete

#### **3.10.1.2, El tiempo de Acarreo es afectado por :**

La distancia de cada carga que será transportada

1. Las condiciones de la ruta de transporte (Los cuales son los factores de resistencia al rodamiento de cada tramo de la vía, y los coeficientes de tracción de la superficie de la vía)
2. El perfil de la vía (que tan pronunciada pueden ser las pendientes de la vía)
3. Diversas condiciones influyen en la velocidad de transporte y movimiento ( qué direcciones y cambios de pendiente causan aceleración, desaceleración y frenado; la ruta contará con el drenaje correspondientes o la resistencia a la tracción y al rodamiento será variable , habrá puentes o pasos a desnivel en la ruta)
4. Los rendimientos característicos de los vehículos bajo las condiciones de la vía , pendientes y otras adversidades

#### **3.10.1.3. El tiempo de Descarga es gobernado por :**

1. El tipo y condición del material a descargar
2. La forma de manipular el material en la descarga. ( Si es descargado a lo largo de la pendiente del banco, o si es esparcido por compactación, o si va ser descargada en una tolva)
3. El tipo y la operación del equipo de acarreo

#### **3.10.1.4. El Viaje de Retorno**

Es influenciado por los mismos factores que afectan al viaje de ida.



### 3. PRODUCTIVIDAD EN MOVIMIENTO DE TIERRA PARA UNA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERA

#### 3.11. Método del Metrado de Transporte de Material Granular ( $m^3 - Km$ )

Se define :

**D** La distancia real entre el centro de gravedad (CG) del origen de transporte (cantera) y el centro de gravedad (CG) del destino (tramo entre dos progresivas)

**V** El volumen total a transportar desde el banco (cantera)

entonces

Según :

3.11.1. Si la distancia de transporte es  $D \leq 1Km$

■ Metrado de transporte hasta  $1Km$

$$T_E = V \times D \quad (3.1)$$

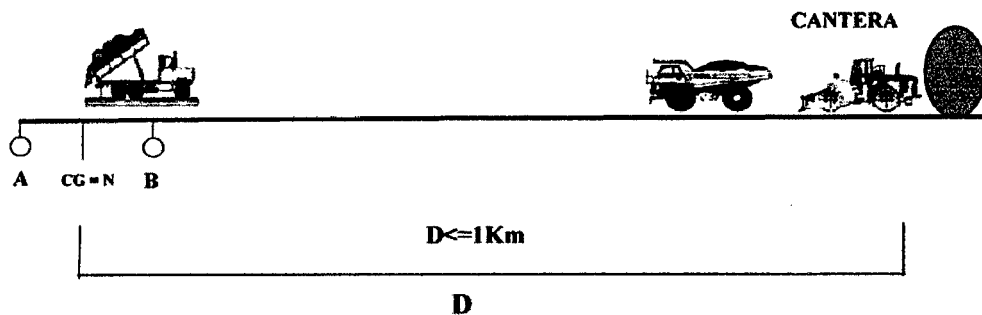


Figura 3.10: Transporte de material  $D \leq 1Km$

Fuente: Propia

Desde	Hasta	Volumen $m^3$	C.G	Origen	Distancia $Km$	TRANSPORTE	
						Hasta 1Km $m^3-Km$	Más de 1Km $m^3-Km$
A	B	V	N	Cantera	D	Te	0

Cuadro 3.5: Metrado de transporte de material  $\leq 1Km$

### 3.11 Método del Metrado de Transporte de Material Granular ( $m^3 - Km$ )

#### 3.11.1.1. El Costo del Transporte de Material Granular si la Distancia es $D \leq 1Km$

El costo total del transporte de material granular se define :

$$CT = T_E \times Cu_{\leq 1Km} \quad (3.2)$$

Donde :

$CT$  Costo total del transporte de material granular

$T_E$  Metrado de transporte de material granular hasta 1 Km

$Cu_{\leq 1Km}$  Costo del transporte de material hasta 1 Km

#### ■ Costo del transporte hasta 1 Km ( $Cu_{\leq 1Km}$ )

Análisis de precios unitarios							
Descripción	MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA ABRA TOCOTO - CONDORCOCHA (RUTA DEPARTAMENTAL AY-122) CHIRIQUÍ						
Subproyecto	GENERAL						
Partida	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR PARA D=1Km						
Relevamiento	MO. 338 8888	FO. 338 8888	Costo unitario directo por m <sup>3</sup>				9.64
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Cantidad	Porción \$	Porción \$	
0147010003	OFICIAL	Hr	1.0000	0.0237	13.74	0.33	
0147010004	PEÓN	Hr	1.0000	0.0237	17.43	0.41	
							0.80
	Equipo						
0349040006	CAMION VOLQUETE 15 m <sup>3</sup>	km	1.0000	0.0237	148.30	3.51	
0349040012	CARGADOR SOBRE LLANTAS 200-250 HP 4-4,1 m <sup>3</sup>	km	1.0000	0.0237	232.67	5.51	
							0.80

Cuadro 3.6: Costo del transporte hasta 1Km ( $Cu_{\leq 1Km}$ )

Descripción:

1. En este análisis de costo unitario se considera el transporte y el carguío con los equipos designados , además del oficial y el peón necesario
2. Los recursos empleados en esta partida definen el costo unitario de s/ 9.64

### 3. PRODUCTIVIDAD EN MOVIMIENTO DE TIERRA PARA UNA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERA

#### 3.11.2. Si la distancia de transporte es $D > 1Km$

- Metrado de transporte hasta  $1Km$

$$T_E = V \times 1 \quad (3.3)$$

- Metrado de transporte más de  $1Km$

$$T_F = V \times (D - 1) \quad (3.4)$$

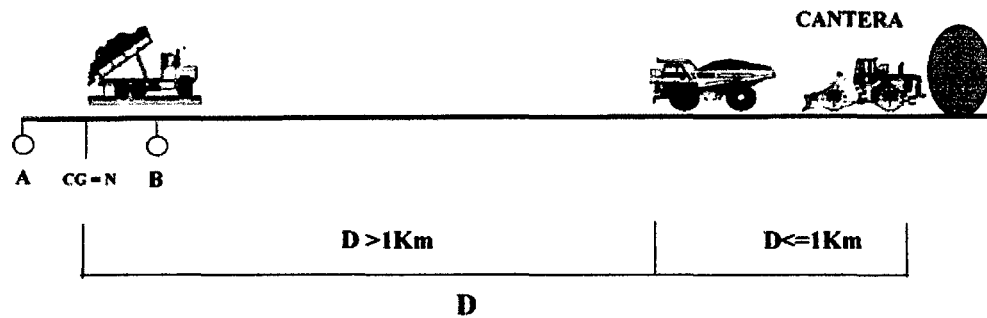


Figura 3.11: Transporte de material  $D > 1Km$

Fuente: Propia

Desde	Hasta	Volumen m <sup>3</sup>	C.G	Origen	Distancia Km	TRANSPORTE	
						Hasta 1Km m <sup>3</sup> -Km	Más de 1Km m <sup>3</sup> -Km
A	B	V	N	Cantera	D	T <sub>E</sub>	T <sub>F</sub>

Cuadro 3.7: Metrado de transporte de material  $> 1Km$

##### 3.11.2.1. Costo del Transporte de Material Granular si la distancia es

$$D > 1Km$$

El costo total del transporte de material granular se define :

$$CT = T_E \times C_{u \leq 1Km} + T_F \times C_{u > 1Km} \quad (3.5)$$

Donde :

$CT$  Costo total del transporte de material granular

$T_E$  Metrado de transporte de material granular hasta 1 Km

$T_F$  Metrado de transporte de material granular mas de 1 Km

### 3.11 Método del Metrado de Transporte de Material Granular ( $m^3 - Km$ )

$Cu_{\leq 1Km}$  Costo del transporte de material hasta 1 Km

$Cu_{>1Km}$  Costo del transporte de material mas de 1 Km

#### ■ Costo del transporte hasta 1 Km ( $Cu_{\leq 1Km}$ )

Análisis de precios unitarios							
Obra	MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA ABRA TOCOTO - CONDORCOCHA (RUTA DEPARTAMENTAL AY-122) CHARA-LOS						
Subproyecto	RECONSTRUCCIÓN, REPARACIÓN Y CAMPAÑA DE AYUDAS						
Partida	07 01	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR PARA 0-1Km					
Presupuesto	MO. 338 0000	FO. 338 0000	Costo unitario directo por m <sup>3</sup>				
							9.64
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Precio \$	Parcial \$		
014701003	OFICIAL	h	1.000	0.0237	13.78	0.33	
014701004	PEÓN	h	1.000	0.0237	12.43	0.26	
	Fuente					0.59	
034901006	CAMION VOLQUETE 45 m <sup>3</sup>	km	1.000	0.0237	148.20	3.51	
034901012	CARGADOR SOBRE LLANTAS 200-250 HP 4-4.1 m <sup>3</sup>	km	1.000	0.0237	227.67	5.51	
						0.82	

Cuadro 3.8: Costo del transporte hasta 1Km ( $Cu_{\leq 1Km}$ )

Descripción:

1. En este análisis de costo unitario se considera el transporte y el carguío con los equipos designados , además del oficial y el peón necesario
2. Los recursos empleados en esta partida definen el costo unitario de s/ 9.64

#### ■ Costo del transporte más de 1Km ( $Cu_{>1Km}$ )

Partida	07 02	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR PARA 1-10Km					
Presupuesto	MO. 1.888.0000	FO. 1.888.0000	Costo unitario directo por m <sup>3</sup>				
							1.19
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Precio \$	Parcial \$		
034901006	CAMION VOLQUETE 45 m <sup>3</sup>	km	1.000	0.0237	148.20	1.19	
						1.19	

Cuadro 3.9: Costo del transporte más de 1Km ( $Cu_{>1Km}$ )

Descripción:

1. En este análisis de costo unitario se considera solamente el transporte
2. El recursos empleados en esta partida definen el costo unitario de s/ 1.19



## Capítulo 4

# Materiales y Métodos

### 4.1. Medición del desempeño según la Guía PM-BOK

Se distinguió que en la Guía del PMBOK, el Grupo de Procesos de Control y Monitorización engloba y describe el **Desempeño del Trabajo**<sup>1</sup>, resaltando así lo siguiente:

"El beneficio clave de este grupo de procesos radica en que el desempeño del proyecto se observa y se mide de manera sistemática y regular, con el fin de identificar variaciones respecto del plan para la dirección del proyecto [3]

Por tanto para lograr los objetivos propuestos en esta investigación se hizo uso de este grupo de procesos, la cual fue explicada a detalle en el Capítulo 2

### 4.2. Metodología aplicando la Técnica de Valor Ganado

A continuación describiremos como hemos utilizado la técnica de valor ganado en esta investigación :

---

<sup>1</sup>La forma en que los colaboradores realizan sus labores en procura de completar las tareas asignadas

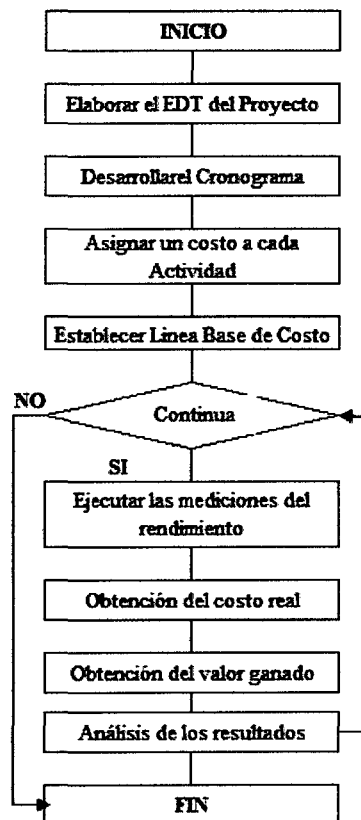


Figura 4.1: Descripción de la técnica de valor ganado

Fuente: propia

### 4.2.1. Pasos iniciales

#### 4.2.1.1. Elaboramos la Estructura de Desglose de Trabajo (EDT) del Proyecto

Recordamos el proceso *crear la EDT*, la cual describimos así : crear la EDT es el proceso de subdividir los entregables<sup>2</sup> del proyecto y el trabajo del proyecto en componentes más pequeños y más fáciles de manejar [1] , considerando así lo definido. Los entregables lo descomponemos a niveles de *paquetes de trabajo*<sup>3</sup> , Pues su costo y su duración de las actividades que componen este paquete de trabajo se pueden estimar y gestionar de manera más confiable.

Así con lo expuesto creamos la EDT :

#### Entradas

- Declaración del alcance del proyecto

<sup>2</sup>Es definido como el resultado de un trabajo que es medible y cuantificable

<sup>3</sup>Es el nivel más bajo definido en la EDT

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

Los entregables del proyecto y el trabajo necesario para crear esos entregables estaban detallados y plasmados en el expediente técnico que se utilizara en la construcción ver Apéndice A

- Documentación de requisitos

Definido el alcance del proyecto, este debía sustentarse con la ingeniería aplicada, lo que avala así un entregable específico. Cabe resaltar que en la investigación trabajamos con un expediente técnico aprobado ver Apéndice A

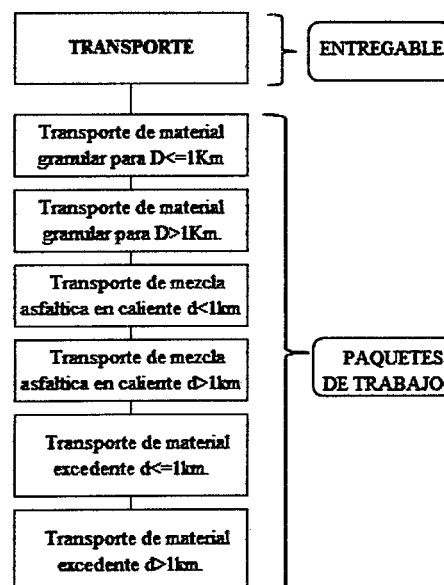
- Activos de los procesos de la organización

Lamentablemente no contábamos con una política, procedimiento y plantilla de la EDT

### Herramientas / Técnicas

- Descomposición

Los Entregables los subdividimos en forma jerárquica hasta paquetes de trabajo, a este nivel podemos monitorearlo y controlarlo



Cuadro 4.1: Descomposición de un entregable

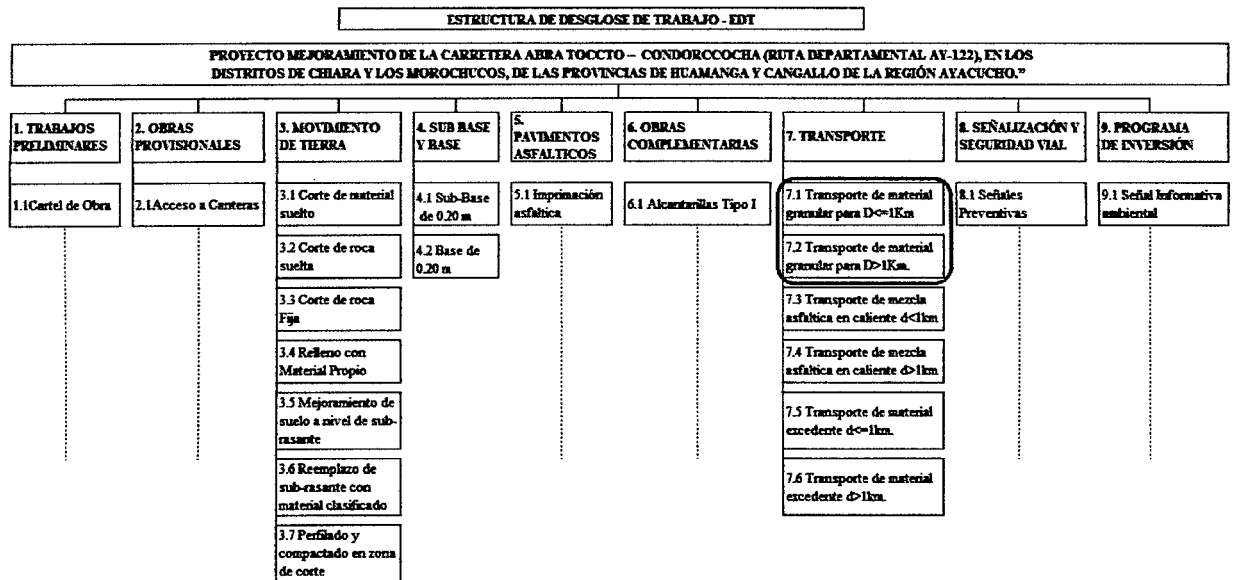
Fuente: propia

### Salidas

- Estructura de Desglose de Trabajo (EDT)

## 4.2 Metodología aplicando la Técnica de Valor Ganado

Finalmente quedo de esta forma , resaltando en un cuadro rojo el *paquete de trabajo* que se va utilizar en la investigación



Cuadro 4.2: Estructura de desglose del trabajo-EDT

Fuente: propia

### 4.2.1.2. Desarrollamos el Cronograma

Según los lineamientos de la Guía PMBOK , debimos seguir con el proceso *desarrollar el cronograma* , explicado en la 2.3.3, la cual se omitió pues se vio que esta información ya esta plasmado en el expediente técnico en la cual nuestro entregable (*transportes* ) y su respectivo paquete de trabajo (*transporte de material granular  $D \leq 1\text{Km}$  -  $D > 1\text{Km}$* ), ya cuentan con una duración definida ver ApéndiceA

### 4.2.1.3. Asignamos un costo a cada actividad

Después de haber creado el EDT respectivo , identificamos nuestro entregable (*transportes* ) y su respectivo paquete de trabajo (*transporte de material granular  $D \leq 1\text{Km}$  -  $D > 1\text{Km}$* ) con la cual trabajamos en la investigación y cuyo costo esta calculado en el presupuesto del expediente técnico , razón por la cual también se omitió el *proceso estimar costos* explicado en 2.3.4

### 4.2.1.4. Establecemos la linea base (costo-tiempo)

A este nivel podemos resumir las variables de los pasos iniciales y establecer así la linea base o *valor planificado* (PV) del paquete de trabajo cuyo rendimiento se



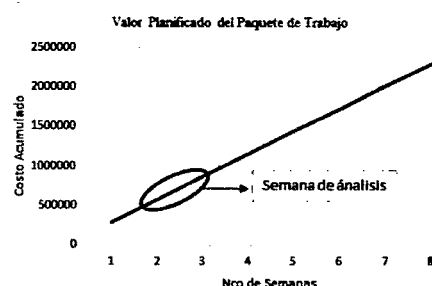
## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

va medir :

**Entregable :** *transporte*

**Paquete de Trabajo:** *transporte de material granular  $D \leq 1\text{Km}$  -  $D > 1\text{Km}$*

ENTREGABLE	TRANSPORTE (m <sup>3</sup> -km)											
	Transporte de Material Granular $D \leq 1\text{Km}$				Setiembre				Octubre			
	Transporte de Material Granular $D > 1\text{Km}$											
Paquetes de Trabajo	Unid	Métrado	Costo Unitario	Presupuesto	1er Sem.	2do Sem.	3ra Sem.	4ta Sem.	5ta Sem.	6ta Sem.	7ma Sem.	8va Sem.
Transporte de Material Granular $D \leq 1\text{Km}$	m <sup>3</sup> -km	13,215.16	9.64	S/. 127,394.14	15924.27	15924.27	15924.27	15924.27	15924.27	15924.27	15924.27	15924.27
Transporte de Material Granular $D > 1\text{Km}$	m <sup>3</sup> -km	1,825,650.39	1.19	S/. 2,172,523.96	271565.5	271565.5	271565.5	271565.5	271565.5	271565.5	271565.5	271565.5
Costos Semanales					287489.8	287489.8	287489.8	287489.8	287489.8	287489.8	287489.8	287489.8
Costos Acumulados					287489.8	574979.5	862469.3	1149959	1437449	1724939	2012428	2299918



Cuadro 4.3: Valor planificado del paquete de trabajo

No obstante se limito a una 1 semana la muestra para la recopilación de datos de desempeño y deduciendo la idea general se trabajo de la misma manera para establecer el valor planificado , quedando así :

### PLANILLA DE MÉTRADOS

**PROYECTO :** MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA ABRA TOCCTO - CONDORCCOCHA (RUTA DEPARTAMENTAL AY-122), EN LOS DISTRITOS DE CHIARA Y LOS MOROCHUCOS, DE LAS PROVINCIAS DE HUAMANGA Y CANGALLO DE LA REGIÓN AYACUCHO.

#### TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR PARA BASE

Ubicación					Base Granular (m³)	Cantera CELLOCCASA				DI= 0.12	
Inicio (km)	Final (km)	Long. (m)	C.G. (km)	Ubicación (km)		0.080	Transporte de material granular (m³.km)				
				Acceso (km)		14.600					
				Distancia de transporte (km)		%				Material (m³)	Momento de transporte (m³.km)
4+480	4+980	500.00	4.73	833.69	19.33	100%	833.69	16,115.26	733.65	15,281.60	
4+980	5+500	520.00	5.24	840.26	19.84	100%	840.26	16,670.76	739.43	15,830.50	
				1,673.95			1,673.95	32,786.02	1,473.08	31,112.10	

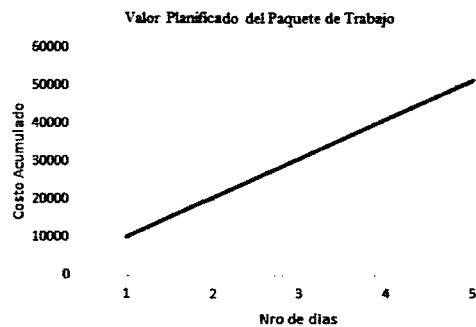
  

Cantera	Material a transportar (m³)	Transporte de material granular (m³.km)	
		D <= 1 KM	D > 1 KM
Cantera CELLOCCASA	1,673.95	1,473.08	31,112.10
TOTAL	1,673.95	1,473.08	31,112.10

Cuadro 4.4: Metrado del transporte de material granular en la semana de análisis

## 4.2 Metodología aplicando la Técnica de Valor Ganado

ENTREGABLE	TRANSPORTE (m3-km)									
Paquetes de Trabajo	Transporte de Material Granular D<= 1Km									
	Transporte de Material Granular D> 1Km					1 Semana				
Actividad	Uní	Metrado	Costo Unitario	Presupuesto		1er día	2da día	3er día	4to día	5to día
Transporte de Material Granular D<= 1Km	m3-km	1,473.08	9.64	S/. 14,200.47		2840.094	2840.094	2840.094	2840.094	2840.094
Transporte de Material Granular D> 1Km	m3-km	31,112.10	1.19	S/. 37,023.40		7404.68	7404.68	7404.68	7404.68	7404.68
Costos Semanales						10244.77	10244.77	10244.77	10244.77	10244.77
Costos Acumulados						10244.77	20489.55	30734.32	40979.09	51223.87



Cuadro 4.5: Valor planificado del paquete de trabajo de la semana en análisis

Finalmente los Cuadros 4.4 y Cuadros 4.5 , nos resume el valor planificado del paquete de trabajo en la semana de análisis, lo cual nos lleva ah considerar lo siguiente:

Los recursos para ejecutar este trabajo con valor planificado son 5 volquetes, 1 cargador frontal

Dada la limitación de mi investigación, los datos de desempeño corresponde a un solo *volquete*

Lo que buscamos es tener un valor planificado correspondiente a un solo volquete, por lo que dividimos los metrados entre 5 , quedando finalmente así los valores con los que vamos a trabajar

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### PLANILLA DE METRADOS

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA ABRA TOCCTO - CONDORCCOCHA (RUTA DEPARTAMENTAL AY-123), EN LOS DISTRITOS DE CHIARA Y LOS MOROCHUCOS, DE LAS PROVINCIAS DE HUAMANGA Y CANGALLO DE LA REGIÓN AYACUCHO.

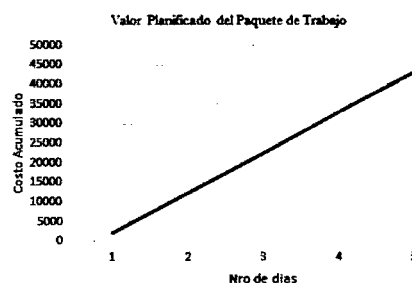
### TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR PARA BASE

Ubicación				Base Granular (m³)	Cantera CELLOCCASA						DI= 0.12	
Inicio (km)	Final (km)	Long. (m)	C.G. (km)		Ubicación (km)			0.000	Transporte de material granular (m³.km)	D <= 1 km	D > 1 km	
					Acceso (km)		14.600					
					Distancia de transporte (km)	%	Material (m³)	Momento de transporte (m³.km)				
4+480	4+980	500.00	4.73	166.74	19.33	100%	166.74	3,223.05	146.73	3,056.30		
4+980	5+500	520.00	5.24	168.05	19.84	100%	168.05	3,334.15	147.89	3,166.10		
				334.79			334.79	6,557.20	294.62	6,222.40		

Cantera	Material a transportar (m <sup>3</sup> )	Transporte de material granular (m <sup>3</sup> km)	
		D <= 1 KM	D > 1 KM
Cantera CELLOCCASA	334.79	294.62	6,222.40
TOTAL	334.79	294.62	6,222.40

Cuadro 4.6: Metrado de la semana en análisis para 1 volquete

ENTREGABLE	TRANSPORTE (m <sup>3</sup> -km)					1 Semana				
	Transporte de Material Granular D<= 1Km									
	Transporte de Material Granular D> 1Km									
Paquetes de Trabajo	Unid	Metrado	Costo Unitario	Presupuesto	1er día	2da día	3er día	4to día	5to día	
Transporte de Material Granular D<= 1Km	m <sup>3</sup> -km	294.62	9.64	S/. 2,840.09	568.0187	2840.094	2840.094	2840.094	2840.094	
Transporte de Material Granular D> 1Km	m <sup>3</sup> -km	6,222.40	1.19	S/. 7,404.66	1480.931	7404.68	7404.68	7404.68	7404.68	
Costos Semanales					2048.95	10244.77	10244.77	10244.77	10244.77	
Costos Acumulados					2048.95	12293.72	22538.5	32783.27	43028.04	



Cuadro 4.7: Valor planificado de la semana en análisis para 1 volquete

### 4.2.2. Pasos repetitivos

#### 4.2.2.1. Ejecutamos las mediciones de rendimiento

Para tal efecto utilizaremos el formato creado ver Apéndice C y recopilamos las variables que son muy importantes para evaluar el desempeño del trabajo específico.

A continuación detallamos los datos necesarios de la unidad de transporte<sup>4</sup>

1. Horómetro inicial
2. Horómetro final
3. Kilometraje inicial
4. Kilometraje final
5. Progresiva inicial
6. Progresiva final
7. Hora de llegada de inicio
8. Hora de salida de inicio
9. Hora de llegada final
10. Hora de salida final
11. Actividad desarrollada

#### 4.2.2.2. Obtención del costo real (AC)

Al terminar la recopilación de datos y con el valor planificado establecido, continuamos con la metodología de la técnica de valor ganado calculando el costo real [21] 2.4.6

- El costo real no es una indicación del progreso de trabajo físico sino solo es un indicador de cuanto se ha gastado (S/) realmente, en la Figura 4.2 se describe lo que se utilizó para calcular el costo real en la investigación

---

<sup>4</sup>Son los volquetes utilizados son generalmente son de 15 cubos de capacidad

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

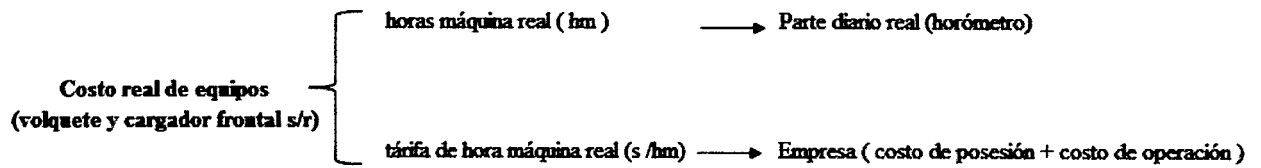


Figura 4.2: Obtención del costo real en la investigación

Fuente: propia

- El formato del parte diario utilizado donde se detalla el horómetro y la producción del volquete se puede ver en el Apéndice C
- Los calculos de las tarifas de las horas máquinas reales (volquete y cargador frontal ) se puede ver en el Apéndice D

Por lo tanto el costo real se calcula :

$$\text{Costo} - \text{real} = \text{horas máquina real} \times \text{tarifa de horas máquina real}$$

### 4.2.2.3. Obtención del valor ganado (EV)

Es el costo del trabajo realmente ejecutado, en la Figura 4.3 se describe lo que se utilizo para calcular el valor ganado en la investigación [5]

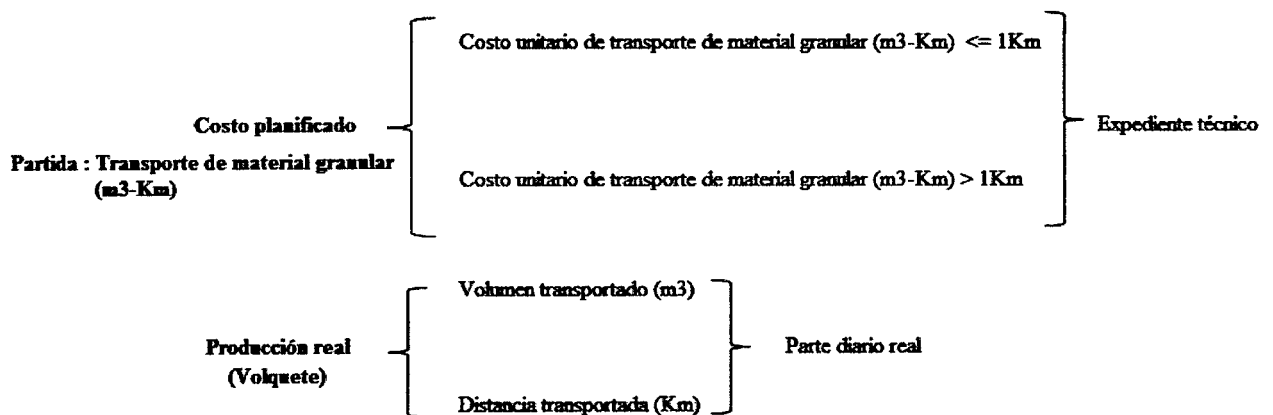


Figura 4.3: Obtención del costo planificado en la investigación

Fuente: propia

- Nuestra producción de transporte (m3-Km) para  $\leq 1\text{Km}$  y  $> 1\text{Km}$  se calcula de acuerdo a 4.3.1 utilizando los datos de la producción real ver Apéndice C

### 4.3 Informe de productividad como sustento de las mediciones de desempeño

---

- Se hace uso del análisis de costo unitario del expediente técnico ver Apéndice A

Por lo tanto el valor ganado se calcula :

*Valor – ganado( $\leq 1Km$ ) = Producción de transporte ( $\leq 1km$ ) x costo unitario de transporte de material granular ( $\leq 1km$ )*

*Valor – ganado( $> 1Km$ ) = Producción de transporte ( $> 1km$ ) x costo unitario de transporte de material granular ( $> 1km$ )*

$$Valor - ganado = Valor - ganado(\leq 1Km) + Valor - ganado(> 1Km)$$

#### 4.2.2.4. Analizamos los resultados

La descripción ah detalle de cada uno estos elementos esta dado en 2.4.7

1. Análisis de variación (SV-CV)
2. Indice de desempeño de cronograma (SPI)
3. Indice de desempeño de costo (CPI)
4. Indice costo-programación (CSI)

### 4.3. Informe de productividad como sustento de las mediciones de desempeño

Los resultados al utilizar la técnica de valor ganado , son evaluados de forma que este informe nos detalla de manera objetiva el desempeño real del entregable específico, obteniendo :

#### 4.3.1. Producción de transporte ( $m^3 - km$ )

La unidad de pago del Transporte es ( $m^3 - km$ ) , por tal razón lo consideramos parte del informe de productividad , pues nos brinda la medida exacta de lo que se va pagar , según la EG-2013[17], tenemos la formula :

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

---

### 4.3.1.1. Materiales provenientes de cantera

Se considera el transporte del material desde el centro de gravedad de la cantera hasta el centro de gravedad del **Km** que requiere el uso del material en su posición final compactado, descontando la distancia libre de transporte (120 m.)[17]

$$T = v_{i-j} \times (c + d) \quad (4.1)$$

$T$  = Transporte a pagar ( $m^3 - km$ )

$v_{i-j}$  = Volumen de material en su posición final de colocación entre progresivas  $i - j$  ( $m^3$ )

$c$  = La distancia (km) correspondiente al tramo de acceso desde la carretera hasta la cantera, medida desde el centro de gravedad de la cantera hasta el centro de gravedad de la cantera hasta el centro de gravedad de uso del material en la vía entre progresivas  $i - j$

$d$  = la distancia (km) desde el empalme con la carretera del tramo de acceso a la cantera hasta el centro de gravedad de uso del material en la vía entre las progresivas  $i - j$

### 4.3.2. Volumen transportado ( $m^3$ )

Consideramos esta medida útil para las comparaciones entre el valor planificado Cuadro 4.11 y el trabajo físicamente realizado

### 4.3.3. Ratio de transporte semanal $\left(\frac{S/}{m^3 - km}\right)$

**4.3.3.1. Productividad :** La productividad se define como la relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados, matemáticamente está dada por la relación :

$$Productividad = \frac{Producción}{Recursos} \left( \frac{m^3 - km}{S/} \right) \quad (4.2)$$

### 4,3 Informe de productividad como sustento de las mediciones de desempeño

**4.3.3.2. Ratio :** Representa el consumo de recursos por unidad de producción , matemáticamente está dada por la relación :

$$Ratio = \frac{Recursos}{Producción} \left( \frac{S/}{m^3 - km} \right) \quad (4.3)$$

En ambos casos se ve que uno puede representarse como la inversa del otro , por lo que el análisis de la productividad se sugiere hacerlo a través de unidades monetarias en función de ratios

**4.3.3.3. Ratio planificado o esperado:** Este valor se deduce del metrado y análisis de costo de unitario Cuadro 4.6 y Cuadro 4.7

$$Ratio - planificado = \frac{Costo - programado}{Producción - programada} \quad (4.4)$$

**4.3.3.4. Ratio real:** Este valor se deduce de los datos de desempeño tomados en campo

$$Ratio - real = \frac{Costo - real}{Producción - real} \quad (4.5)$$

La obtención de las variables del ratio real se explica en la siguiente figura :

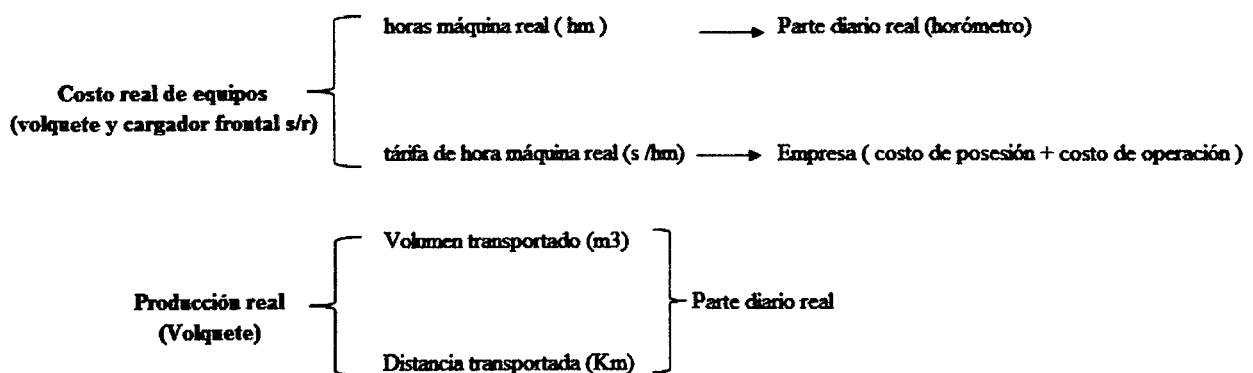


Figura 4.4: Obtención del ratio real en la investigación

Fuente: propia



## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

---

### 4.3.4. Tiempo promedio de espera y carga (*min*)

$$Tiempo_{espera-carga} = Hora_{inicial-salida} - Hora_{inicial-llegada} \quad (4.6)$$

- Esta medida nos permite identificar si existe una restricción entre el operador y máquina , y con lo cual podamos comparar con los tiempos promedios establecidos [19]

### 4.3.5. Tiempo promedio de espera y descarga (*min*)

$$Tiempo_{espera-descarga} = Hora_{final-salida} - Hora_{final-llegada} \quad (4.7)$$

- Esta medida nos permite identificar si existe una restricción entre operador y máquina , y con lo cual podamos comparar con los tiempos promedios establecidos [19]

### 4.3.6. Tiempo promedio de espera y carga por volquete (*min*)

$$Tiempo_{espera-carga} = Hora_{inicial-salida} - Hora_{inicial-llegada} \quad (4.8)$$

- Esta medida nos permite identificar si existe una restricción entre operador y máquina , y con lo cual podamos comparar con los tiempos promedios establecidos [19]

### 4.3.7. Distribución de tiempo por tipo de trabajo

Son períodos de tiempo representativos a cada categoría de :

- Trabajo productivo
- Trabajo contributorio
- Trabajo no contributorio

Las actividades propias del volquete durante el día definen estos trabajos , las cuales debemos identificar ver Apéndice C después de tomar los datos de desempeño

### 4.3.8. Distribución del trabajo productivo - TP (*h*)

Es el trabajo que aporta en forma directa a la producción . Ejemplo :

- Transporte de Material de Base:

*Trabajo – productivo = Tiempo de ida*

### 4.3.9. Distribución del trabajo contributorio - TC (*h*)

El Trabajo de apoyo que debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo, pero que no aportan valor. Ejemplo:

- Espera y Retorno del Transporte de Material de Base:

*Trabajo – contributorio = Tiempo de espera y carga + Tiempo de espera y descarga + Tiempo de vuelta*

### 4.3.10. Distribución del trabajo no contributorio - TNC (*h*)

Cualquier actividad que no genera valor, y que cae directamente en la categoría de pérdida. Son actividades que no son necesarias y tienen un costo. Ejemplo :

- Tiempo en limpieza de tolva
- Tiempo en abastecimiento de combustible
- Tiempo de equipo en reparación
- Desayuno y/o Almuerzo del Operador , etc

### 4.3.11. Horas consumidas y proyectadas al mes (*h*)

Se deduce de la función que cumple la *Carta balance*<sup>5</sup>, es decir balancear los equipos para que puedan cumplir sus horas mínimas que son 230 horas

## 4.4. Implementación Informática de MepCat

En esta parte explicaremos la estructura propuesta para el programa elaborado en Matlab [22] , la cual nos permitirá obtener los resultados que engloban el informe de productividad

---

<sup>5</sup>herramienta de la filosofía Lean Construcción

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.4.1. Estructura del Programa

El programa se define como una secuencia de rutinas funcionales , la cual esta enmarcado en el diagrama de flujo expuesto

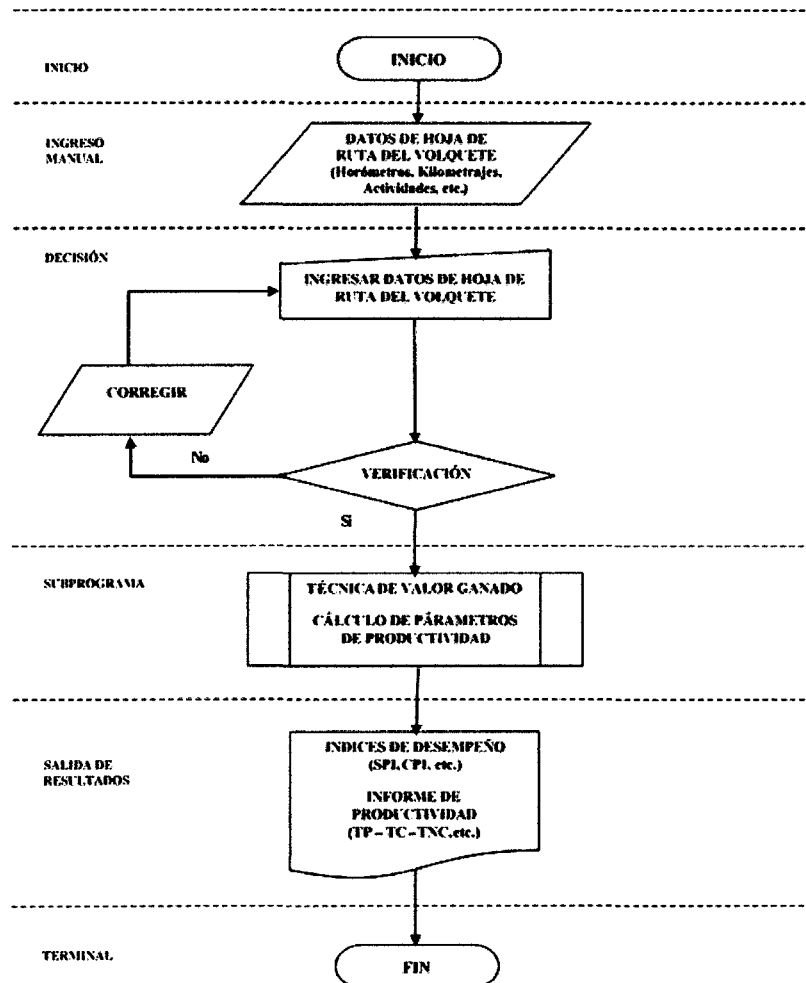


Figura 4.5: Diagrama de flujo del programa

### 4.4.2. Interfaz Gráfica de Usuario del MepCat

La interfaz gráfica es la siguiente

## 4.4 Implementación Informática de MepCat

**SISTEMA DE MEDICION DE PRODUCTIVIDAD EN MOVIMIENTO DE TIERRA**

REGISTRO - Hoja de ruta para volquetes

Hoja Ruta

Nro. Hoja Ruta:  Proyecto:  Abra-Tecido-Condorcocha Fecha:

Empresa:  JB-INGENIEROS Equipo:

Turno:  Horometro Inicial:  Horometro Final:

Inicio Jornada:  Fin Jornada:  Kilometraje Inicial:  Kilometraje Final:

Responsables

Codigo:  Nombres:  Cargo:

Operador de Equipo:

Observacion

Actividad:  Tipo de Trabajo:  Buscar:  Equipo Cargado:

Inicio

Ubica. Inicial:  Nueva Ubica.:

Prog. Inicial:  Acceso Inicial ( Km )

Hora llega:  Hora Salida:

Fin

Ubica. Final:  Nueva Ubica.:

Prog. Final:  Acceso Final ( Km )

Hora llega:  Hora Salida:

	Ubi.Ini	Acc.Ini	Prog.Ini	H.Ini	H.Fin	Ubi.Fin	Acc.Fin	Prog.Fin	H.Ini	H.Fin	Des.Equipo	Cod.Equipo	Des.Activida
E1													
E2													
E3													
E4													
E5													
E6													

Figura 4.6: Interfaz gráfica del usuario - MepCat

### 4.4.3. Datos Necesarios para la Aplicación de MepCat

El programa se concibió buscando resultados de productividad para Movimiento de Tierra . Pero se limita para esta investigación al *transporte de material granular* (material de Base)

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

**SISTEMA DE MEDICION DE PRODUCTIVIDAD EN MOVIMIENTO DE TIERRA**

REGISTRO - Hoja de ruta para volquetes

**Hoja Ruta**

Nro. Hoja Ruta:  Proyecto:  TOCCTO CONDORDOCHA Fecha:

Empresa:  JB - INGENIEROS Equipo:  VOLQUETE

Turno:  Horometro Inicial:  Horometro Final:

Inicio Jornada:  Fin Jornada:  Kilometraje Inicial:  Kilometraje Final:

**Responsables**

Codigo:  Nombre:  Cargo:

**Observacion**

Actividad:  Tipo de Trabajo:  Equipo Cargado:

**Inicio**

Ubica. Inicial:  Acceso Inicial (Km):  Hora Inga:  Hora Salida:  Prog. Inicial:

**Fin**

Ubica. Final:  Acceso Final (Km):  Hora Inga:  Hora Salida:  Prog. Final:

	Ubini	Acc.Ini	Prog.Ini	H.Ini	H.Fin	Ubifin	Acc.Fin	Prog.Fin	H.Ini	H.Fin	Des.Equipo	Cod.Equipo	Des.Actividad
E1	Campamento JB	0.0200	9.2000	6.3000	6.3000	Campamento JB	0.0200	9.2000	6.4000	6.4000	VOLQUETE	06-2189	CALENTAMIENTO
E2	Campamento JB	0.0200	9.2000	6.4000	6.4000	Cantiera Coellocasca	14	0	7.0500	7.0500	VOLQUETE	06-2189	TRASLADO AL PUNTO DE TRABAJO
E3	Cantiera Coellocasca	14	0	7.0500	7.0700	Tramo	0	5.5000	7.4200	7.4500	VOLQUETE	06-2189	TRANSPORTE DE MATERIAL PARA BA
E4	Cantiera Coellocasca	14	0	8.2500	8.2700	Tramo	0	5.4400	9.0500	9.4800	VOLQUETE	06-2189	TRANSPORTE DE MATERIAL PARA BA
E5	Cantiera Coellocasca	14	0	9.4500	9.4800	Tramo	0	5.3800	10.2500	10.2900	VOLQUETE	06-2189	TRANSPORTE DE MATERIAL PARA BA
E6	Cantiera Coellocasca	14	0	11.0500	11.0900	Tramo	0	5.3200	11.4900	12.0200	VOLQUETE	06-2189	TRANSPORTE DE MATERIAL PARA BA

Figura 4.7: Interfaz gráfica del usuario - MepCat

Descripción :

1. **Datos generales del volquete** : Son datos específicos de cada volquete por día , se definen los horómetros inicial y final, el kilometraje inicial y final, fecha, placa y las hoja de ruta correspondiente del día y el proyecto a que pertenece
2. **Datos generales del operador** : Se especifica el DNI, nombre y apellidos y cargo
3. **Actividad** : Se escoge la actividad y su tipo de trabajo y el equipo de carguío
4. **Inicio y fin** : Se especifica la ubicación inicial y final, la hora de llegada y salida, las progresivas inicial y final y los accesos inicial y final
5. **Guardar y nuevo** : Guardar los datos generales del volquete y crear un nuevo hoja de ruta
6. **Adicionar, importar/exportar e informe** : adicionar cada actividad del volquete ala hoja de ruta , importar/exportar hojas de ruta y el informe de productividad

### 4.4.4. Interfaz gráfica del informe de productividad

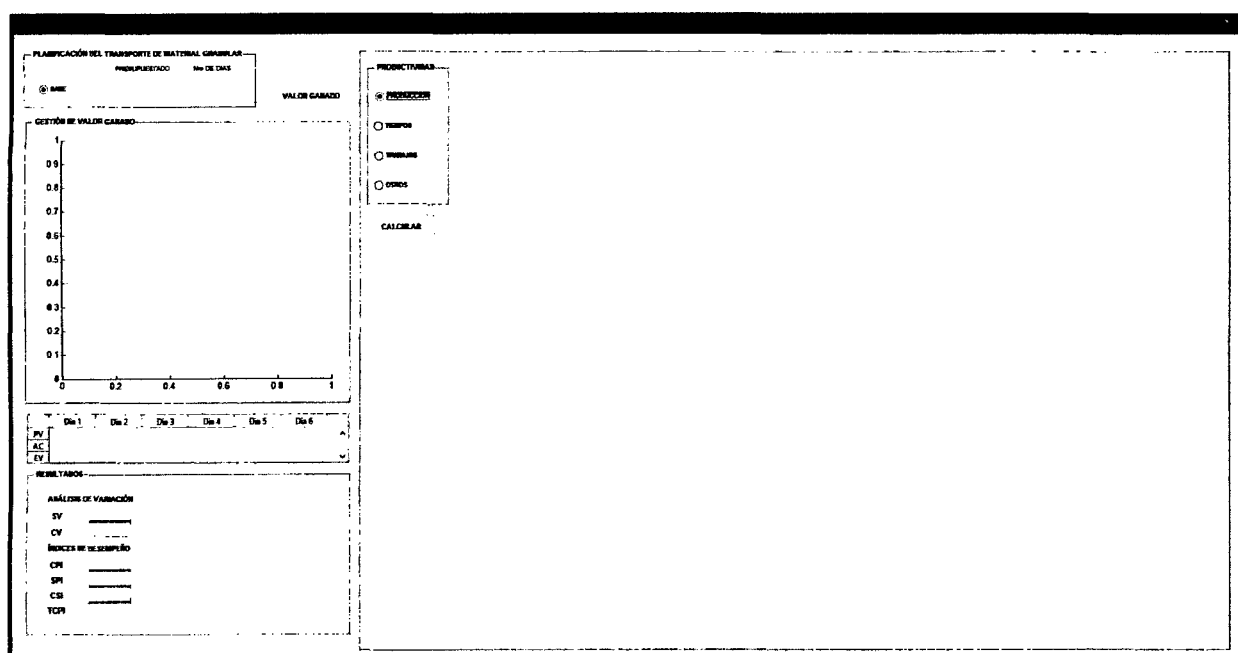


Figura 4.8: Interfaz gráfica del informe de productividad

## Capítulo 5

### Resultados y Discución.

#### 5.1. Consideraciones Previas

El objetivo en esta investigación busca un sustento del desempeño del proyecto , por este motivo es muy importante la recopilación de los datos que definen el avance en el trabajo , es asi que los resultados expuestos son muestra de la forma de trabajo direccionada por el responsable a cargo por lo que el tiempo de 1 semana fue necesaria para poder entender el alcance total del proyecto y la complejidad que esta involucra

## 5.2. Aplicación del Programa MepCat a un Proyecto Real

La aplicación se dio en el proyecto " MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA ABRA TOCCTO – CONDORCCOCHA (RUTA DEPARTAMENTAL AY-122), EN LOS DISTRITOS DE CHIARA Y LOS MOROCHUCOS, DE LAS PROVINCIAS DE HUAMANGA Y CANGALLO DE LA REGIÓN AYACUCHO." . Teniendo en cuenta lo siguiente :

1. Se determino analizar la partida de transporte de material granular ( material de base) con el objetivo de sustentar la evaluación de su desempeño
2. Durante la toma de datos se vio que se coloco la capa base entre las progresivas 4+480 - 5+500, como se ve en la Figura 5.1

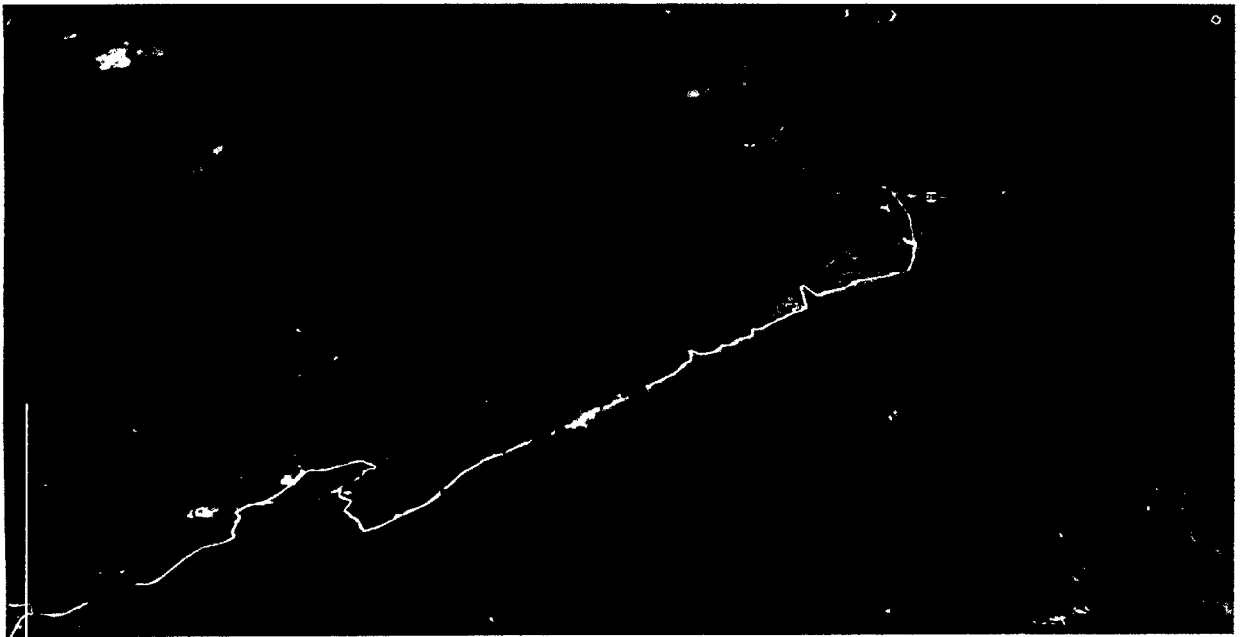


Figura 5.1: Transporte de material de base entre las progresivas 4+480 - 5+500

Fuente: propio



## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

---

### 5.2.1. Evaluación del Desempeño del Transporte de Material

#### Granular (Material para Base) $D \leq 1\text{Km} - D > 1\text{Km}$

Utilizamos MepCat para generar el Valor Ganado , mencionado lo siguiente:

- El volquete en análisis lo denominaremos **volquete A**<sup>1</sup>
- La cantidad de volquetes que trabajaron en la semana de análisis fueron 5, pero nuestra evaluación de desempeño se limita al **volquete A** , lo cual involucra dividir el valor planificado en 5
- La evaluación del desempeño del trabajo del **volquete A** se evalúa al 5to día
- El valor planificado (VP) = S/10,245 , y los datos del metrado se encuentran en el Cuadro 4.6 y Cuadro 4.7
- Para calcular nuestro **costo real** se utilizaron las horas máquinas reales calculadas ver Apéndice D
- Hora máquina real del camión volquete 15 m<sup>3</sup> - 440 HP = S/168.70
- Hora máquina real del cargador frontal s/r de 200-250 HP , 4-4.1 yd<sup>3</sup> = S/257.70
- Para calcular nuestro **valor ganado** se utilizaron nuestra producción real de los partes diarios ver Apéndice C y los costos unitarios del expediente técnico ver Apéndice A

---

<sup>1</sup>Volquete con el que se trabajó durante la semana cuya placa es I36-2189

## 5.2 Aplicación del Programa MepCat a un Proyecto Real

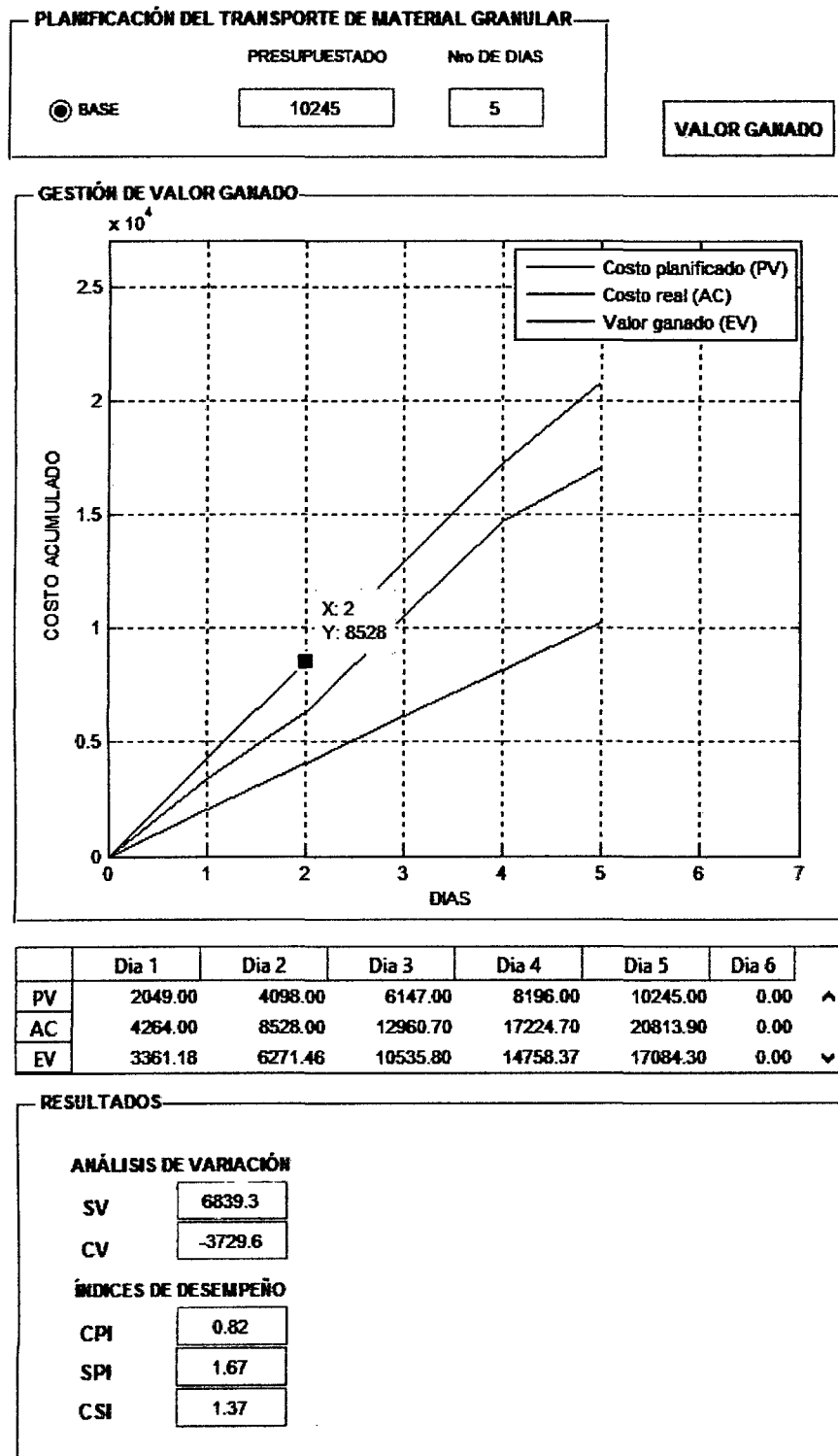


Figura 5.2: Resultados de la técnica de valor ganado aplicando MepCat  
Fuente: propio

### Validación

A continuación detallamos los resultados al utilizar el MepCat. 5.2.1

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

---

### **Variación de cronograma (SV) = 6839**

La variación de cronograma resulto positivo lo que significa que después de trabajar 5 días estamos adelantados , es decir nuestro valor planificado para nuestro *volquete A* ver Cuadro 4.7 no representa realmente su producción ejecutada en 1a semana de análisis, deduciendo así que los 4 volquetes no tienen el mismo rendimiento que el *volquete A*

### **Variación de costos (CV) = -3729.6**

La variación de costos resulto negativo lo que significa que en estos 5 días hemos gastado más de lo que realmente hemos ejecutado

### **Indice de desempeño de costo (CPI) = 0.82**

Hasta el 5to día el costo de transporte de material granular esta por encima del presupuesto. Los costos reales (AC) son mayores al valor del trabajo físicamente ejecutado (EV)

### **Indice de desempeño de cronograma (SPI) = 1.67**

Hasta el 5to día el transporte de material granular esta adelantado con respecto al cronograma , esto manifiesta mucha lógica porque su valor planificado para el *volquete A* fue establecido dividiendo entre cinco<sup>2</sup> la producción ejecutado en 1 semana , y sin considerar su rendimiento historico

### **Indice de costo - Programación (CSI ) = 1.37**

estamos muy bien y el proyecto no corre peligro

---

<sup>2</sup>En el transporte de material granular durante la semana trabajaron 5 volquetes

### 5.2.2. Sustento del Desempeño del Transporte de Material Granular (Material para Base) $D \leq 1\text{Km} - D > 1\text{Km}$

Utilizamos MepCat para generar el Informe de Productividad, mencionando lo siguiente:

- Las actividades semejantes que desarrollan los volquetes y que son partes de un trabajo específico se agrupan en paquetes, es así que el transporte de material de base se agrupó al paquete de actividades de *pavimentos* ver Apéndice B
- Cada actividad desarrollada por el volquete corresponde a un tipo de trabajo ya sea productivo, contributivo y no contributivo, la cual está descrita ver Apéndice B
- La recopilación de datos se dio para el **Volquete A** y se realizó durante 5 días para lo cual se utilizó el formato del parte diario elaborado ver Apéndice C
- El equipo de carguío es un cargador frontal s/r Caterpillar 962H de 200-250 HP 4-4.1 yd<sup>3</sup>

#### 5.2.2.1. Producción de Transporte ( $m^3 - Km$ )

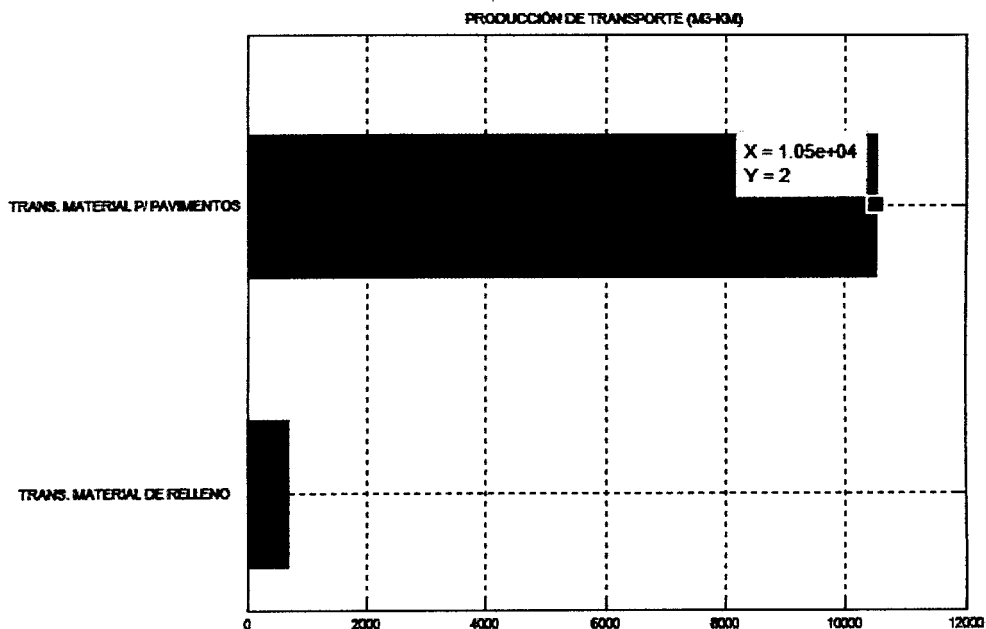


Figura 5.3: Producción de transporte de material granular

Validación

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

- la producción de transporte de material de base en los 5 días es de  $T = 10500m^3 - km$  comparándolo con nuestro valor planificado  $T = 6517m^3 - km$  ver Cuadro 4.7
- La diferencia  $T = 3983m^3 - km$  , nos indica que los 4 volquetes restantes no rinden como el *volquete A*
- Si tomamos como valor base  $T = 10500m^3 - km$  y los multiplicamos por 5 (cantidad de volquetes) tendríamos  $T = 52500m^3 - km$
- Entre las progresivas 4+480 y 5+500 , el metrado al transporte de material granular es de  $T = 32585m^3 - km$  ver Cuadro 4.4
- Por lo tanto con el rendimiento del *volquete A* el trabajo solo necesitaba de 3 volquetes

### 5.2.2.2. Volumen Transportado ( $m^3$ )

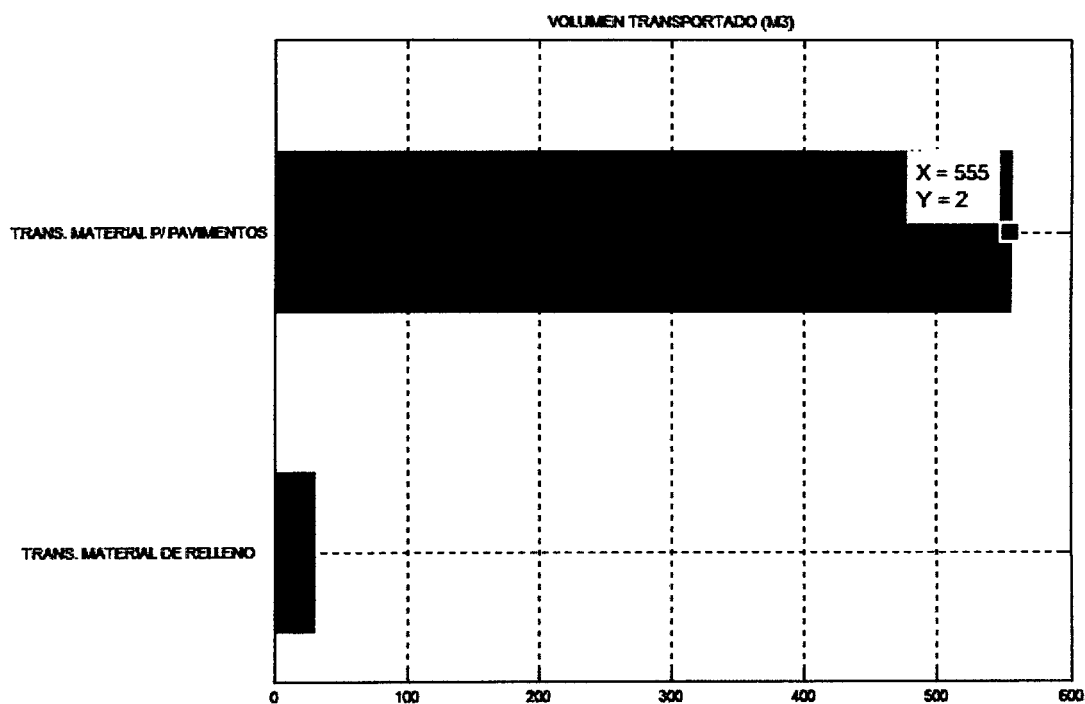


Figura 5.4: Volumen transportado de material granular

### Validación

- El Volumen transportado de material de base es  $V = 555m^3$  comparándolo con nuestro valor planificado  $V = 335m^3$  ver Cuadro 4.6

## 5.2 Aplicación del Programa MepCat a un Proyecto Real

- La diferencia  $V = 220m^3$ , nos indica que los 4 volquetes restantes no rinden como el *volquete A*
- Si tomamos como valor base  $V = 555m^3$  y los multiplicamos por 5 (cantidad de volquetes) tendríamos  $V = 2775m^3$
- Entre las progresivas 4+480 y 5+500, el metrado del volumen de material granular es de  $V = 1673,95m^3$  ver Cuadro 4.4

### 5.2.2.3. Ratio ( $\$/m^3 - km$ )

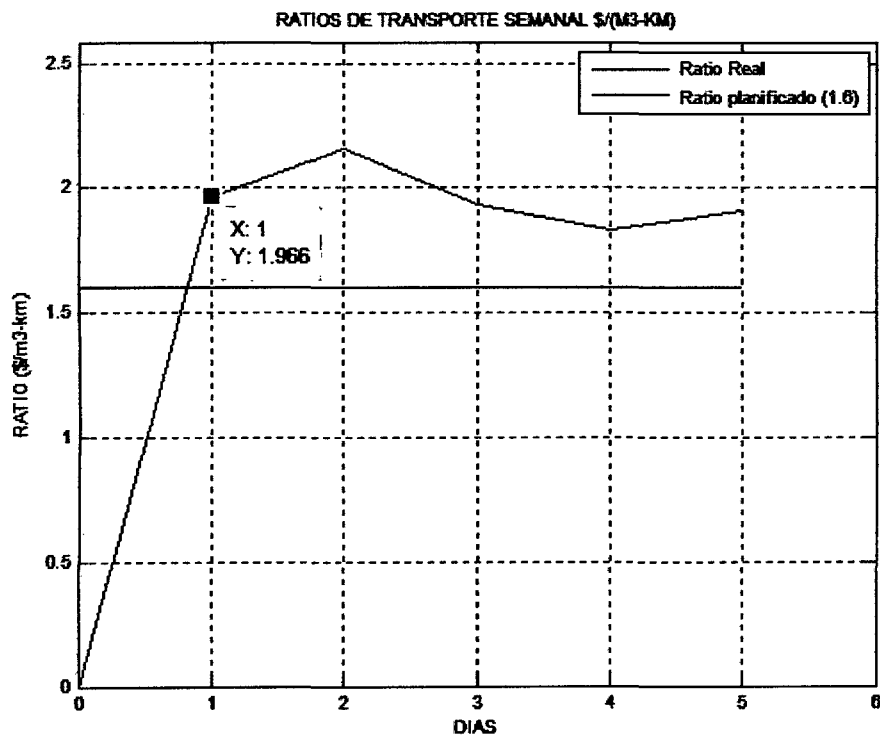


Figura 5.5: Volumen transportado de material granular

### Validación

- Nuestro ratio planificado es  $1,6 \frac{\$}{km-m^3}$  y esto se deduce del cociente entre el valor planificado  $VP = S/10254$  y su metrado de  $Pr = 6517km - m^3$  ver Cuadro 4.7
- Nuestro ratio real varía de acuerdo a los días, el 1er día es  $1,966 \frac{\$}{km-m^3}$  ver 4.3.3
- En los 5 días nuestro ratio fue mayor, definiendo así que nuestro costo es mayor que lo planificado, pero cabe mencionar que nuestro avance real también fue

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

mayor al planificado, sería un mal indicador si nuestro avance real sea menor al planificado pero sus costos sean mayores

- El ratio planificado es muy tolerante porque no se considero los rendimientos históricos para definir el valor planificado del *volquete A*

### 5.2.2.4. Tiempo Promedio de Espera y Carga(*min*)

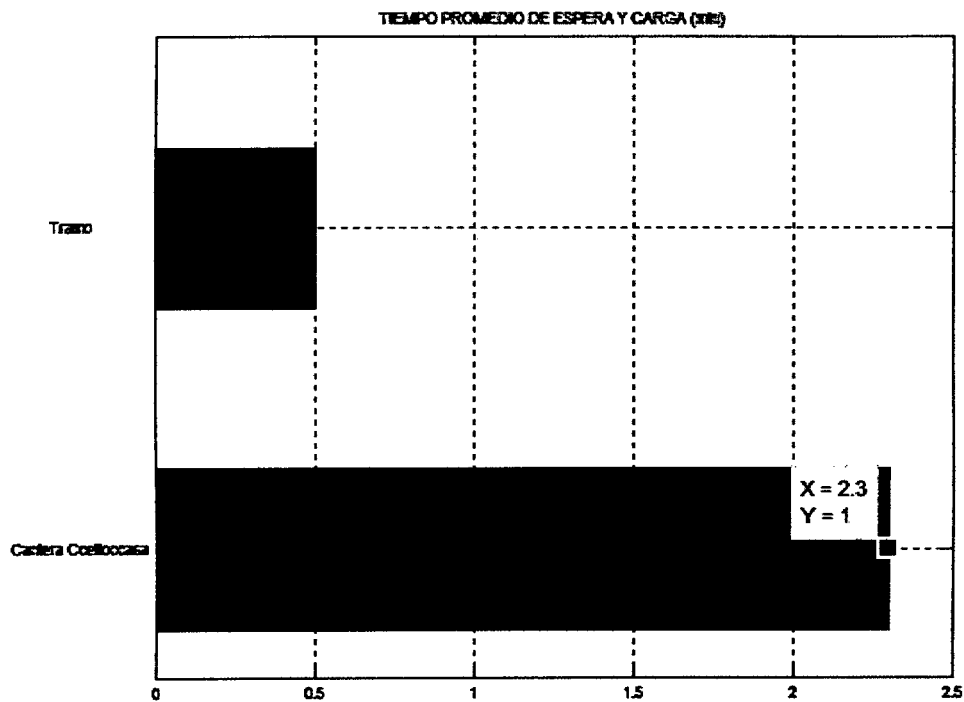


Figura 5.6: Tiempo promedio de espera y carga

### Validación

- El tiempo promedio de espera y carga es de  $t = 2,3min$  comparándolo con el valor establecido en el manual de rendimiento CAT 39 [19],  $t = 2,4min$ , la diferencia es mínima lo que indica que el cargador frontal tiene un trabajo eficiente

### 5.2.2.5. Tiempo Promedio de Espera y Descarga( $min$ )

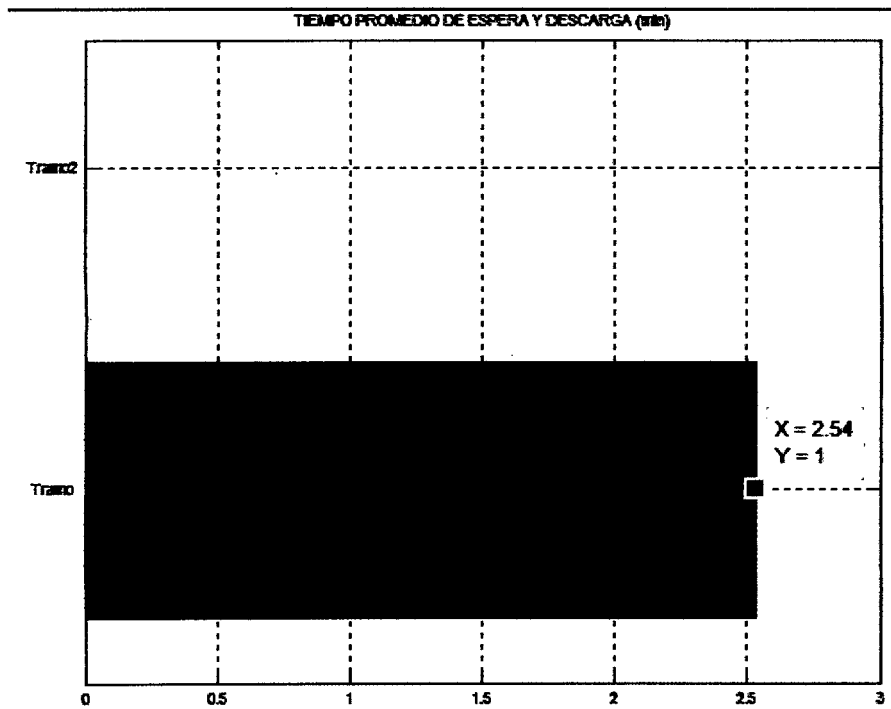


Figura 5.7: Tiempo promedio de espera y descarga

#### Validación

- El tiempo promedio de espera y descarga es de  $t = 2,54min$
- El tiempo promedio de espera y descarga favorable es de  $t = 2min$



## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

---

### 5.2.2.6. Tiempo Promedio de Espera y Carga por Volquete (*min*)

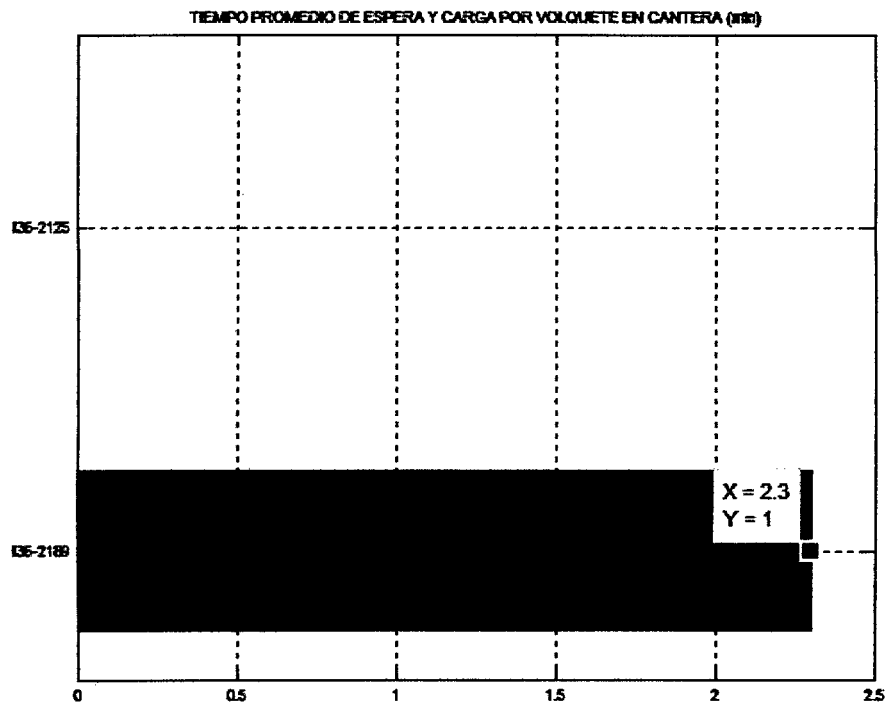


Figura 5.8: Tiempo promedio de espera y carga por volquete

#### Validación

- El tiempo promedio de espera y carga es de  $t = 2,3min$  comparándolo con el valor promedio  $t = 2,5min$ [19], la diferencia es mínima lo que indica que el cargador frontal tiene un trabajo eficiente

### 5.2.2.7. Distribución de Tiempo por Tipo de Trabajo

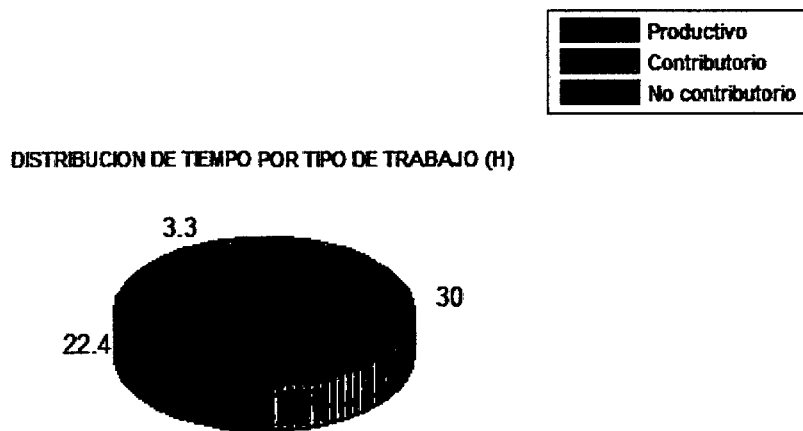


Figura 5.9: Distribución de tiempo por tipo de trabajo

#### Validación

- El Trabajo Productivo  $t = 22,4Horas$
- El Trabajo Contributorio  $t = 30.Horas$
- El Trabajo No Contributorio  $t = 3,3Horas$
- Con estos datos de desempeño y buscando una mejora continua se debe aplicar el principio de la filosofía Lean Construction (Conversiones y Flujos). Por lo tanto debemos reducir en mínimo las actividades que no agregan valor
- Los resultados se expresan en paquetes de actividades de trabajo ver el Apéndice B

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### 5.2.2.8. Distribución del Trabajo Productivo - TP (h)

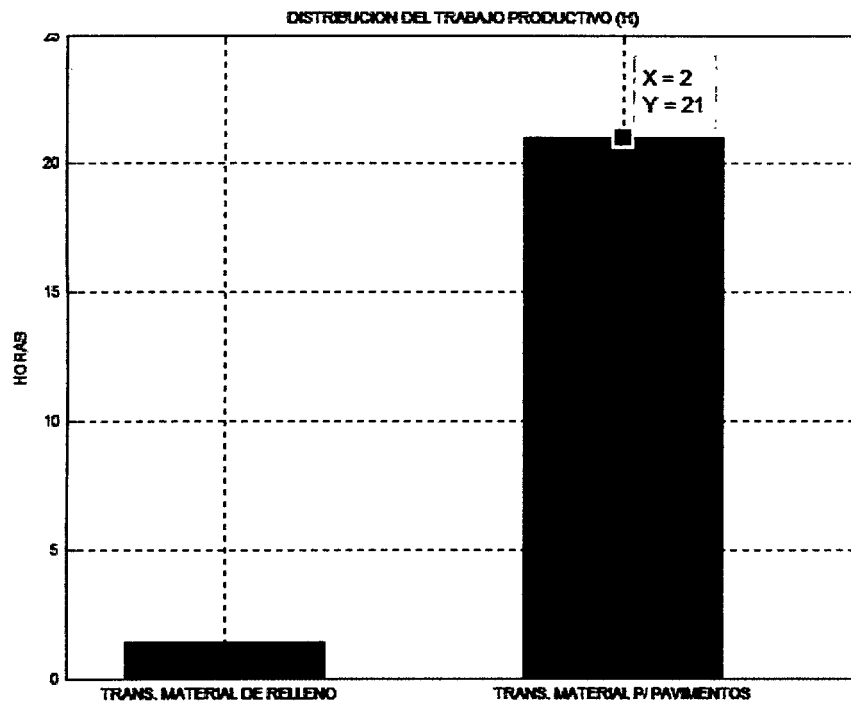


Figura 5.10: Distribución del trabajo productivo

#### Validación

- El Trabajo Productivo  $t = 22,4 \text{ Horas}$  (tiempo de ida)
- Si queremos mejorar este proceso solo debemos tener presente la velocidad la cual en promedio esta en  $Ve = 30 - 40 \text{ km/hora}$ , las condiciones del terreno son favorables la cual podría aumentarse ah  $Ve = 40 - 50 \text{ km/hora}$
- Los resultados se expresan en paquetes de actividades de trabajo ver el Apéndice B

### 5.2.2.9. Distribución del Trabajo Contributorio - TC (h)

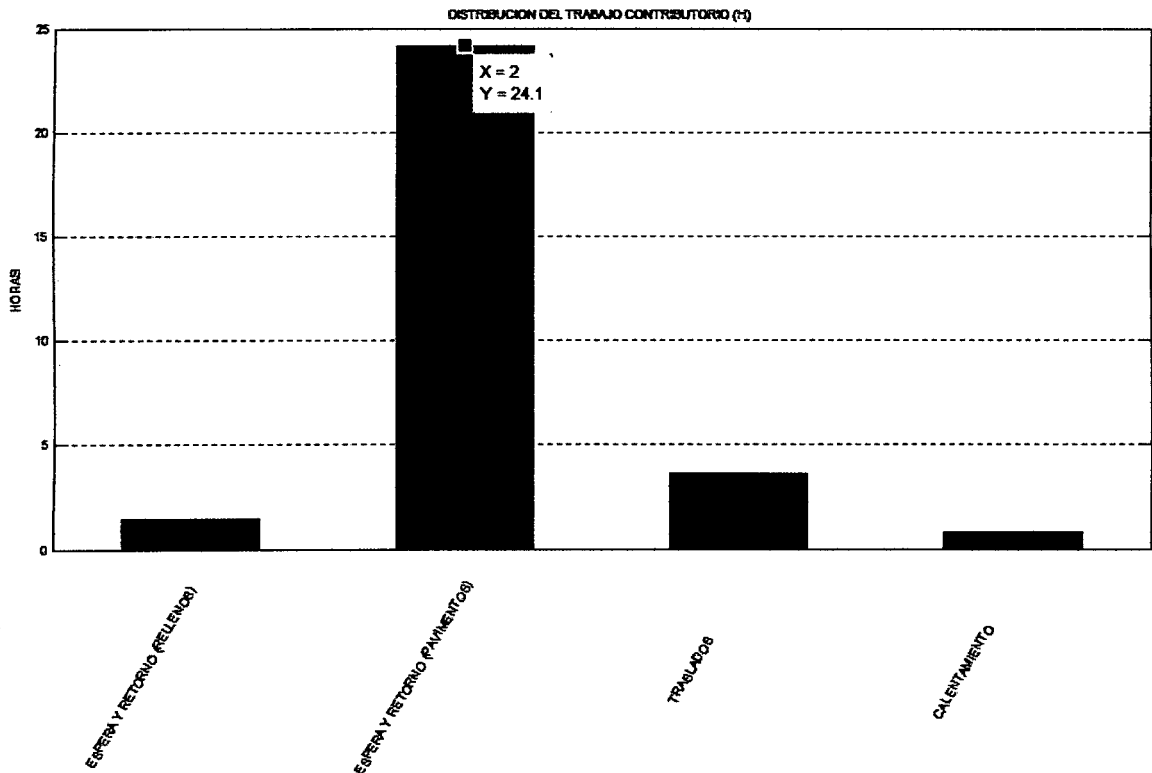


Figura 5.11: Distribución del trabajo contributorio

#### Validación

- El Trabajo Contributorio  $t = 30 \text{ Horas}$
- Si queremos mejorar debemos minimizar las actividades que no generan valor
- El tiempo de espera y carga es de  $t = 2,3 \text{ min}$  y es el adecuado
- El tiempo de espera y descarga fig5.2.2.5, es de  $t = 2,54 \text{ min}$  no es el adecuado porque el promedio de  $t = 2 \text{ min}$  [19]
- El tiempo de retorno nos perjudica por nuestra velocidad que en promedio esta en  $V_e = 30 - 40 \text{ km/hora}$ , las condiciones del terreno son favorables la cual podría aumentarse a  $V_e = 40 - 50 \text{ km/hora}$
- Los resultados se expresan en paquetes de actividades de trabajo ver el Apéndice B

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

---

### 5.2.2.10. Distribución del Trabajo No Contributorio - TNC (h)

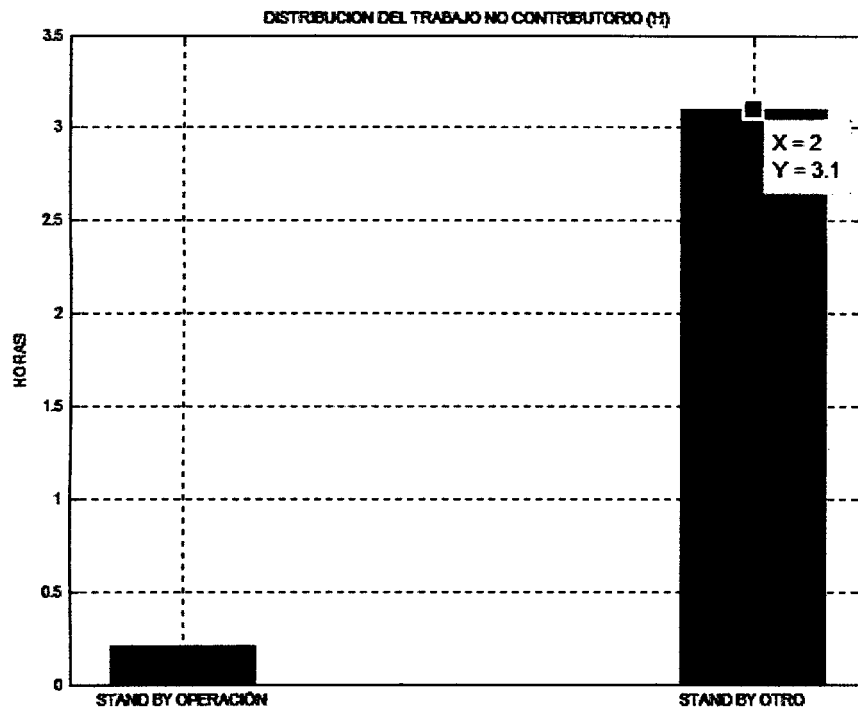


Figura 5.12: Distribución del trabajo no contributorio

#### Validación

- El Trabajo No Contributorio  $t = 3,1 \text{ Horas}$
- Si queremos mejorar debemos minimizar las actividades que no generan valor:
- Los resultados se expresan paquetes de actividades de trabajo ver el Apéndice B

### 5.2.2.11. Horas consumidas y Proyectadas al mes ( $h$ )

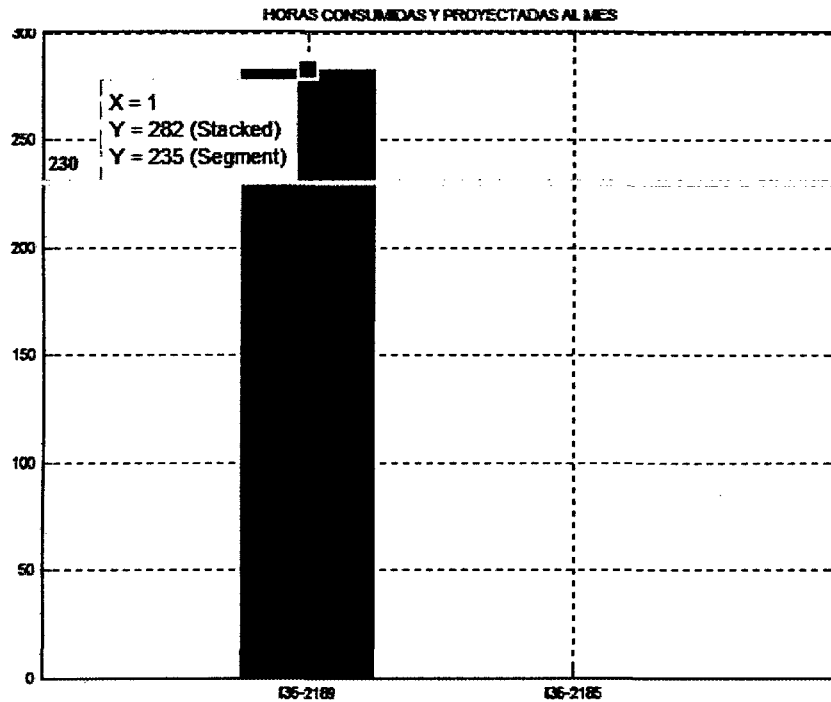


Figura 5.13: Horas consumidas y proyectadas al mes

#### Validación

- Para utilizar nuestra carta balance nuestra horas mínimas para el mes son de  $t = 230Hm$
- El *volquete A* en la semana de análisis utilizo  $t = 47Hm$  y si proyectamos este valor durante el mes tenemos  $t = 282Hm$ , lo que supera nuestra horas mínimas
- Lo que buscamos es balancear nuestros 5 volquetes y que estos cumplan sus horas mínimas

# Capítulo 6

## Conclusiones y Recomendaciones

En este capítulo veremos nuestras conclusiones respecto a la investigación diferenciando lo que corresponde a la medición de desempeño utilizando la gestión de valor ganado y el informe de productividad como sustento de su medición

### 6.1. Conclusiones

**Respecto a la evaluación y sustentación del desempeño del movimiento de tierra**

1. Se desarrolló un programa informático denominado MepCat que reporta el informe de productividad el cual describe cuantitativamente los parámetros escogidos para ser sustento de la evaluación del desempeño y avance en movimiento de tierra previa utilización de la técnica de valor ganado
2. Los parámetros de productividad definidos como sustento para la evaluar la medición de desempeño y avance se consideran los adecuados porque describen objetivamente el estado actual del trabajo y son útiles en la dirección de proyectos así por ejemplo identificar las incidencias de los trabajos productivo, contributivo y no contributivo en las actividades del movimiento de tierra, los ratios que nos indican cuanto recursos utilizamos para una producción dada, etc.
3. Utilizar la Guía del PMBOK y su herramienta la técnica de valor ganado fue el eje de esta investigación pues de su aplicación se origina el informe de productividad, es una herramienta muy poderosa e indispensable en la gestión de proyectos

4. Con el programa informático MepCat podemos trabajar adecuadamente reportando los informes de productividad para movimiento de tierra, es muy útil y versátil
5. Se diseño un formato adecuado para la toma de datos en el monitoreo de equipos fue una decisión acertada , pues la constructora ejecutora maneja un formato que solo recopila los datos básicos de los equipos involucrados en movimiento de tierra
6. La idea de concepción del informe de productividad nace de poder identificar las conversiones y flujos con la cual nos alineamos a una nueva filosofía de construcción que es la Lean Construcción
7. Es adecuado utilizar ratios para expresar el valor cuantitativo de la productividad porque estos nos indican cuanto recursos utilizamos para una producción dada
8. Fue correcto tener que agrupar las actividades del trabajo del proyecto en paquetes de actividades de trabajos específicos , es por eso que el transporte de material de base se expresa en el paquete de actividades de materiales para payimentos
9. Para un informe de productividad que demuestre claramente el desempeño actual del trabajo , es necesario que nuestra recopilación de datos sea la más verídica posible cumpliendo en tener las variables necesarias y utilizando el formato elaborado
10. El informe de productividad que genera el MepCat esta proyectado para todas la maquinarias pero para la investigación se limita para equipos de transporte (volquetes)

## 6.2. Recomendaciones

- El control y monitoreo de los equipos (volquete, cargador , etc) es fundamental e importante es por eso que se necesita llevar el registro de los partes diarios de cada jornada, para lo cual seria adecuado un personal que cumpla esas funciones en cada frente de trabajo
- Se deberia implementar la Filosofía Lean Construcción como nuevo sistema de producción , porque así podemos aplicar sus técnicas y herramientas y lograr una mejora continua en el proceso de producción



# Referencia bibliografica

- 1 PMI. Guia de los fundamentos para la dirección de proyectos 5ta ed. Pensilvania : PMI Publications; 2013.
- 2 Lledo P. Director de Proyecto. Canada; 2013.
- 3 Mulcahy R. Preparación para el examen PMP. 8ta ed. Estados Unidos : RMC Publications; 2013.
- 4 Mondelo E. Gestión de Proyectos de Desarrollo. 4ta ed. Estados Unidos : Banco Interamericano de Desarrollo; 2015.
- 5 Padilla IWA. Aplicación del Análisis del Valor Ganado para el Gerenciamiento de Proyectos [Tesis de Maestria]. Costa Rica: Universidad Para la Cooperación Internacional. Administración de Proyectos; 2012.
- 6 Pons JJA. Análisis Teórico del PMBOK y su puesta en Práctica en Proyectos de Edificación[Tesis de Maestria]. España: Universidad Politecnica de Valencia. Master en Edificación; 2009.
- 7 TenStep. Glosario enriquecido de términos de administración de Proyectos. México : TenStep Latinoamérica S.A; 2014.
- 8 Guio VC. Productividad en obras de construcción diagnóstico , críticas y propuestas. Perú : PUCP; 2001.
- 9 Botero LFB. Guía de Mejoramiento Continuo para la Productividad en la Construcción de Proyectos de Vivienda. Universidad EAFIT; 2004.
- 10 Orihuela P. Lean Construction en el Perú. Corporación Aceros Arequipa; 2011.
- 11 Koskela L. Application of the new production philosophy to construction. Stanford University; 1992.
- 12 Rivarola G. Administración Lean de Proyectos. México : Pearson Educación; 2006.

## REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

---

- 13 Panta LB. Mejoramiento de la Productividad en el Mantenimiento Rutinario de una Carretera aplicando Filosofía Lean Construction [Tesis de Pregrado]. Perú: Universidad de Piura. Facultad de Ingenieria Civil; 2013.
- 14 MTC. Manual de Diseño Geometrico para Carreteras. Perú : MTC; 2013.
- 15 MTC. Manual de diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito. Perú : MTC; 2008.
- 16 Rodriguez C. Gerencia de Construcción y del Tiempo - Costo. 2da Ed. Perú : Macro; 2014.
- 17 MTC. Especificaciones Técnicas Generales para Construcción. Perú : MTC; 2013.
- 18 Lam IJEC. Gestión del Mantenimiento de Equipos en Proyectos de Movimiento de Tierra [Tesis de Maestria]. Perú: Universidad Nacional de Ingenieria. Gestión y Administración de la Construcción; 2010.
- 19 Caterpillar. Manual de Rendimiento 39 Caterpillar. Estados Unidos : Caterpillar; 2009.
- 20 Viterri JS. La Variabilidad en los Procesos de Carguio y Transporte [Tesis de Maestria]. Perú: Universidad Nacional de Ingenieria. Gestión y Administración de la Construcción; 2007.
- 21 Elementos para la Determinación del Costo Horario de los Equipos y la Maquinaria del Sector Construcción. Dirección Nacional de Construcción; 2010.
- 22 Moore H. Matlab para Ingenieros. 4ta ed. EdinburghGate : Pearson Prentice Hall; 2015.
- 23 Baca U. Evaluación de Proyectos. 6ta ed. Estados Unidos : McGraw-Hill; 2010.
- 24 Garcia FP. Teoría Económica Heterodoxa. Barcelona : Industrias Gráficas García; 1977.
- 25 Ibañez W. Costos y Tiempos en Carreteras. 2da ed. Lima-Perú : Macro; 2011.
- 26 Larson E. Project Management the Managerial Process. 5ta ed. New York : McGraw-Hill; 2011.
- 27 Mallqui JEF. Aplicación de los lineamientos del PMBOK en la gestión de la ingeniería y construcción de un depósito de seguridad para residuos industriales [Tesis de Pregrado]. Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Facultad de Ingenieria Civil; 2011.

## **REFERENCIA BIBLIOGRAFICA**

---

- 28 Palacios J. Scrum Manager I. Estados Unidos : Lubarís Info 4 Media S.L; 2015.
- 29 Serpell A. Administración de Operaciones de Construcción. México : Alfaomega; 2002.
- 30 Soto IRGS. Modelo Conceptual para el Monitoreo y Control de Proyectos de Cnstrucción [Tesis de Maestria]. Costa Rica: Universidad para la Cooperación Internacional. Administración de Proyectos; 2007.

# **Apéndice A**

## **Aspectos de Ingenieria**

### **A.1. Documentación**

#### **A.1.1. Oficio de autorización para Visitar el proyecto**

Para la recopilación de datos desempeño , se trabajo durante 1 semana en el proyecto

## A. ASPECTOS DE INGENIERIA

---



GOBIERNO REGIONAL DE AYACUCHO  
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA  
SUB-GERENCIA DE SUPERVISIÓN Y LIQUIDACIÓN

"AÑO DE LA PROMOCION DE LA INDUSTRIA RESPONSABLE Y DEL COMPROMISO CLIMATICO"

E-024702

Ayacucho, 14 NOV. 2014

**CARTA N° 323 -2014-GRA-GGR/GRI-SGSL.**

SEÑOR:

PERCY JIMENEZ QUISPE

Residente de Obra

Empresa ALTESA CONTRATISTAS GENERALES SOCIEDAD ANONIMA

Ciudad.

**ASUNTO :** Presenta al Señor Henry Curipaco Jaime.

**REF. :** Solicitud.

De mi mayor consideración :

Es grato dirigirme a usted, para remitir el documento de la referencia, presentado por el Señor Henry Curipaco Jaime, quién es Alumno de Ingeniería Civil, en pos de obtener el título; para tal efecto, solicito a usted, a efectos de que le brinde las facilidades del caso requiera para su estadía en la Meta: *"Mejoramiento de la Carretera Abra Toccto - Condorcccocha (Ruta Departamental AY-122), en los Distritos de Chiara y los Morochucos, de las Provincias de Huamanga y Cangallo de la Región Ayacucho"*, para la toma de datos. Documento que se envía a su representada, para su conocimiento y atención correspondiente.

Sin otro particular quedo de usted,

Atentamente,



GOBIERNO REGIONAL AYACUCHO  
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA  
Sub-Gerencia de Supervisión y Liquidación  
ISMAEL QUISPE SILVERA  
SUB-GERENTE

C.c.  
File de Obra  
Arch.  
5922  
KQS/Blanca  
14.11.14

---

Jr. Callao N° 122 – Ayacucho

2do Piso

Teléfono N° 316086

Figura A.1: Oficio de autorización para la visita ala obra

## A.2. Aspectos Generales del Proyecto

### A.2.1. Objetivo central del proyecto

El objetivo central o propósito del proyecto está asociado con la solución del problema central que es las inadecuadas condiciones de transitabilidad vehicular y peatonal en la vía Tramo Toccto – Condorccocha. Según el planteamiento del problema central a solucionar se tiene como objetivo primordial obtener las Adecuadas condiciones de transitabilidad vehicular y peatonal en la Vía Tramo.Toccto – Condorccocha, construyendo una vía con una superficie de rodadura de asfalto en caliente de 3" (0.075 mts.) de espesor

### A.2.2. Objetivo específico del proyecto

Los objetivos específicos a buscarse con la ejecución del proyecto son:

- Brindar un adecuado acceso de la población afectada a los servicios básicos
- Disminuir los costos de transporte de la población hacia el centro urbano de la ciudad de Ayacucho.
- Brindar un nivel social adecuado de las poblaciones beneficiarias. Dotar a la vía de una superficie amplia de rodadura (06.60 mts.) más bermas de 0.50 mts a cada lado resultando una sección de 7.60 mts de vía asfaltada, con los respectivos sobre anchos según diseño.

### A.2.3. Características técnicas del proyecto

Las características técnicas se plantean de la siguiente manera:

Tramo: Abra Toccto (Km. 00+000) - Condorccocha (Km. 13+610)

- Red Vial : Departamental
- Categoría : 2da categoría
- Velocidad Directriz : 40 Km./h
- Longitud : 13+610 km
- Cunetas : De concreto de 1.2 x 0.50 m
- Ancho de Superficie de Rodadura : 6.60 m
- Superficie de Rodadura : asfalto em caliente de 3".

## A. ASPECTOS DE INGENIERIA

---

- Sub-base granular de : 20 cm
- Base Granular de : 20 cm
- Bermas : 0.50 m

### A.2.4. Descripción del eje y de la vía

El proyecto se localiza en :

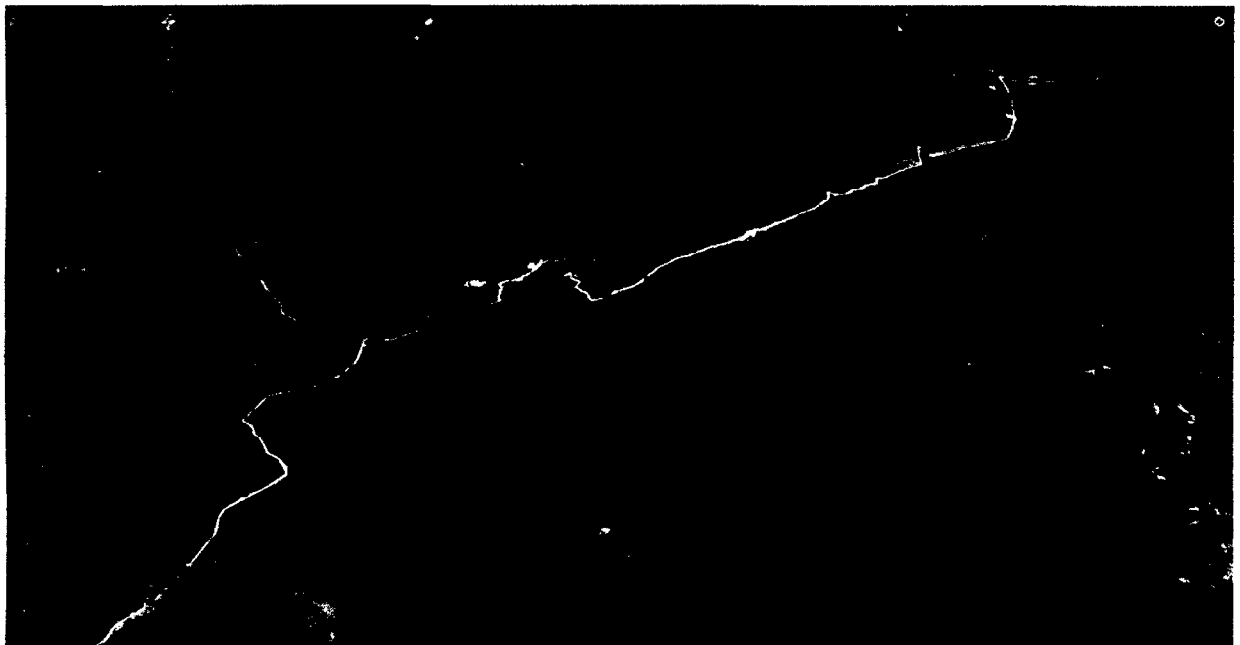


Figura A.2: Localización del Proyecto

1. La vía en proyecto de asfaltado tiene una longitud de 13,610 mts, se diseña con un ancho de 6.60 mts de rodadura con bermas laterales de 0.50 mts. comprendidas entre los bordes de la calzada y las cunetas. Sirven de confinamiento lateral de la superficie de rodadura, controlan la humedad y las posibles erosiones de la calzada.
2. Se dota a la misma de sub drenaje por recomendaciones descritas en el estudio geotécnico e hidrológico.
3. Cuenta con cuneta longitudinal de 1.20 mts de ancho y 0.50 mts de alto.
4. Se proyecta alcantarillas ubicadas de acuerdo a las pendientes contempladas en el estudio topográfico, el material a usarse es HDPE de 24" y 36" de diámetro nominal.

## **A.2 Aspectos Generales del Proyecto**

---

5. Entre las progresivas 08+580 a 09+580, se plantea una vía distanciada por un Separador central de zona verde, colocada paralelamente al eje de la carretera, para apartar direcciones opuestas de tránsito (separador central o mediana), cada carril se proyecta de 5.00 mts. de ancho cada uno.
6. Los cortes mayormente son a media ladera, ubicado generalmente sobre terrenos que presentan una configuración accidentada.
7. La carretera Toccto - Condoccocha constituye el acceso principal a la parte sur de la región de Ayacucho, como son las provincias de Cangallo, Vilcashuaman, Victor Fajardo, Sucre y Puquio, y a la vez camino hacia otros centros poblados importantes de la sierra de la región de Ayacucho.



## A. ASPECTOS DE INGENIERIA

### A.3. Análisis de costos unitarios, presupuesto y cronograma del proyecto

El análisis de costo unitario y el cronograma solo corresponde al paquete de trabajo de la investigación

Análisis de precios unitarios							
Proyecto	MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA ABRA TOCOTO - CONDORCOCHA (RUTA DEPARTAMENTAL AY-123) CHIARA-LOS BENDICHIDOS- HUAMANGA Y CAMPAJITO - AYACUCHO						
Subproyecto	GENERAL						
Perfil	25/03/2013						
Perfil	07 01 TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR PARA D=10km						
Remolque	m3/DA	MO. 332 0000	FO 332 0000	Costo unitario directo por : m3k			
							9.64
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Costo	Precio \$	Parcial \$	
0147010003	OFICIAL	h	1.0000	0.0237	13.79	0.33	
0147010004	PEON	h	1.0000	0.0237	12.43	0.29	
							0.62
0349040036	CAMION VOLQUETE 15 m3	km	1.0000	0.0237	148.30	3.51	
0349040012	CARGADOR SOBRE LLANTAS 200-250 HP 4-4.1 m3	km	1.0000	0.0237	232.67	5.51	
							9.02
Perfil	07 02 TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR PARA D=10km						
Remolque	m3/DA	MO. 1.000.0000	FO 1.000.0000	Costo unitario directo por : m3k			
							1.19
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Costo	Precio \$	Parcial \$	
0349040036	CAMION VOLQUETE 15 m3	km	1.0000	0.0090	148.30	1.39	
							1.39
Perfil	07 03 TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE D=10KM						
Remolque	m3/DA	MO. 475 0000	FO 475 0000	Costo unitario directo por : m3k			
							7.45
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Costo	Precio \$	Parcial \$	
0147010001	CAPATAZ	h	0.4000	0.0046	19.00	0.08	
0147010003	OFICIAL	h	1.0000	0.0457	13.79	0.63	
							0.71
0349040036	CAMION VOLQUETE 15 m3	km	1.0000	0.0457	148.30	6.78	
							6.78
Perfil	07 04 TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE D=10KM						
Remolque	m3/DA	MO. 700 0000	FO 700 0000	Costo unitario directo por : m3k			
							1.69
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Costo	Precio \$	Parcial \$	
0349040036	CAMION VOLQUETE 15 m3	km	1.0000	0.0114	148.30	1.69	
							1.69
Perfil	07 05 TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE D=10km						
Remolque	m3/DA	MO. 312 0000	FO 312 0000	Costo unitario directo por : m3k			
							7.45
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Costo	Precio \$	Parcial \$	
0147010003	OFICIAL	h	1.0000	0.0256	13.79	0.35	
0147010004	PEON	h	1.0000	0.0256	12.43	0.32	
							0.67
0349040036	CAMION VOLQUETE 15 m3	km	1.0000	0.0256	148.30	3.80	
0349040012	CARGADOR SOBRE LLANTAS 200-250 HP 4-4.1 m3	km	0.5000	0.0128	232.67	2.98	
							6.78

Figura A.3: Análisis de costos unitarios

## A.3 Análisis de costos unitarios, presupuesto y cronograma del proyecto

S10					Página	3
ORA						
Presupuesto						
Presupuesto	0403001	MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA AGRA TOCCTO - CONDORCCOCHA (RUTA DEPARTAMENTAL AY-122) CHIARA-I (IN MURICCHIKOS- HIAMAMBA Y CAMPAI I (O - AYACUCHO)				
Subpresupuesto	001	GENERAL				
Cliente	GOBIERNO REGIONAL AYACUCHO					Costo al 758329613
Lugar	AYACUCHO - HIAMAMBA - AYACUCHO					
Item	Descripción	Unit	Métrico	Precio \$/	Parcial \$/	
07	TRANSPORTE				2,912,670.31	
07.01	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR PARA D<=10m.	m3	13,215.16	9.84	127,384.14	
07.02	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR PARA D>10m.	m3	1,825,650.30	1.19	2,172,523.96	
07.03	TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE D=10M	m3	7,877.15	7.49	58,989.85	
07.04	TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE D>10M	m3	41,582.10	1.69	70,273.75	
07.05	TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE D<=10m.	m3	57,145.18	7.45	425,731.59	
07.06	TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE D>10m.	m3	44,765.13	1.29	57,747.82	
08	SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL				428,533.98	
08.01	SENALES PREVENTIVAS	"	70.00	286.91	20,083.70	
08.02	SENALES REGLAMENTARIAS	"	18.00	449.47	8,090.46	
08.03	SENALES INFORMATIVAS	"	12.00	2,035.65	24,427.80	
08.04	POSTE DELINEADOR	"	88.00	126.58	11,131.04	
08.05	TACHA RETROREFLECTIVA	"	3,450.00	15.74	54,303.00	
08.06	MARCAS EN EL PAVIMENTO	m2	3,547.80	7.86	25,041.82	
08.07	BARRERA CERTIFICADA, CONTENCIÓN DE VEHICULOS	m	933.45	195.87	182,648.16	
08.08	POSTES DE KILOMETRAJE	"	13.00	338.06	4,394.78	
08.09	PINTADO DE PARAPETOS DE MUROS Y ALCANTARILLAS	m2	452.10	19.63	8,874.72	
08.10	GRAS O RESALTOS	m	150.00	591.59	88,738.50	
09	PROGRAMA DE INVERSIÓN				623,928.86	
09.01	REASENTAMIENTO INVOLUNTARIO	glo	1.00	150,000.00	150,000.00	
09.02	PREPARACION DE CAPA SUPERFICIAL DE SUELO	m2	21,500.83	8.35	179,531.93	
09.03	REFORESTACION Y PLANTACION CON ESPECIES NATIVAS	ha	2.90	6,552.50	19,002.25	
09.04	ACONDICIONAMIENTO DE DEPOSITO DE MATERIAL EXCEDENTE	m2	109,118.89	0.71	77,474.41	
09.05	READECUACION AMBIENTAL DE PLANTA DE ASFALTO	m2	2,500.00	5.53	13,825.00	
09.06	READECUACION AMBIENTAL DE CAMPAMENTO	m2	250.00	5.53	1,382.50	
09.07	READECUACION AMBIENTAL DE PATIO DE MAQUINAS	m2	518.00	5.53	2,820.30	
09.08	SEÑAL INFORMATIVA AMBIENTAL	"	65.00	585.62	38,065.30	
09.09	EDUCACION AMBIENTAL Y CAPACITACION	Ecr	8.00	2,071.82	16,574.56	
09.10	CAPACITACION EN CONSERVACION DE INFRAESTRUCTURA VIAL	glo	4.00	4,500.00	18,000.00	
09.11	PLAN DE SENSIBILIZACION EN COMUNIDADES	mes	8.00	2,384.75	19,078.00	
09.12	MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA	glo	84.00	381.36	32,034.24	
09.13	MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE	glo	63.00	635.59	40,042.17	
09.14	MONITOREO DE RUIDOS	glo	70.00	127.12	8,898.40	
09.15	PLAN DE MONITOREO ARQUEOLOGICO	glo	1.00	8,000.00	8,000.00	
	COSTO DIRECTO				22,878,862.96	
	GASTOS GENERALES (10 % C.D.)				2,287,866.30	
	UTILIDAD (8 % C.D.)				1,796,293.84	
	SUB TOTAL				26,962,972.30	
	IGV (18 %)				4,889,598.91	
	COSTO EJECUCION DE PROYECTO				31,742,330.31	
	SUPERVISION (2 %)				922,268.91	
	COSTO TOTAL DE PROYECTO				31,664,599.22	
SON : TREINTA MILLONES SEISCIENTOS SESENTICUATRO MIL SEISCIENTOS Y 229189 NOVENOS SOLES						

Figura A.4: Presupuesto total del proyecto

## A. ASPECTOS DE INGENIERIA

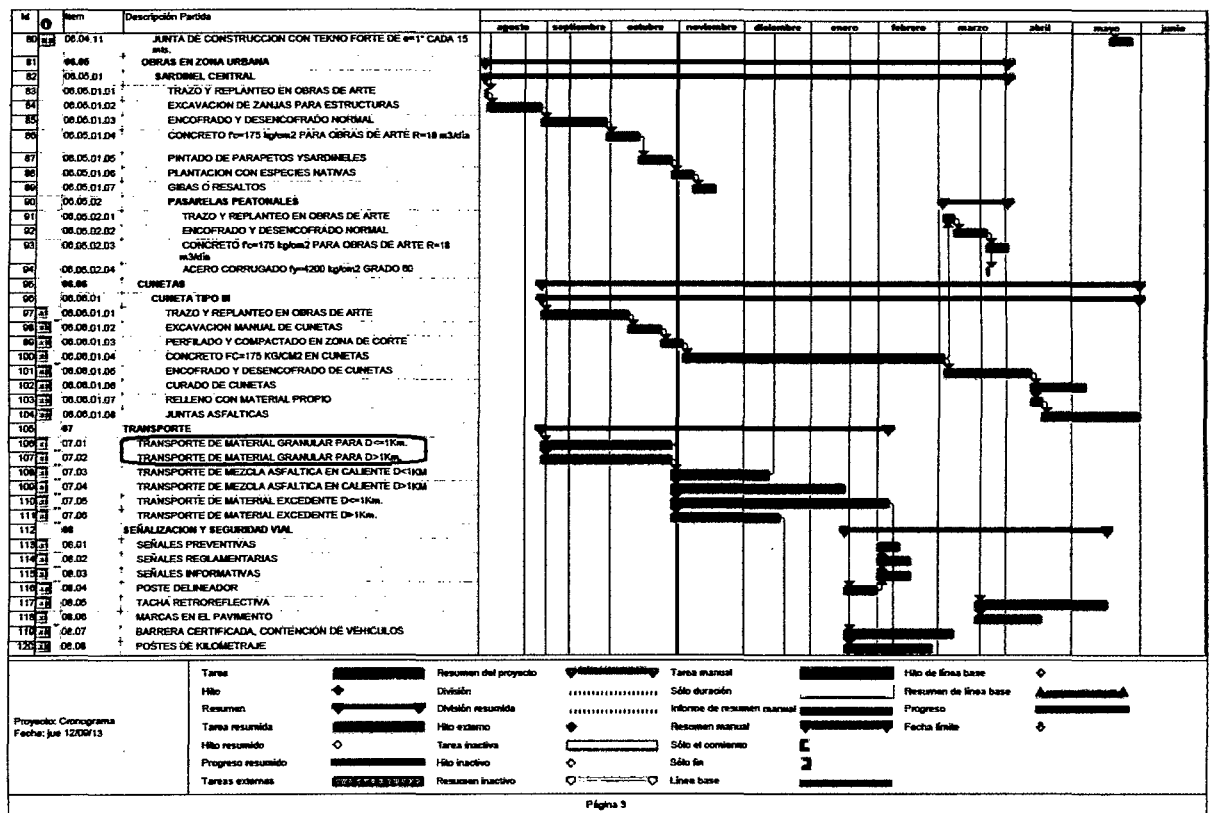


Figura A.5: Cronograma del proyecto

## Apéndice B

# Distribución de actividades , paquete de actividades y tipos de trabajo

Siguiendo la Filosofía Lean Construcción se identifica los Procesos (Conversiones) y Flujos , para eso se definen las actividades

EQUIPO (15 m3)	ACTIVIDAD	PAQUETE DE ACTIVIDADES	PAQUETE DE ACTIVIDADES CONTRIBUTORIAS	TIPO DE TRABAJO
Volquete	ELIMINACION DE MATERIAL COMUN	ELIMINACIONES	ESPERA Y RETORNO (ELIMINACION)	PROD. Y CONTR.
Volquete	ELIMINACION DE ROCA SUELTA	ELIMINACIONES	ESPERA Y RETORNO (ELIMINACION)	PROD. Y CONTR.
Volquete	ELIMINACION DE ROCA FUA	ELIMINACIONES	ESPERA Y RETORNO (ELIMINACION)	PROD. Y CONTR.
Volquete	ELIMINACION DE DERRUMBES	ELIMINACIONES	ESPERA Y RETORNO (ELIMINACION)	PROD. Y CONTR.
Volquete	TRANSPORTE DE MATERIAL PARA PEDRAPLEN	TRANS. MATERIAL DE RELLENO	ESPERA Y RETORNO (RELLENOS)	PROD. Y CONTR.
Volquete	TRANSPORTE DE MATERIAL PARA MEJORAMIENTO	TRANS. MATERIAL DE RELLENO	ESPERA Y RETORNO (RELLENOS)	PROD. Y CONTR.
Volquete	TRANSPORTE DE MATERIAL PARA RELLENOS	TRANS. MATERIAL DE RELLENO	ESPERA Y RETORNO (RELLENOS)	PROD. Y CONTR.
Volquete	TRANSPORTE DE MATERIAL PARA SUB BASE	TRANS. MATERIAL P/ PAVIMENTOS	ESPERA Y RETORNO (PAVIMENTOS)	PROD. Y CONTR.
Volquete	TRANSPORTE DE MATERIAL PARA BASE	TRANS. MATERIAL P/ PAVIMENTOS	ESPERA Y RETORNO (PAVIMENTOS)	PROD. Y CONTR.
Volquete	TRANSPORTE DE ARENA PARA IMPRIMACION	TRANS. MATERIAL P/ PAVIMENTOS	ESPERA Y RETORNO (PAVIMENTOS)	PROD. Y CONTR.
Volquete	TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA	TRANS. MEZCLA ASFALTICA	ESPERA Y RETORNO (MEZCLA ASF.)	PROD. Y CONTR.
Volquete	TRANSPORTE DE PIEDRA PARA CONCRETO	TRANS. MATERIAL P/ OBRAS DE ARTE	ESPERA Y RETORNO (OBRAS DE ARTE)	PROD. Y CONTR.
Volquete	TRANSPORTE DE PIEDRA PARA ASFALTO	TRANS. MATERIAL P/ PAVIMENTOS	ESPERA Y RETORNO (PAVIMENTOS)	PROD. Y CONTR.
Volquete	TRANSPORTE DE ARENA PARA CONCRETO	TRANS. MATERIAL P/ OBRAS DE ARTE	ESPERA Y RETORNO (OBRAS DE ARTE)	PROD. Y CONTR.
Volquete	TRANSPORTE DE ARENA PARA ASFALTO	TRANS. MATERIAL P/ PAVIMENTOS	ESPERA Y RETORNO (PAVIMENTOS)	PROD. Y CONTR.
Volquete	TRANSPORTE DE PIEDRA PARA GAVIONES	TRANS. MATERIAL P/ OBRAS DE ARTE	ESPERA Y RETORNO (OBRAS DE ARTE)	PROD. Y CONTR.
Volquete	TRANSPORTE DE PIEDRA PARA SUB DREN	TRANS. MATERIAL P/ OBRAS DE ARTE	ESPERA Y RETORNO (OBRAS DE ARTE)	PROD. Y CONTR.
Volquete	TRANSPORTE DE ARENA PARA SUB DREN	TRANS. MATERIAL P/ OBRAS DE ARTE	ESPERA Y RETORNO (OBRAS DE ARTE)	PROD. Y CONTR.
Volquete	TRANSPORTE DE ROCA DE DEFENSAS RIBEREÑAS	TRANS. MATERIAL P/ OBRAS DE ARTE	ESPERA Y RETORNO (OBRAS DE ARTE)	PROD. Y CONTR.
Volquete	TRANSPORTE DE RELLENOS	TRANS. MATERIAL P/ OBRAS DE ARTE	ESPERA Y RETORNO (OBRAS DE ARTE)	PROD. Y CONTR.
Volquete	TRANSP. DE MAT. INTEGRAL	TRANS. INTERNOS (CANT. - ACOPIO)	ESPERA Y RETORNO (INTERNOS)	PROD. Y CONTR.
Volquete	TRANSP. DE MAT. PRODUCIDO - SUB BASE	TRANS. INTERNOS (CANT. - ACOPIO)	ESPERA Y RETORNO (INTERNOS)	PROD. Y CONTR.
Volquete	TRANSP. DE MAT. PRODUCIDO - BASE	TRANS. INTERNOS (CANT. - ACOPIO)	ESPERA Y RETORNO (INTERNOS)	PROD. Y CONTR.
Volquete	TRANSP. DE MAT. PRODUCIDO - ARENA P/CONCRETO	TRANS. INTERNOS (CANT. - ACOPIO)	ESPERA Y RETORNO (INTERNOS)	PROD. Y CONTR.
Volquete	TRANSP. DE MAT. PRODUCIDO - ARENA P/ASFALTO	TRANS. INTERNOS (CANT. - ACOPIO)	ESPERA Y RETORNO (INTERNOS)	PROD. Y CONTR.
Volquete	TRANSP. DE MAT. PRODUCIDO - PIEDRA P/CONCRETO	TRANS. INTERNOS (CANT. - ACOPIO)	ESPERA Y RETORNO (INTERNOS)	PROD. Y CONTR.
Volquete	TRANSP. DE MAT. PRODUCIDO - PIEDRA P/ASFALTO	TRANS. INTERNOS (CANT. - ACOPIO)	ESPERA Y RETORNO (INTERNOS)	PROD. Y CONTR.
Volquete	TRANSP. DE MAT. PRODUCIDO - PIEDRA P/GAVIONES	TRANS. INTERNOS (CANT. - ACOPIO)	ESPERA Y RETORNO (INTERNOS)	PROD. Y CONTR.
Volquete	TRANSP. DE MAT. PRODUCIDO - PIEDRA P/SUBDREN	TRANS. INTERNOS (CANT. - ACOPIO)	ESPERA Y RETORNO (INTERNOS)	PROD. Y CONTR.
Volquete	TRANSP. DE MAT. PRODUCIDO - ARENA P/SUBDREN	TRANS. INTERNOS (CANT. - ACOPIO)	ESPERA Y RETORNO (INTERNOS)	PROD. Y CONTR.
Volquete	CALENTAMIENTO	CALENTAMIENTO	CALENTAMIENTO	CONTRIBUTORIO
Volquete	RETORNO	TRASLADOS	TRASLADOS	CONTRIBUTORIO
Volquete	TRASLADO AL PUNTO DE CUSTODIA	TRASLADOS	TRASLADOS	CONTRIBUTORIO
Volquete	TRASLADO AL PUNTO DE TRABAJO	TRASLADOS	TRASLADOS	CONTRIBUTORIO
Volquete	LIMPIEZA DE TOLVA	STAND BY OPERACIÓN		NO CONTRIBUTORIO
Volquete	ESPERA DE PRODUCCION DE PLANTA DE ASFALTO	STAND BY OPERACIÓN		NO CONTRIBUTORIO
Volquete	ESPERA POR CARGADOR	STAND BY OPERACIÓN		NO CONTRIBUTORIO
Volquete	ESPERA POR EXCAVADORA	STAND BY OPERACIÓN		NO CONTRIBUTORIO
Volquete	ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE	STAND BY OPERACIÓN		NO CONTRIBUTORIO
Volquete	OTRO	OTROS C.	OTROS C.	CONTRIBUTORIO
Volquete	EQUIPO EN REPARACION	STAND BY EQUIPO		NO CONTRIBUTORIO
Volquete	FALTA DE OPERADOR	STAND BY EQUIPO		NO CONTRIBUTORIO
Volquete	DESAYUNO Y/O ALMUERZO DEL OPERADOR	STAND BY OTRO		NO CONTRIBUTORIO
Volquete	IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD DEL EQUIPO	STAND BY SEGURIDAD		NO CONTRIBUTORIO
Volquete	FALTA POR FRENTE DE TRABAJO	STAND BY OPERACIÓN		NO CONTRIBUTORIO
Volquete	PARADAS POR FACTORES CLIMATOLÓGICOS	STAND BY OTRO		NO CONTRIBUTORIO

Cuadro B.1: Descripción de actividades del volquete

## Apéndice C

### Formatos y Recopilación de datos de desempeño

Se elaboro los formatos adecuados para la toma de datos de desempeño

## C.1. Recopilación de datos de desempeño

### C.1.1. Formato elaborado por la empresa contratista


		PROYECTO: _____ <b>Nº 012650</b>	
<b>PARTE DIARIO DE OPERADORES EQUIPOS Y VEHICULOS</b>			
EQUIPO: _____		CODIGO/SERIE: _____	
OPERADOR: _____		FECHA: _____	
HOROMETRO: De: _____ a: _____		TURNO: Día _____ Noche: _____	
HORAS DE EQUIPO		HORAS DE EQUIPO	
De: _____ a: _____	De: _____ a: _____	De: _____ a: _____	De: _____ a: _____
De: _____ a: _____	De: _____ a: _____	De: _____ a: _____	De: _____ a: _____
De: _____ a: _____	De: _____ a: _____	De: _____ a: _____	De: _____ a: _____
Total: <input style="width: 50px;" type="text"/>		Total: <input style="width: 50px;" type="text"/>	
ST/BY		DISTANCIA	
De: _____ a: _____	<input style="width: 50px;" type="text"/>	VIAJES	
TALLER			
De: _____ a: _____	<input style="width: 50px;" type="text"/>		
DETALLE DE ACTIVIDADES:			
SUMINISTROS		OBSERVACIONES:	
PETROLEO	<input style="width: 50px;" type="text"/>		
GASOLINA	<input style="width: 50px;" type="text"/>		
ACEITE DE MOTOR	<input style="width: 50px;" type="text"/>		
ACEITE	<input style="width: 50px;" type="text"/>		
GRASA	<input style="width: 50px;" type="text"/>		
OPERADOR		RESPONSABLE	
CONTROLADOR		CENTRAL	

Figura C.1: Parte diario de la empresa contratista

### C.1.2. Formato utilizado en la investigación

Figura C.2: Parte diario elaborado para la investigación

### C.1.3. Datos de desempeño medidos (1volquete)

Figura C.3: hoja de ruta del *volquete A* del día 1



### C. FORMATOS Y RECOPIACIÓN DE DATOS DE DESEMPEÑO

[illegible]

Figura C.4: hoja de ruta del *volquete A* del día 2

[illegible]

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

INICIO	FIN	OBSERVACIÓN
--------	-----	-------------

\_\_\_\_\_

10

RESPONSABLE DE REVISIÓN:	
Nombre:	_____
Cargo:	_____
Firma:	_____

OPERADOR	RESPONSABLE DE REVISIÓN
Nombre: _____	Nombre: _____
Cargo: _____	Cargo: _____
Firma: _____	Firma: _____

RESPONSABLE DE REVISIÓN:	
Nombre:	_____
Cargo:	_____
Firma:	_____

## Apéndice D

### Costos de horas máquinas

#### D.1. Costos de horas máquina planificadas

Los costos de cada hora máquina planificada se tomaron del expediente técnico

## D.1 Costos de horas máquina planificadas

GOBIERNO REGIONAL DE AYACUCHO

### CALENDARIO DE REQUERIMIENTO DE EQUIPOS, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS

PROYECTO: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA ABRA TOCCTO - CONDORCCOCHA (RUTA DEPARTAMENTAL AY-122), EN LOS DISTRITOS DE CHIARA Y LOS MOROCUCHOS, DE LAS PROVINCIAS DE HUAMANGA Y CANGALLO DE LA REGIÓN AYACUCHO.

LUGAR: TOCCTO - CONDORCCOCHA

FORMULA: GOBIERNO REGIONAL DE AYACUCHO

FECHA: JULIO - 2013

PRECIOS AL: JULIO DE 2013

Lugar

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cantidad	Precio	Presupuestado
0337010019	BOTAS DE JEJE	u	400.00	25.00	10,000.00
0337030000	CIZALLA PARA ACERO CONSTRUCCION HASTA 1"	u	36.35	155.00	5,634.25
0337530005	GUANTES DE JEJE	pza	400.00	6.50	2,600.00
0337600038	GUANTES DE CUERO	par	400.00	6.50	2,600.00
0337620005	CASCO TIPO JOCKEY CON TAFILETE	pza	400.00	28.00	11,200.00
0337620034	RESPIRADOR DOS FILTROS	u	400.00	25.00	10,000.00
0337620037	CHALECOS DE SEGURIDAD	u	40.00	75.00	3,000.00
0337620038	ANTEOJOS DE SEGURIDAD	u	400.00	23.00	9,200.00
0348010011	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11p3	hm	1,115.14	22.10	24,644.60
0348010086	CORTADORA DE PAVIMENTO INCL. DISCOS	hm	130.00	25.42	3,324.94
0348040083	CAMION CISTERNA 4 X 2 (AGUA) 122 HP 2,000 gl	hm	13,436.64	120.00	1,612,397.36
0348040086	CAMION VOLQUETE 15 m3	hm	20,583.37	148.30	3,052,513.15
0348070021	SOLDADORA ELECTRICA TRFASICA 400A	hm	144.00	33.90	4,881.57
0348110084	CAMION VOLQUETE DE 10 m3	hm	76.60	90.00	6,894.00
0348760055	CONO DE PLASTICO	pza	60.00	22.00	1,320.00
0349020002	COMPRESORA NEUMATICA 196 HP 600-690 PCM	hm	96.75	152.54	14,758.50
0349020008	COMPRESORA NEUMATICA 87 HP 250-330 PCM	hm	660.05	76.27	50,342.16
0349030001	COMPACTADOR VIBRATORIO TIPO PLANCHAS 4 HP	hm	792.30	25.90	20,520.55
0349030007	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP 10-12 ton	hm	817.74	148.06	121,090.81
0349030013	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 70-100 HP 7-9 ton	hm	1,757.57	94.94	166,673.41
0349030046	RODILLO TANDEM VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 111-138HP 9-11 ton	hm	361.17	121.26	43,795.11
0349040009	CARGADOR SOBRE LLANTAS 125 HP 2.5 yds	hm	2,857.85	170.08	486,043.81
0349040012	CARGADOR SOBRE LLANTAS 200-250 HP 4-4.1 yds	hm	1,044.66	232.67	243,060.48
0349040032	TRACTOR DE ORUGAS DE 105-135 HP	hm	817.74	195.00	159,458.12
0349040034	TRACTOR DE ORUGAS DE 190-240 HP	hm	1,784.50	249.59	445,394.13
0349040091	MINICARGADOR DE 70HP	hm	100.09	64.25	6,430.94
0349060001	MARTILLO NEUMATICO DE 21 kg	hm	306.69	4.76	1,460.66
0349060084	MARTILLO NEUMATICO DE 25 kg	hm	316.90	6.26	1,983.78
0349060086	MARTILLO NEUMATICO DE 29 kg	hm	602.84	12.71	7,662.05
0349070001	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.35"	hm	926.51	4.96	4,595.50
0349070003	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	hm	559.09	4.96	2,773.07
0349070006	VIBRADOR DE CONCRETO 3/4" - 2"	hm	29.45	4.96	146.89
0349080012	ZARANDA MECANICA	hm	930.80	51.17	47,529.17
0349080097	EXCAVADORAS SOBRE ORUGA 115-165 HP 0.75-1.4 Y3	hm	1,954.91	210.86	412,211.82
0349090003	MOTONIVELADORA DE 130-135 HP	hm	1,396.51	198.27	276,895.11
0349100007	MEZCLADORA DE CONCRETO TAMBOR 18 HP 11 p3	hm	955.96	25.42	24,300.62
0349180021	PLANCHAS COMPACTADORAS	hm	431.25	7.00	3,018.75
0349190005	GRUPO ELECTROGENO 230 HP 150 KW	hm	181.00	128.56	23,273.06
0349250004	PAVIMENTADORA SOBRE LLANTAS 65 HP 10-16'	hm	361.17	134.48	48,573.35
0349260100	PLANTA DE ASFALTO EN CALIENTE 60-115 T/H	hm	361.17	677.37	244,860.39
0349310003	CAMION BAMPOMADOR DE 1800 gl	hm	200.18	114.09	22,839.10
0349320055	VIBROPAISADOR DE 4 HP	hm	291.44	6.25	1,821.43
0349880020	NIVEL TOPOGRAFICO	hm	473.65	3.71	1,757.26
0349880021	ESTACION TOTAL	hm	675.11	10.59	7,149.40
0349900062	MAQUINA PARA PINTADO DE PAVIMENTOS	hm	35.47	33.90	1,202.43
				SUB-TOTAL	7,652,570.81
				TOTAL M.	7,652,570.81
				PORCENTAJE	100.0%

Figura D.1: Costos de las horas máquina planificadas en obra

## **D. COSTOS DE HORAS MÁQUINAS**

---

### **D.2. Costos de horas máquina reales del volquete de 15 m<sup>3</sup> y cargador frontal**

Los costos de cada hora máquina reales se calcularon independientemente , son costos propios del contratista

## D.2 Costos de horas máquina reales del volquete de 15 m3 y cargador frontal

### Descripción : CÁLCULO DEL COSTO HORARIO TOTAL DE UN VOLQUETE NUEVO DE 15 M3

**Costo Horario Total : Costo Horario de Posesión + Costo Horario de Operación**

**Datos generales de la maquinaria**

Va = Valor de adquisición =	\$	430,703.00	(sin IGV)
VEU = Vida económica útil =	n = 6 años , 2000 horas anuales		
Vr = Valor de rescate =	20% Va =	86,140.60	
Potencia		440 HP	
Capacidad		25,000 Kg	
Capacidad de Tolva		15 m3	

**CÁLCULO DEL COSTO HORARIO DE POSESIÓN (Depreciación + Interés de Capital Invertido + Impuestos , Seguros y Almacenaje )**

**Costo Horario de la Depreciación**

$$\text{Depreciación} = \frac{Va - Vr}{VEU}$$

Depreciación = 28.71 \$/ hora

**Costo Horario del Interés de Capital Invertido**

$$\text{Interés de capital invertido} = \frac{IMA \times \% i}{\text{Nro de horas anuales}}$$

$$\text{Cálculo de la inversión media anual (IMA)} = \frac{Va(n+1) + Vr(n-1)}{2n}$$

Cálculo de la inversión media anual (IMA) = 287,135.33 \$/ año

Promedio tasa activa en moneda nacional 2014 (i) = 15.70%

Interés de capital invertido = 22.54 \$/ hora

**Costo Horario de los Seguros, Impuestos y Almacenaje**

Tasa promedio anual de seguros 2.50%

Tasa promedio anual de impuestos 2.00%

Tasa promedio anual de almacenaje 1.00%

$$\text{Seguro , Impuestos y Almacenaje} = \frac{IMA \times \sum \text{de tasas anuales}}{\text{Nro de horas anuales}}$$

Seguro , Impuestos y Almacenaje 7.90 \$/ hora

DEPRECIACIÓN =	28.71	\$/ gal
INTERÉS =	22.54	\$/ gal
SEGUROS, IMPUESTOS Y ALMACENAJE =	7.90	\$/ gal
<b>TOTAL COSTO HORARIO DE POSESIÓN =</b>	<b>59.15</b>	<b>\$/ hora</b>

**CÁLCULO DEL COSTO HORARIO DE OPERACIÓN (Mantenimiento y reparación + Combustible + Lubricantes + Filtros + Grasas + Piezas de Desgaste + Herramientas de Corte + Neumáticos + Operador de equipo especializado )**

**Datos Generales**

			COTIZACIÓN	
<b>Combustible</b>				
Consumo de petróleo	3.50	gal / hora	7.4	\$/ gal
<b>Lubricantes</b>				
Consumo de Aceite motor Grado 15w40	0.0260	gal / hora	61.79	\$/ gal
Consumo de Aceite Caja de cambio grado 80w90	0.0021	gal / hora	60.9	\$/ gal
Consumo de Aceite Toma de fuerza, reductor, dirección, grado 140	0.0006	gal / hora	137.75	\$/ gal

Figura D.2: calculo de la hora máquina real del volquete-1



## D. COSTOS DE HORAS MÁQUINAS

Aceite de corona de grado 85w140	0.0083	gal / hora	60.2	S/ gal
Grasa	0.2200	lib / hora	10.81	S/ lib
Refrigerante	0.0020	gal / hora	187.55	S/ gal
Filtros				
Filtros	20% (combustible+lubricante)			
Neumáticos				
Neumáticos	10 unidades		1300	\$
Vida útil de cada unidad	800 horas (condiciones severa)			
Operador				
Operador de equipo pesado	1.5*(costo de HH de Op. De construcción civil)			

### Cálculo del Costo de Mantenimiento y Reparación (C.M.R)

C.M.R = Costo de mano de obra + Costo de Reparación

Costo de mantenimiento =	90% x Va	
Costo de mantenimiento =	387,632.70	
Costo de mano de obra =	25% x Costo de Mantenimiento/VEU	
Costo de mano de obra =	8.08 \$/ hora	
Costo de mano de reparaciones =	75% x Costo de Mantenimiento/VEU	
Costo de mano de reparaciones =	24.23 \$/ hora	

C.M.R = Costo de mano de obra + Costo de Reparación = 32.30 \$/ hora

### Cálculo del Costo del combustible

Combustible (Petroleo)	25.9	S/ hora
Combustible total	25.9	S/ hora

### Cálculo del Costo de los Lubricantes

Consumo de Aceite motor Grado 15w40	1.61	S/ hora
Consumo de Aceite Caja de cambio grado 80w90	0.13	S/ hora
dirección, grado 140	0.08	S/ hora
Aceite de corona de grado 85w140	0.38	S/ hora
Refrigerante	0.40	S/ hora
Lubricante Total	2.59	S/ hora

### Cálculo del Costo de los Filtros

Filtros	5.70	S/ hora
Filtros Total	5.70	S/ hora

### Cálculo del Costo de las Grasas

Grasas	2.33	S/ hora
Grasas Total	2.33	S/ hora

### Cálculo del Costo de los neumáticos

Neumáticos	Costo de los neumaticos/vida útil de las llanta	
Neumáticos	16.25	S/ hora
Neumáticos total	16.25	S/ hora

### Cálculo del Costo del Operador Especializado

Operador Especializado	24.47	S/ hora
Operador Especializado	24.47	S/ hora

MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN =	32.30	S/ hora
COMBUSTIBLE =	25.90	S/ hora

Figura D.3: calculo de la hora máquina real del volquete-2

## D.2 Costos de horas máquina reales del volquete de 15 m3 y cargador frontal

---

LUBRICANTES =	2.59	S/ hora
FILTROS =	5.70	S/ hora
GRASAS =	2.33	S/ hora
PIEZAS DE DESGASTE =	0.00	S/ hora
HERRAMIENTA DE CORTE =	0.00	S/ hora
NEUMÁTICOS =	16.25	S/ hora
OPERADOR	24.47	S/ hora
<b>TOTAL COSTO HORARIO DE OPERACIÓN =</b>	<b>109.54</b>	<b>S/ hora</b>

### CÁLCULO DEL COSTO HORARIO TOTAL

Costo horario del volquete de 15 m3 (con operador) =

Costo de Posesión + Costo de Operación

<b>Costo horario del volquete de 15 m3 (con operador) =</b>	<b>168.7</b>	<b>S/ hora</b>
---	--------------	----------------

Figura D.4: calculo de la hora máquina real del volquete-3

## D. COSTOS DE HORAS MÁQUINAS

### Descripción : CÁLCULO DEL COSTO HORARIO TOTAL DE UN CARGADOR FRONTAL DE 950 HP

Costo Horario Total : Costo Horario de Posesión + Costo Horario de Operación

HORA

#### Datos generales de la maquinaria:

Va = Valor de adquisición =	S/	809,250.00	(sin IGV)
VEU = Vida económica útil =	n = 8 años , 2000 horas anuales		
Vr = Valor de rescate =	20% Va	161,850.00	
Potencia	250 HP		
Capacidad	25,000 Kg		
Capacidad de cucharón:	3 m <sup>3</sup>		

#### CÁLCULO DEL COSTO HORARIO DE POSESIÓN (Depreciación + Interés de Capital Invertido + Impuestos)

##### Costo Horario de la Depreciación

$$\text{Depreciación} = \frac{Va - Vr}{VEU}$$

Depreciación = 53.95 S/ hora

##### Costo Horario del Interés de Capital Invertido

$$\text{Interés de capital invertido} = \frac{IMA \times \% i}{\text{Nro de horas anuales}}$$

$$\text{Cálculo de la inversión media anual (IMA)} = \frac{Va(n+1) + Vr(n-1)}{2n}$$

$$\text{Cálculo de la inversión media anual (IMA)} = 539,500.00 \text{ S/ año}$$

$$\text{Promedio tasa activa en moneda nacional 2009 (i)} = 19.94\%$$

$$\text{Interés de capital invertido} = 53.79 \text{ S/ hora}$$

##### Costo Horario de los Seguros, Impuestos y Almacenaje

$$\begin{aligned} \text{Tasa promedio anual de seguros} & 2.50\% \\ \text{Tasa promedio anual de impuestos} & 2.00\% \\ \text{Tasa promedio anual de almacenaje} & 1.00\% \end{aligned}$$

$$\text{Seguro , impuestos y Almacenaje} = \frac{IMA \times \sum \text{de tasas anuales}}{\text{Nro de horas anuales}}$$

$$\text{Seguro , impuestos y Almacenaje} = 14.84 \text{ S/ hora}$$

DEPRECIACIÓN =	53.95	S/ hora
INTERÉS =	53.79	S/ hora
SEGUROS, IMPUESTOS Y ALMACENAJE =	14.84	S/ hora
<b>TOTAL COSTO HORARIO DE POSESIÓN =</b>	<b>122.57</b>	<b>S/ hora</b>

#### CÁLCULO DEL COSTO HORARIO DE OPERACIÓN (Mantenimiento y reparación + Combustible + Lubricantes +

Filtros + Grasas + Piezas de Desgaste + Herramientas de Corte +  
Neumáticos + Operador de equipo especializado )

##### Datos Generales:

Combustible			COTIZACIÓN	
Consumo de petróleo	3.50	gal / hora	7.4	S/ gal
<b>Lubricantes</b>				
Consumo de Aceite motor Grado 15w40	0.0380	gal / hora	31.09	S/ gal
Consumo de Aceite Caja de cambio grado 80w90	0.0270	gal / hora	33.96	S/ gal
Consumo de Aceite Toma de fuerza, reductor, dirección, grado 140	0.0340	gal / hora	33.96	S/ gal
Aceite de corona de grado 85w140	0.0150	gal / hora	38.55	S/ gal
Grasa	0.2200	lib / hora	4.67	S/ lib
Refrigerante	0.0020	gal / hora	35.01	S/ gal
<b>Filtros</b>				
Filtros	20% (combustible+lubricante)			
<b>Neumáticos</b>				
Neumáticos	4 unidades		6600	S/
Vida útil de cada unidad	2000 horas (condiciones severa)			
<b>Operador</b>				
Operador de equipo pesado	1.5*(costo de HH de Op. De construcción civil)			

#### Cálculo del Costo de Mantenimiento y Reparación (C.M.R)

C.M.R = Costo de mano de obra + Costo de Reparación

$$\text{Costo de mantenimiento} = 90\% \times Va$$

## D.2 Costos de horas máquina reales del volquete de 15 m3 y cargador frontal

Costo de mantenimiento =	728,325.00	
Costo de mano de obra =	$25\% \times \text{Costo de Mantenimiento}/\text{VEU}$	
Costo de mano de obra =	15.17	\$/ hora
Costo de mano de reparaciones =	$75\% \times \text{Costo de Mantenimiento}/\text{VEU}$	
Costo de mano de reparaciones =	45.52	\$/ hora.
<b>C.M.R = Costo de mano de obra + Costo de Reparación =</b>	<b>60.69</b>	<b>\$/ hora</b>

### Cálculo del Costo del combustible

Combustible (Petroleo)	25.9	\$/ hora
<b>Combustible total</b>	<b>25.9</b>	<b>\$/ hora</b>

### Cálculo del Costo de los Lubricantes

Consumo de Aceite motor Grado 15w40	1.18	\$/ hora
Consumo de Aceite Caja de cambio grado 80w90	0.92	\$/ hora
dirección, grado 140	1.15	\$/ hora
Aceite de corona de grado 85w140	0.58	\$/ hora
Refrigerante	0.07	\$/ hora
<b>Lubricante Total</b>	<b>3.90</b>	<b>\$/ hora</b>

### Cálculo del Costo de los Filtros

Filtros	5.96	\$/ hora
<b>Filtros Total</b>	<b>5.96</b>	<b>\$/ hora</b>

### Cálculo del Costo de las Grasas

Grasas	1.03	\$/ hora
<b>Grasas Total</b>	<b>1.03</b>	<b>\$/ hora</b>

### Cálculo del Costo de los neumáticos

Neumáticos	<i>Costo de los neumáticos/vida útil de las llanta</i>	
Neumáticos	13.2	\$/ hora
<b>Neumáticos total</b>	<b>13.2</b>	<b>\$/ hora</b>

### Cálculo del Costo del Operador Especializado

Operador Especializado	24.47	\$/ hora
<b>Operador Especializado</b>	<b>24.47</b>	<b>\$/ hora</b>

MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN =	60.69	\$/ hora
COMBUSTIBLE =	25.90	\$/ hora
LUBRICANTES =	3.90	\$/ hora
FILTROS =	5.96	\$/ hora
GRASAS =	1.03	\$/ hora
PIEZAS DE DESGASTE =	0.00	\$/ hora
HERRAMIENTA DE CORTE =	0.00	\$/ hora
NEUMÁTICOS =	13.20	\$/ hora
OPERADOR	24.47	\$/ hora
<b>TOTAL COSTO HORARIO DE OPERACIÓN =</b>	<b>135.15</b>	<b>\$/ hora</b>

### CÁLCULO DEL COSTO HORARIO TOTAL

Costo horario del volquete de 15 m3 (con operador) = Costo de Posesión + Costo de Operación

<b>Costo horario del volquete de 15 m3 (con operador) =</b>	<b>257.7</b>	<b>\$/ hora</b>
---	--------------	-----------------

## Apéndice E

# Código fuente de MepCat en lenguaje Matlab

### E.1. Código fuente para adicionar los datos de desempeño del volquete

```
1 %----- CÓDIGO FUENTE PARA ADICIONAR LOS DATOS DE DESEMPEÑO DEL VOLQUETE
   -----
2
3 set(handles.pushbutton3,'visible','off')
4 set(handles.pushbutton4,'visible','on')
5 set(handles.uitable3,'visible','on')
6 set(handles.uitable3,'ColumnName',[{'Ubi.Ini';{'Acc.Ini';{'Prog.Ini';{'H.Ini.'
   {'H.Fin';{'';{'Ubi.Fin';{'Acc.Fin';{'Pro.Fin';{'H.Ini';{'H.Fin';{'';{'
   'Des.Equipo';{'Cod.Equipo';{'Des.Actividad'}}]);
7 set(handles.uitable3,'RowName',[{'E1';{'E2';{'E3';{'E4';{'E5';{'E6';{'E7';{'
   E8';{'E9';{'E10';{'E11';{'E12';{'E13';{'E14';{'E15';{'E16';{'E17';{'
   E18';{'E19';{'E20';{'E21';{'E22';{'E23';{'E24';{'E25';{'E26';{'E27';{'
   E28';{'E29';{'E30';{'E31';{'E32';{'E33';{'E34';{'E35';{'E36';{'E37'
   '};{'E38';{'E39';{'E40';{'E41';{'E42';{'E43';{'E44';{'E45';{'E46';{'E47
   '};{'E48';{'E49';{'E50'}}]);
8 v=get(handles.ubiini,'value')
9 va=get(handles.ubiini,'string')
10 ubi=char(va(v))
11 ai=str2double(get(handles.accini,'string'))
12 pi=str2double(get(handles.proini,'string'))
13 hisal=str2double(get(handles.hisa,'string'))
```

## E.1 Código fuente para adicionar los datos de desempeño del volquete

```
14 hfisal=str2double(get(handles.hfsa,'string'))
15 b=get(handles.ubifin,'value')
16 ba=get(handles.ubifin,'string')
17 ufi=char(ba(b))
18 af=str2double(get(handles.accfi,'string'))
19 pf=str2double(get(handles.profi,'string'))
20 hilleg=str2double(get(handles.hille,'string'))
21 hflleg=str2double(get(handles.hflle,'string'))
22 c=get(handles.dct,'value')
23 ca=get(handles.dct,'string')
24 deac=char(ca(c))
25
26 % --- Para calcular los paquetes de actividades
27 switch c
28 case 1
29     msgbox('Escoge una actividad','Mensaje')
30 case 2
31     paac='ELIMINACIONES'
32     pacon='ESPERA Y RETORNO (ELIMINACION)'
33 case 3
34     paac='ELIMINACIONES'
35     pacon='ESPERA Y RETORNO (ELIMINACION)'
36 case 4
37     paac='ELIMINACIONES'
38     pacon='ESPERA Y RETORNO (ELIMINACION)'
39 case 5
40     paac='ELIMINACIONES'
41     pacon='ESPERA Y RETORNO (ELIMINACION)'
42 case 6     paac='TRANS. MATERIAL DE RELLENO'
43     pacon='ESPERA Y RETORNO (RELLENOS)'
44 case 7
45     paac='TRANS. MATERIAL DE RELLENO'
46     pacon='ESPERA Y RETORNO (RELLENOS)'
47 case 8
48     paac='TRANS. MATERIAL DE RELLENO'
49     pacon='ESPERA Y RETORNO (RELLENOS)'
50 case 9
51     paac='TRANS. MATERIAL P/ PAVIMENTOS'
52     pacon='ESPERA Y RETORNO (PAVIMENTOS)'
53 case 10
54     paac='TRANS. MATERIAL P/ PAVIMENTOS'
55     pacon='ESPERA Y RETORNO (PAVIMENTOS)'
56 case 11
57     paac='TRANS. MATERIAL P/ PAVIMENTOS'
```

## E. CÓDIGO FUENTE DE MEPCAT EN LENGUAJE MATLAB

---

```
58 pacon='ESPERA Y RETORNO (PAVIMENTOS)'  
59 case 12  
60 paac='TRANS. MEZCLA ASFALTICA'  
61 pacon='ESPERA Y RETORNO (MEZCLA ASF.)'  
62 case 13  
63 paac='TRANS. MATERIAL P/ OBRAS DE ARTE'  
64 pacon='ESPERA Y RETORNO (OBRAS DE ARTE)'  
65 case 14  
66 paac='TRANS. MATERIAL P/ PAVIMENTOS'  
67 pacon='ESPERA Y RETORNO (PAVIMENTOS)'  
68 case 15  
69 paac='TRANS. MATERIAL P/ OBRAS DE ARTE'  
70 pacon='ESPERA Y RETORNO (OBRAS DE ARTE)'  
71 case 16  
72 paac='TRANS. MATERIAL P/ PAVIMENTOS'  
73 pacon='ESPERA Y RETORNO (PAVIMENTOS)'  
74 case 17  
75 paac='TRANS. MATERIAL P/ OBRAS DE ARTE'  
76 pacon='ESPERA Y RETORNO (OBRAS DE ARTE)'  
77 case 18  
78 paac='TRANS. MATERIAL P/ OBRAS DE ARTE'  
79 pacon='ESPERA Y RETORNO (OBRAS DE ARTE)'  
80 case 19  
81 paac='TRANS. MATERIAL P/ OBRAS DE ARTE'  
82 pacon='ESPERA Y RETORNO (OBRAS DE ARTE)'  
83 case 20  
84 paac='TRANS. MATERIAL P/ OBRAS DE ARTE'  
85 pacon='ESPERA Y RETORNO (OBRAS DE ARTE)'  
86 case 21  
87 paac='TRANS. MATERIAL P/ OBRAS DE ARTE'  
88 pacon='ESPERA Y RETORNO (OBRAS DE ARTE)'  
89 case 22  
90 paac='TRANS. INTERNOS (CANT. - ACOPIO)'  
91 pacon='ESPERA Y RETORNO (INTERNOS)'  
92 case 23  
93 paac='TRANS. INTERNOS (CANT. - ACOPIO)'  
94 pacon='ESPERA Y RETORNO (INTERNOS)'  
95 case 24  
96 paac='TRANS. INTERNOS (CANT. - ACOPIO)'  
97 pacon='ESPERA Y RETORNO (INTERNOS)'  
98 case 25  
99 paac='TRANS. INTERNOS (CANT. - ACOPIO)'  
100 pacon='ESPERA Y RETORNO (INTERNOS)'  
101 case 26
```

## E.1 Código fuente para adicionar los datos de desempeño del volquete

```
102 paac='TRANS. INTERNOS (CANT. - ACOPIO)',
103 pacon='ESPERA Y RETORNO (INTERNOS)',
104 case 27
105 paac='TRANS. INTERNOS (CANT. - ACOPIO)',
106 pacon='ESPERA Y RETORNO (INTERNOS)',
107 case 28
108 paac='TRANS. INTERNOS (CANT. - ACOPIO)',
109 pacon='ESPERA Y RETORNO (INTERNOS)',
110 case 29
111 paac='TRANS. INTERNOS (CANT. - ACOPIO)',
112 pacon='ESPERA Y RETORNO (INTERNOS)',
113 case 30
114 paac='TRANS. INTERNOS (CANT. - ACOPIO)',
115 pacon='ESPERA Y RETORNO (INTERNOS)',
116 case 31
117 paac='TRANS. INTERNOS (CANT. - ACOPIO)',
118 pacon='ESPERA Y RETORNO (INTERNOS)',
119 case 32
120 paac='CALENTAMIENTO',
121 pacon='CALENTAMIENTO',
122 case 33
123 paac='TRASLADOS',
124 pacon='TRASLADOS',
125 case 34
126 paac='TRASLADOS',
127 pacon='TRASLADOS',
128 case 35
129 paac='TRASLADOS',
130 pacon='TRASLADOS',
131 case 36
132 paac='STAND BY OPERACIÓN',
133 pacon='STAND BY OPERACIÓN',
134 case 37
135 paac='STAND BY OPERACIÓN',
136 pacon='STAND BY OPERACIÓN',
137 case 38
138 paac='STAND BY OPERACIÓN',
139 pacon='STAND BY OPERACIÓN',
140 case 39
141 paac='STAND BY OPERACIÓN',
142 pacon='STAND BY OPERACIÓN',
143 case 40
144 paac='STAND BY OPERACIÓN',
145 pacon='STAND BY OPERACIÓN'
```



## E. CÓDIGO FUENTE DE MEPCAT EN LENGUAJE MATLAB

---

```
146 case 41
147 paac='OTRO'
148 pacon='OTRO'
149 case 42
150 paac='STAND BY EQUIPO'
151 pacon='STAND BY EQUIPO'
152 case 43
153 paac='STAND BY EQUIPO'
154 pacon='STAND BY EQUIPO'
155 case 44
156 paac='STAND BY OTRO'
157 pacon='STAND BY OTRO'
158 case 45
159 paac='STAND BY SEGURIDAD'
160 pacon='STAND BY SEGURIDAD'
161 case 46
162 paac='STAND BY OPERACIÓN'
163 pacon='STAND BY OPERACIÓN'
164 case 47
165 paac='STAND BY OTRO'
166 pacon='STAND BY OTRO'
167 end
168
169 % --- para limpiar las edit text
170 set(handles.accini,'string','')
171 set(handles.proini,'string','')
172 set(handles.hisa,'string','')
173 set(handles.hfsa,'string','')
174 set(handles.accfin,'string','')
175 set(handles.profin,'string','')
176 set(handles.hille,'string','')
177 set(handles.hflle,'string','')
178 tb= [{ubi, ai, pi, hisal, hfisal, '', ufi, af, pf, hilleg, hflleg, '', '', '', deac}]
179 datos=tb
180 set(handles.uitable3,'data',datos)
181
182 % --- Calculo de Datos Generales
183 hjr=str2double(get(handles.hojru,'string'))
184 cdp=str2double(get(handles.codpro,'string'))
185 ndp=char(get(handles.desproy,'string'))
186 empr=str2double(get(handles.ruc,'string'))
187 dsempe=char(get(handles.empre,'string'))
188 t=get(handles.turno,'value')
189 ta=get(handles.turno,'string')
```

## E.1 Código fuente para adicionar los datos de desempeño del volquete

```
190 tur=char(ta(t))
191 inijor=str2double(get(handles.inijo,'string'))
192 finjor=str2double(get(handles.finjo,'string'))
193 code=char(get(handles.codequ,'string'))
194 deseq=char(get(handles.desequi,'string'))
195 fech=str2double(get(handles.fecha,'string'))
196 orden=1
197 horini=str2double(get(handles.hoini,'string'))
198 horfin=str2double(get(handles.hofin,'string'))
199 kilini=str2double(get(handles.kiini,'string'))
200 kilfin=str2double(get(handles.kifin,'string'))
201 codiop=str2double(get(handles.codope,'string'))
202 nomope=char(get(handles.nomop,'string'))
203 carope=str2double(get(handles.carop,'string'))
204 eq=get(handles.ecar,'value')
205 equ=get(handles.ecar,'string')
206 equi=char(equ(eq))
207
208 % --- para calcular volumen transportado
209 if
210 hilleg==hflleg
211 vltr=0
212 else
213 vltr=15
214 end
215 volu=vltr
216 % --- convirtiendo en minutos
217 hfisald=fix(hfisal)
218 hfis=(hfisal-hfisald)*100
219 hfisal2=hfisald*60+hfis
220 hisald=fix(hisal)
221 hsaa=(hisal-hisald)*100
222 hisal2=hisald*60+hsaa
223 % --- convirtiendo en minutos
224 hfllegd=fix(hflleg)
225 hfl1=(hflleg-hfllegd)*100
226 hflleg2=hfllegd*60+hfl1
227 hillegd=fix(hilleg)
228 hille=(hilleg-hillegd)*100
229 hilleg2=hillegd*60+hille
230
231 % --- tiempo de espera y carga en minutos
232 tiec=hfisal2-hisal2
233 % --- tiempo de espera y carga en minutos
```

## E. CÓDIGO FUENTE DE MEPCAT EN LENGUAJE MATLAB

---

```
234 TEC=tiec
235 % --- tiempo de ida en minutos
236 Tida=(hilleg2-hfisa12)
237 % --- tiempo de espera y descarga
238 tides=hflleg2-hilleg2
239 % --- tiempo de espera y descarga en minutos
240 TED=tides
241 % --- tiempo de vuelta en minutos
242 Tivue=Tida
243 % --- para calcular el tiempo total
244 Tito=tiec+Tida+tides+Tivue
245 % --- tiempo total en minutos
246 TTO=Tito
247 % --- acceso Inicio
248 AI=ai
249 % --- distancia ida
250 dida=abs(pf-pi)
251 % --- acceso fin
252 AFIN=af
253 % ---distancia vuelta
254 divue=dida
255 % --- Distancia total ida
256 Todida=AI+dida+AFIN
257 % --- Distancia total vuelta
258 Tovue=AFIN+divue+AI
259 % --- Distancia Total
260 TOTADI=Todida+Tovue
261 % --- Producción
262 PRODUC=Todida*volu
263 % --- valores extras
264 vva=get(handles.popupmenu9,'value')
265 vvaa=get(handles.popupmenu9,'string')
266 titr=char(vvaa(vva))
267 switch vva
268 case 1
269 product=0
270 contri=0
271 nocontri=0
272 case 2
273 product=Tida
274 contri=Tito-Tida
275 nocontri=0
276 case 3
277 product=0
```

## E.1 Código fuente para adicionar los datos de desempeño del volquete

```

278 contri=Tito
279 nocontri=0
280 case 4
281 product=0
282 contri=0
283 nocontri=Tito
284 end
285
286 % --- TABLA GENERAL
287 set(handles.TAGE,'visible','on')
288 set(handles.TAGE,'ColumnName',[{'hojaruta';{'CodigoProyecto';{'
    DescripcionProyecto';{'Fecha';{'Empresa';{'Turno';{'Kilometrajeinicial';{'
    Kilometrajefinal';{'orden';{'Horometroinicial';{'Horometrofina';{'
    iniciojornada';{'finjornada';{'codigoresponsable';{'Operador';{'
    ubicacioninicial';{'accesoinal';{'progresivainicial';{'horallegadainal
    '};{'horasalidainal';{'';{'ubicacionfinal';{'accesofinal';{'
    progresivafinal';{'horallegadafinal';{'horasalidafinal';{'Codigoequipo';{'
    Descripcionequipo';{'descripcionactividad';{'paqueteactividad';{'
    paqueteactividadcontributorio';{'volumentransportado';{'volumen';{'
    tiemposperaycarguio';{'TEC';{'tiempoida';{'timposperaydescarga';{'TED';{'
    'tivuelta';{'Tiempototal';{'TT';{'accesoinal';{'Distanciaida';{'
    accesofin';{'Distanciavuelta';{'Totaldistanciaida';{'Totaldistanciavuelta
    '};{'TOTALDISTANCIA';{'Produccion';{'Tipotrabajo';{'Productivo';{'
    Contributorio';{'No Contributorio'}}]);
289
290 set(handles.TAGE,'RowName',[{'E1';{'E2';{'E3';{'E4';{'E5';{'E6';{'E7';{'E8
    '};{'E9';{'E10';{'E11';{'E12';{'E13';{'E14';{'E15';{'E16';{'E17';{'E18
    '};{'E19';{'E20';{'E21';{'E22';{'E23';{'E24';{'E25';{'E26';{'E27';{'E28
    '};{'E29';{'E30';{'E31';{'E32';{'E33';{'E34';{'E35';{'E36';{'E37';{'
    E38';{'E39';{'E40';{'E41';{'E42';{'E43';{'E44';{'E45';{'E46';{'E47';{'
    'E48';{'E49';{'E50'}}]);
291
292 tbg=[{hjr,cdp,ndp,fech,dsempe,tur,kilini,kilfin,orden,horini,horfin,inijor,finjor,
    codiop,nomope,ubi,ai,pi,hisal,hfisal,'',ufi,af,pf,hilleg,hflleg,code,deseq,deac
    ,paac,pacon,vltr,volu,tiec,TEC,Tida,tides,TED,Tivue,Tito,TT0,Al,dida,AFIN,divue
    ,Todida,Tovue,TOTADI,PRODUC,titr,product,contri,nocontri} ]
293
294 datos3=tbg
295 set(handles.TAGE,'data',datos3)
296 global ord ord= cell2mat((datos3(:,10)))

```

## E.2. Código Fuente para ejecutar el Informe de Productividad

```

1  % ----- CÓDIGO FUENTE PARA UTILIZAR LA TÉCNICA DE VALOR GANADO -----
2
3  % --- PARA CALCULAR EL COSTO PLANIFICADO (PV)
4
5  format bank
6  vapreba=str2double(get(handles.preba,'string'))
7  vabadi=str2double(get(handles.badi,'string'))
8  veco=(vapreba/vabadi)*(ones(1,vabadi))
9  PV=cumsum(veco)
10 vecoc=[0]
11 vaveco=[vecoc PV]
12 vadia=0:vabadi
13 axes(handles.axes2)
14 set(handles.axes2,'fontsize',7.5)
15 plot(vadia,vaveco,'r') grid on
16 datacursormode on ylabel('COSTO ACUMULADO') % y-axis
17 xlabel('DIAS') % x-axis label
18
19 % --- PARA CALCULAR EL COSTO REAL(AC)
20 global f
21 str=(f(:,27))
22 val= cell2mat((f(:,10)))
23 valf= cell2mat((f(:,11)))
24 ind=find(ismember(strs,'I36-2189'))
25 hini= val(ind)
26 hiniu=unique(hini,'stable')
27 hfini= valf(ind)
28 hfiniu=unique(hfini,'stable')
29 horfi=[hfiniu-hiniu]
30 horfip=horfi*168.70 % hora máquina del volquete 148.30
31 horcar=10*ones(length(horfi),1)*257.7 % hora máquina del cargador frontal 232.67
    AC=cumsum(horfip+horcar)
32 lmy=AC(end) hold on
33 vecoc=[0]
34 vaveco=[vecoc;AC]
35 vadia2=0:vabadi
36 axes(handles.axes2)
37 plot(vadia2,vaveco,'g')
38 limy=lmy+lmy*0.3
39 limx=vabadi+2

```

## E.2 Código Fuente para ejecutar el Informe de Productividad

```
40 axis([0 limx 0 limy])
41
42 % --- PARA CALCULAR EL VALOR GANADO
43 %CALCULO DE VOLUMEN
44 global f
45 strsf=(f(:,27))
46 val3= cell2mat((f(:,9)))
47 val4= cell2mat((f(:,32)))
48 ind=find(ismember(strsf,'I36-2189'))
49 strsf2=(f(:,29))
50 indv=stsf2(ind)
51 indv2=val4(ind)
52 ind2=find(ismember(indv,'TRANSPORTE DE MATERIAL PARA BASE'))
53 vepa=zeros(size(indv2))
54 vepa(ind2)=15
55 V=val3
56 P=vepa
57 [posicion, valor]=find(V==1)
58 for i=1:length(posicion)-1
59 hor(i)=eval(['sum(P(posicion(',num2str(i),'):posicion(',num2str(i+1),')-1))'])
60 end
61 dto=hor
62 ult=(sum(P)-sum(dto))
63 vlg=[dto ult]'
64
65 % --- CALCULO DE PRODUCCION (M3-KM)
66 poini=cell2mat((f(:,49)))
67 poiniv=poini(ind2)
68 prini=zeros(size(indv2))
69 prini(ind2)=poiniv
70 V=val3
71 Pi=prini
72 [posicion, valor]=find(V==1)
73 for i=1:length(posicion)-1
74 hor(i)=eval(['sum(Pi(posicion(',num2str(i),'):posicion(',num2str(i+1),')-1))'])
75 end
76 dtai=hor
77 ulti=(sum(Pi)-sum(dtai))
78 psci=[dtai ulti]'
79
80 % --- CALCULAR EL COSTO ES MAYOR AH 1 KM
81 % Costo <1KM
82 CSTa=9.64*0.88*vlg
83 % Costo >1KM
```

## E. CÓDIGO FUENTE DE MEPCAT EN LENGUAJE MATLAB

```
84 dist=psci./vlg
85 CSTb=1.19*vlg.*((dist)-0.2*ones(length(psci),1))
86
87 % --- COSTO TOTAL
88 EV=cumsum(CSTa+CSTb)
89 hold on
90 vecoc=[0]
91 vaveco=[vecoc;EV]
92 vadia2=0:vabadi
93 axes(handles.axes2)
94 plot(vadia2,vaveco,'b')
95 legend('Costo planificado (PV)','Costo real (AC)','Valor ganado (EV)')
96
97 % --- PARA CALCULAR LOS INDICES DE DESEMPEÑO
98 PVu=PV(end)
99 ACu=AC(end)
100 EVu=EV(end)
101
102 % --- ANALISIS DE VARIACIÓN
103 SV=roundn(EVu-PVu,-1)
104 set(handles.edit9,'string',SV)
105 CV=roundn(EVu-ACu,-1)
106 set(handles.edit11,'string',CV)
107
108 % --- INDICES
109 format bank
110 CPI=roundn(EVu/ACu,-2)
111 set(handles.edit12,'string',CPI)
112 SPI=roundn(EVu/PVu,-2)
113 set(handles.edit13,'string',SPI)
114 SCI=roundn(CPI*SPI,-2)
115 set(handles.edit14,'string',SCI)
116 PV=[cumsum(vecoc),0]
117 EV=[cumsum(CSTa+CSTb);0]
118 AC=[cumsum(horfig+horcar);0]
119 Vfi=[PV;AC;EV]
120 set(handles.uitable1,'data',Vfi)
121
122 % ----- CÓDIGO FUENTE PARA GENERAR LOS PARÁMETROS DE PRODUCTIVIDAD -----
123
124 A=get(handles.uipanel3,'SelectedObject')
125 AA=get(A,'String')
126 switch AA
127
```

## E.2 Código Fuente para ejecutar el Informe de Productividad

```
128 % --- PARÁMETRO PRODUCCIÓN
129 case 'PRODUCCIÓN'
130 cla(handles.axes5,'reset')
131 set(handles.axes5,'visible','off');
132 cla(handles.axes8,'reset')
133 set(handles.axes8,'visible','off');
134
135 % --- PARA CALCULAR LA PRODUCCION DE TRANSPORTE (m3-km)
136 global f
137 strsr=(f(:,30))
138 val= cell2mat((f(:,49)))
139 ind=find(ismember(strsr,'ELIMINACIONES'))
140 sumaE= sum(val(ind))
141 ind=find(ismember(strsr,'TRANS. MATERIAL DE RELLENO'))
142 sumaTMR= sum(val(ind))
143 ind=find(ismember(strsr,'TRANS. MATERIAL P/ PAVIMENTOS'))
144 sumaTMP= sum(val(ind))
145 ind=find(ismember(strsr,'TRANS. MEZCLA ASFALTICA'))
146 sumaTMA= sum(val(ind))
147 ind=find(ismember(strsr,'TRANS. MATERIAL P/ OBRAS DE ARTE'))
148 sumaTMOA= sum(val(ind))
149 ind=find(ismember(strsr,'TRANS. INTERNOS (CANT. - ACOPIO)'))
150 sumaTICA= sum(val(ind))
151 sumd= [sumaE;sumaTMR;sumaTMP;sumaTMA;sumaTMOA;sumaTICA]
152 pdc=find(sumd) sumda=sumd(pdc)
153 vati= {'ELIMINACIONES','TRANS. MATERIAL DE RELLENO','TRANS. MATERIAL P/ PAVIMENTOS',
        ;'TRANS. MEZCLA ASFALTICA','TRANS. MATERIAL P/ OBRAS DE ARTE','TRANS. INTERNOS
        (CANT. - ACOPIO)'} vatic=(vati(pdc))
154 pdv= strvcat(vatic)
155 axes(handles.axes3)
156 barh(sumda,0.5)
157 set(handles.axes3,'yTicklabel',pdv)
158 set(handles.axes3,'fontsize',6)
159 grid on
160 datacursormode on
161 title('PRODUCCIÓN DE TRANSPORTE (M3-KM)')
162
163 % --- PARA CALCULAR EL VOLUMEN TRANSPORTADO (m3)
164 global f
165 strsr=(f(:,30))
166 val= cell2mat((f(:,32)))
167 ind=find(ismember(strsr,'ELIMINACIONES'))
168 sumaE= sum(val(ind))
169 ind=find(ismember(strsr,'TRANS. MATERIAL DE RELLENO'))
```



## E. CÓDIGO FUENTE DE MEPCAT EN LENGUAJE MATLAB

```
170 sumaTMR= sum(val(ind))
171 ind=find(ismember(strs,'TRANS. MATERIAL P/ PAVIMENTOS'))
172 sumaTMP= sum(val(ind))
173 ind=find(ismember(strs,'TRANS. MEZCLA ASFALTICA'))
174 sumaTMA= sum(val(ind))
175 ind=find(ismember(strs,'TRANS. MATERIAL P/ OBRAS DE ARTE'))
176 sumaTMOA= sum(val(ind))
177 ind=find(ismember(strs,'TRANS. INTERNOS (CANT. - ACOPIO)'))
178 sumaTICA= sum(val(ind))
179 sumd= [sumaE;sumaTMR;sumaTMP;sumaTMA;sumaTMOA;sumaTICA]
180 pdc=find(sumd)
181 sumda=sumd(pdc)
182 vati= {'ELIMINACIONES','TRANS. MATERIAL DE RELLENO','TRANS. MATERIAL P/ PAVIMENTOS',
        ;'TRANS. MEZCLA ASFALTICA','TRANS. MATERIAL P/ OBRAS DE ARTE','TRANS. INTERNOS
        (CANT. - ACOPIO)'} vatic=(vati(pdc))
183 pdv= strvcat(vatic)
184 axes(handles.axes4)
185 barh(sumda,0.5)
186 set(handles.axes4,'yTicklabel',pdv)
187 set(handles.axes4,'fontsize',6)
188 grid on title('VOLUMEN TRANSPORTADO (M3)')
189
190 % --- PARA CALCULAR EL RATIO
191 % --- PARA CALCULAR EL COSTO REAL
192 global f
193 strs=(f(:,27))
194 val= cell2mat((f(:,10)))
195 valf= cell2mat((f(:,11)))
196 ind=find(ismember(strs,'I36-2189'))
197 hini= val(ind)
198 hiniu=unique(hini,'stable')
199 hfini= valf(ind)
200 hfiniu=unique(hfini,'stable')
201 horfi=[hfiniu-hiniu]
202 horfip=horfi*168.70 % hora máquina del volquete 148.30
203 horcar=10*ones(length(horfi),1)*257.7 % hora máquina del cargador frontal 232.67 y
        AC=cumsum(horfip+horcar)
204
205 %CALCULO DE VOLUMEN REAL
206 global f
207 strs=(f(:,27))
208 val3= cell2mat((f(:,9)))
209 val4= cell2mat((f(:,32)))
210 ind=find(ismember(strs,'I36-2189'))
```

## E.2 Código Fuente para ejecutar el Informe de Productividad

```
211 strs2=(f(:,29))
212 indv=strs2(ind)
213 indv2=val4(ind)
214 ind2=find(ismember(indv,'TRANSPORTE DE MATERIAL PARA BASE'))
215 vepa=zeros(size(indv2))
216 vepa(ind2)=15
217 V=val3
218 P=vepa
219 [posicion, valor]=find(V==1)
220 for i=1:length(posicion)-1
221 hor(i)=eval(['sum(P(posicion(',num2str(i),'):posicion(',num2str(i+1),')-1))'])
222 end
223 dto=hor
224 ult=(sum(P)-sum(dto))
225 vlg=[dto ult]'
226
227 % --- CALCULO DE PRODUCCION (M3-KM)
228 poini=cell2mat((f(:,49)))
229 poiniv=poini(ind2)
230 prini=zeros(size(indv2))
231 prini(ind2)=poiniv
232 V=val3
233 Pi=prini
234 [posicion, valor]=find(V==1)
235 for i=1:length(posicion)-1
236 hor(i)=eval(['sum(Pi(posicion(',num2str(i),'):posicion(',num2str(i+1),')-1))'])
237 end
238 dttoi=hor
239 ulti=(sum(Pi)-sum(dttoi))
240 psci=[dttoi ulti]'
241
242 % --- CALCULAR EL COSTO ES MAYOR AH 1 KM
243 % Costo <1KM
244 CSTa=0.88*vlg
245 % Costo >1KM
246 dist=psci./vlg
247 CSTb=vlg.*((dist)-0.2*ones(length(psci),1))
248
249 % --- COSTO TOTAL
250 PROR=cumsum(CSTa+CSTb)
251
252 % RATIO TOTAL
253 vabadi=str2double(get(handles.badi,'string'))
254 Rareal=AC./PROR
```

## E. CÓDIGO FUENTE DE MEPCAT EN LENGUAJE MATLAB

```
255 Rameta=(1.6)*(ones(length(Rareal),1))% el ratio planificado sales de 10245/6557.20
256 vaveco1=[0;Rareal]
257 vadia=0:length(Rareal)
258 axes(handles.axes7)
259 plot(vadia,vaveco1,'g')
260 limy=1.20*max(Rareal)
261 limx=length(vadia)
262 axis([0 limx 0 limy ])
263 grid on
264 hold on
265 vaveco2=[Rameta(1);Rameta]
266 vadia=0:length(Rameta)
267 axes(handles.axes7)
268 plot(vadia,vaveco2,'r')
269 set(handles.axes7,'fontsize',7)
270 title('RATIOS DE TRANSPORTE SEMANAL $/(M3-KM)')
271 xlabel('DIAS') % x-axis label
272 ylabel('RATIO ($/m3-km)') % y-axis
273 label legend('Ratio Real','Ratio planificado (1.6)')
274
275 % --- PARÁMETRO TIEMPOS
276 case 'TIEMPOS'
277 cla(handles.axes5,'reset')
278 set(handles.axes5,'visible','off');
279 cla(handles.axes7,'reset')
280 set(handles.axes7,'visible','off');
281 cla(handles.axes8,'reset')
282 set(handles.axes8,'visible','off')
283
284 % --- PARA CALCULAR EL TIEMPO PROMEDIO DE ESPERA Y CARGA
285 global f
286 str=(f(:,16))
287 val= cell2mat((f(:,35)))
288 ind=find(ismember(str,'Cantera Ccelloccasa'))
289 nroind=length(ind)
290 sumaCA= sum(val(ind))/nroind
291 ind=find(ismember(str,'Tramo'))
292 nroind=length(ind)
293 sumaTMR= sum(val(ind))/nroind
294 sumd= [sumaCA;sumaTMR]
295 pdc=find(sumd)
296 sumda=sumd(pdc)
297 vati= {'Cantera Ccelloccasa';'Tramo'}
298 vatic=(vati(pdc))
```

## E.2 Código Fuente para ejecutar el Informe de Productividad

```
299 pdv= strvcat(vatic)
300 axes(handles.axes3)
301 barh(sumda,0.5)
302 set(handles.axes3,'yTicklabel',pdv)
303 set(handles.axes3,'fontsize',6)
304 grid on title('TIEMPO PROMEDIO DE ESPERA Y CARGA (min)')
305
306 % --- PARA CALCULAR EL TIEMPO PROMEDIO DE ESPERA Y DESCARGA
307 global f
308 strsf=(f(:,22))
309 val= cell2mat((f(:,38)))
310 ind=find(ismember(strsf,'Tramo'))
311 nroind=length(ind)
312 sumaCA= sum(val(ind))/nroind
313 ind=find(ismember(strsf,'Tramo2'))
314 nroind=length(ind)
315 sumaTMR= sum(val(ind))/nroind
316 sumd= [sumaCA;sumaTMR]
317 pdc=find(sumd)
318 sumda=sumd(pdc)
319 vati= {'Tramo','Tramo2'}
320 vatic=(vati(pdc))
321 pdv= strvcat(vatic)
322 axes(handles.axes4)
323 barh(sumda)
324 set(handles.axes4,'yTicklabel',pdv)
325 set(handles.axes4,'fontsize',6)
326 grid on title('TIEMPO PROMEDIO DE ESPERA Y DESCARGA (min)')
327
328 % --- PARA CALCULAR EL TIEMPO PROMEDIO DE ESPERA Y CARGA POR VOLQUETE EN CANTERA
329 global f
330 strsf=(f(:,27))
331 val= cell2mat((f(:,35)))
332 inda=find(ismember(strsf,'I36-2189'))
333 strsb=f(:,16)
334 strsf2=strsb(inda)
335 val= cell2mat((f(:,35)))
336 ind=find(ismember(strsf2,'Cantera Ccelloccasa'))
337 nroind=length(ind)
338 sumaCA= sum(val(ind))/nroind
339 ind=find(ismember(strsf,'I36-2125'))
340 nroind=length(ind)
341 sumaTMR= sum(val(ind))/nroind
342 sumd= [sumaCA;sumaTMR]
```

## E. CÓDIGO FUENTE DE MEPCAT EN LENGUAJE MATLAB

```
343 pdc=find(sumd)
344 sumda=sumd(pdc)
345 vati= {'I36-2189','I36-2125'}
346 vatic=(vati(pdc))
347 pdv= strvcac(vatic)
348 axes(handles.axes7)
349 barh(sumda,0.5)
350 set(handles.axes7,'yTicklabel',pdv)
351 set(handles.axes7,'fontsize',6)
352 grid on title('TIEMPO PROMEDIO DE ESPERA Y CARGA POR VOLQUETE EN CANTERA (min)')
353
354 % --- PARÁMETROS TRABAJOS
355 case 'TRABAJOS'
356 cla(handles.axes8,'reset')
357 set(handles.axes8,'visible','off');
358
359 % --- PARA CALCULAR LA DISTRIBUCION DE TIEMPO POR TIPO DE TRABAJO
360 global f
361 pro= cell2mat((f(:,51)))
362 spro= roundn(sum(pro)/60,-1)
363 cont= cell2mat((f(:,52)))
364 scont= roundn(sum(cont)/60,-1)
365 nocont= cell2mat((f(:,53)))
366 snocont= roundn(sum(nocont)/60,-1)
367 x=[spro scont snocont]
368 axes(handles.axes3)
369 pie3(x,{num2str(x(1)),num2str(x(2)), num2str(x(3))})
370 legend('Productivo','Contributorio','No contributorio')
371 set(handles.axes3,'fontsize',8)
372 title('DISTRIBUCION DE TIEMPO POR TIPO DE TRABAJO (H)')
373
374 % --- PARA CALCULAR LA DISTRIBUCION DEL TRABAJO PRODUCTIVO (HORAS)
375 global f
376 str=(f(:,30))
377 val= cell2mat((f(:,51)))
378 ind=find(ismember(strs,'ELIMINACIONES'))
379 sumaE= sum(val(ind))/60
380 ind=find(ismember(strs,'TRANS. MATERIAL DE RELLENO'))
381 sumaTMR= sum(val(ind))/60
382 ind=find(ismember(strs,'TRANS. MATERIAL P/ PAVIMENTOS'))
383 sumaTMP= sum(val(ind))/60
384 ind=find(ismember(strs,'TRANS. MATERIAL P/ OBRAS DE ARTE'))
385 sumaTMOA= sum(val(ind))/60
386 ind=find(ismember(strs,'TRANS. INTERNOS (CANT. - ACOPIO)'))
```

## E.2 Código Fuente para ejecutar el Informe de Productividad

```
387 sumaTICA= sum(val(ind))/60
388 sumd= [sumaE;sumaTMR;sumaTMP;sumaTMOA;sumaTICA]
389 pdc=find(sumd)
390 sumda=sumd(pdc)
391 vati= {'ELIMINACIONES','TRANS. MATERIAL DE RELLENO','TRANS. MATERIAL P/ PAVIMENTOS'
        ;'TRANS. MATERIAL P/ OBRAS DE ARTE','TRANS. INTERNOS (CANT. - ACOPIO)'}
392 vatic=(vati(pdc))
393 pdv= strvcat(vatic)
394 axes(handles.axes4)
395 bar(sumda,0.5,'b')
396 set(handles.axes4,'xTicklabel',pdv)
397 set(handles.axes4,'fontsize',6)      grid on
398 title('DISTRIBUCION DEL TRABAJO PRODUCTIVO (H)')
399 ylabel('HORAS') % y-axis label
400
401 % --- PARA CALCULAR LA DISTRIBUCION DEL TRABAJO CONTRIBUTORIO (HORAS)
402 global f
403 str=(f(:,31))
404 val= cell2mat((f(:,52)))
405 ind=find(ismember(strs,'ESPERA Y RETORNO (ELIMINACION)'))
406 sumaE= sum(val(ind))/60
407 ind=find(ismember(strs,'ESPERA Y RETORNO (RELLENOS)'))
408 sumaTMR= sum(val(ind))/60
409 ind=find(ismember(strs,'ESPERA Y RETORNO (PAVIMENTOS)'))
410 sumaTMA= sum(val(ind))/60
411 ind=find(ismember(strs,'ESPERA Y RETORNO (OBRAS DE ARTE)'))
412 sumaTMOA= sum(val(ind))/60
413 ind=find(ismember(strs,'ESPERA Y RETORNO (INTERNOS)'))
414 sumaTICA= sum(val(ind))/60
415 ind=find(ismember(strs,'TRASLADOS'))
416 sumaCAL= sum(val(ind))/60
417 ind=find(ismember(strs,'CALENTAMIENTO'))
418 sumaSOP= sum(val(ind))/60
419 ind=find(ismember(strs,'OTRO'))
420 sumaOTR= sum(val(ind))/60
421 sumd= [sumaE;sumaTMR;sumaTMA;sumaTMOA;sumaTICA;sumaCAL;sumaSOP;sumaOTR]
422 pdc=find(sumd) sumda=sumd(pdc)
423 vati= {'ESPERA Y RETORNO (ELIMINACION)','ESPERA Y RETORNO (RELLENOS)','ESPERA Y
        RETORNO (PAVIMENTOS)','ESPERA Y RETORNO (OBRAS DE ARTE)','ESPERA Y RETORNO (
        INTERNOS)','TRASLADOS','CALENTAMIENTO','OTRO'}
424 vatic=(vati(pdc))
425 pdv= strvcat(vatic)
426 axes(handles.axes5)
427 bar(sumda,0.5,'g')
```

## E. CÓDIGO FUENTE DE MEPCAT EN LENGUAJE MATLAB

```
428 xtick=[1 2 3 4 ]
429 set(handles.axes5,'xtick',xtick)
430 set(handles.axes5,'xTicklabel',pdv)
431 h = get(handles.axes5,'xlabel')
432 %xlabelstring = get(h,'string')
433 xlabelposition = get(h,'position')
434 yposition = xlabelposition(2)
435 yposition = repmat(yposition,length(xtick),1)
436 set(handles.axes5,'xtick',[])
437 hnew = text(xtick, yposition, pdv)
438 set(hnew,'rotation',60,'horizontalalignment','right')
439 set(handles.axes5,'fontsize',6)
440 set(hnew,'fontsize',6)
441 grid on
442 title('DISTRIBUCION DEL TRABAJO CONTRIBUTORIO (H)')
443 ylabel('HORAS') % y-axis label
444
445 % PARA CALCULAR LA DISTRIBUCION DEL TRABAJO NO CONTRIBUTORIO (HORAS)
446 global f
447 strsf=f(:,30)
448 val= cell2mat((f(:,53)))
449 ind=find(ismember(strsf,'STAND BY OPERACIÓN'))
450 sumaSOP= sum(val(ind))/60
451 ind=find(ismember(strsf,'STAND BY EQUIPO'))
452 sumaSEQ= sum(val(ind))/60
453 ind=find(ismember(strsf,'STAND BY SEGURIDAD'))
454 sumaSSE= sum(val(ind))/60
455 ind=find(ismember(strsf,'STAND BY OTRO'))
456 sumaSOTRO= sum(val(ind))/60
457 sumd= [sumaSOP;sumaSEQ;sumaSSE;sumaSOTRO]
458 pdc=find(sumd) sumda=sumd(pdc)
459 vati= {'STAND BY OPERACIÓN';'STAND BY EQUIPO';'STAND BY SEGURIDAD';'STAND BY OTRO'}
      vatic=(vati(pdc))
460 pdv= strvcatt(vatic)
461 axes(handles.axes7)
462 bar(sumda,0.25,'r')
463 set(handles.axes7,'xTicklabel',pdv)
464 set(handles.axes7,'fontsize',6)
465 grid on
466 title('DISTRIBUCION DEL TRABAJO NO CONTRIBUTORIO (H)')
467 ylabel('HORAS') % y-axis label
468
469 case 'OTROS'
470 % PARA CALCULAR HORAS CONSUMIDAS Y PROYECTADAS AL MES
```

## E.2 Código Fuente para ejecutar el Informe de Productividad

```
471 cla(handles.axes5,'reset')
472 cla(handles.axes7,'reset')
473 cla(handles.axes3,'reset')
474 set(handles.axes5,'visible','off');
475 set(handles.axes7,'visible','off')
476 set(handles.axes3,'visible','off')
477 cla(handles.axes4,'reset')
478 set(handles.axes4,'visible','off');
479 global f
480 strs=(f(:,27))
481 val= cell2mat((f(:,10)))
482 valf= cell2mat((f(:,11)))
483 ind=find(ismember(strs,'I36-2189'))
484 hini= val(ind)
485 hiniu=unique(hini,'stable')
486 hfini= valf(ind)
487 hfiniu=unique(hfini,'stable')
488 horfi=[hfiniu(end)-hiniu(1)]
489 horfi2=[horfi,0]'
490 nroi=length(hfiniu)
491 horfip=horfi/nroi*(30-nroi)
492 sumda=[horfip,0]'
493 vati= {'I36-2189','I36-2185'}
494 vatic=(vati)
495 pdv= strvcat(vatic)
496 axes(handles.axes8)
497 bar(1:2,[horfi2 sumda],0.5,'stack')
498 set(handles.axes8,'XTicklabel',pdv)
499 set(handles.axes8,'fontsize',6)
500 hold on
501 vaveco2=[230]
502 vadia=0:3
503 axes(handles.axes8)
504 plot(vadia,vaveco2,'g--')
505 grid on
506 title('HORAS CONSUMIDAS Y PROYECTADAS AL MES')
507 % PARA CALCULAR HORAS CONSUMIDAS Y PROYECTADAS AL MES
```



## Apéndice F

### Panel Fotográfico

#### F.1. Visita a la obra



Figura F.1: Campamento de la empresa constructora



Figura F.2: Cantera CCelloccasa que esta ah 14.6 km como acceso desde la progresiva 0+000 (toccto)



Figura F,3: Los volquetes utilizados en el transporte de material granular en la cantera ccelloccasa



Figura F.4: El carguio de material de base en el *Volquete A*



Figura F.5: Conformación de sub base desde las prog 4+480 - 5+500



Figura F.6: Conformación de sub base desde las prog 4+480 - 5+500



Figura F.7: Perfilado de la sub base desde las prog 4+480 - 5+500

## F. PANEL FOTOGRÁFICO

---



Figura F.8: Descarga del material de base en la esparcidora desde las prog 4+480 - 5+500



Figura F.9: Descarga del material de base en la esparcidora desde las prog 4+480 - 5+500



Figura F.10: Descarga del material de base en la esparcidora desde las prog 4+480 - 5+500



Figura F.11: La esparcidora detenido esperando otro volquete



Figura F.12: Compactación de la base desde la Prog 4+480 - 5+500



Figura F.13: Base lista para incorporar el imprimante asfáltico desde la Prog 4+480 - 5+500



Figura F.14: Imprimante asfáltico desde la Prog 4+480 - 5+500



Figura F.15: planta de elaboración de mezcla asfáltico



# Apéndice G

## Planos

G.1. Plano de Ubicación

G.2. Plano en Planta

