

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



PLANEAMIENTO Y CONTROL DE COSTOS EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN BAJO EL ENFOQUE DEL PMBOK 6TH: PROYECTO EXPANSIÓN TOROMOCHO - MINERA CHINALCO PERÚ

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

BACH. JAIME JOSEPH MAÑUICO MENDOZA

ASESOR:

MSC. ING. EDMUNDO CANCHARI GUTIÉRREZ

AYACUCHO - PERÚ

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

Real, Pontificia y Nacional
1677

Resumen

El planeamiento y control de costos es de gran importancia en todos los proyectos de construcción es por esta razón que es necesario implementar metodologías ágiles de control que faciliten una adecuada gestión de los costos y una óptima gestión del cronograma del proyecto. La implementación del método del resultado operativo como herramienta de control de los costos de acuerdo a los lineamientos del PMI-PMBOK 6th, muestra el estado financiero real del proyecto favoreciendo la adecuada toma de decisiones por parte de la gerencia del proyecto, teniendo como indicador el margen de obra. Así mismo la implementación del sistema last planner como herramienta de control de la gestión del cronograma de acuerdo a los lineamientos del PMI-PMBOK 6th, proporciona una programación maestra, semanal y diaria, desarrollando los entregables del lookahead 4WLA, porcentaje de plan completado (PPC) y teniendo como un indicador el % del PPC que mide la efectividad del sistema planeado, para la presente investigación se obtuvo un PPC acumulado de 68 %. En suma, luego de obtener los resultados de control del método del resultado operativo y el sistema last planner, se integran los resultados de éstos métodos mediante el análisis del valor ganado, que nos arroja los índices de desempeño del proyecto, obteniendo un $CPI_{cierre} = 0,85$, $SPI_{cierre} = 1,00$ y un $TCPI_{cierre} = 0,06$, los cuales cuantifican el desempeño de los costos y del cronograma del proyecto, validando de esta manera la aplicación de las metodologías implementadas.

La investigación tuvo como objetivo la implementación del modelo de gestión de control de costos y la gestión del cronograma bajo el enfoque del PMI-PMBOK, integrando el método del resultado operativo y el sistema last planner, que es una herramienta del lean construction. El objeto de estudio fue el proyecto CC-101 movimiento de tierra y concreto. La eficiencia del cronograma del proyecto se sustentó en el control del SPI (índice de desempeño del cronograma). Por otra parte, el CPI (índice de desempeño del costo) indicó la medida de la eficiencia en función de los costos, así mismo el margen de obra evidenció el estado financiero real del proyecto. En el caso del TCPI (índice de desempeño del trabajo por completar) midió el desempeño del costo que se debió alcanzar con los recursos restantes a fin de cumplir con los objetivos.

Del análisis del valor ganado mensual resultó los indicadores de desempeño CPI, SPI y

TCPI, en base a los resultados de la aplicación del método del resultado operativo y el sistema last planner.

El proyecto donde se desarrolló la investigación de tesis fue la obra CC-101 movimiento de tierra y concreto que es parte del proyecto expansión Toromocho de la unidad minera Chinalco Perú S.A.

Para la presente investigación, la guía del PMBOK® se empleó como base sobre la cual se integró las metodologías del resultado operativo, el sistema last planner y el análisis del valor ganado de acuerdo a los fundamentos para la dirección de proyectos del PMI.

PALABRAS CLAVES: Gestión de costos, gestión del cronograma, sistema last planner, método del resultado operativo, valor ganado.

Abstract

Planning and cost control is of great importance in all construction projects, which is why it is necessary to implement agile control methodologies that facilitate proper cost management and optimal management of the project schedule. The implementation of the operating result method as a cost control tool according to the guidelines of the PMI-PMBOK 6th, shows the real financial status of the project favoring the adequate decision-making by the project management, having as indicator the work margin. Likewise, the implementation of the latest planner system as a control tool for the management of the schedule according to the guidelines of the PMI-PMBOK 6th, provides a weekly, daily and master schedule, we implement the deliveries of the lookahead 4WLA, percentage of updated plan (PPC) and having as an indicator the % of the PPC that measures the accuracy of the planned system, for the present investigation an accumulated PPC of 68 % was obtained. In sum, you will then obtain the results of the control of the operating result method and the last planner system, will integrate the results of the methods through the analysis of the earned value, throw us the project performance indices, obtaining a $CPI_{closing}$ 0.85, $SPI_{close} = 1.00$ and a $TCPI_{close} = 0.06$, which quantify the cost performance and the project schedule, thus validating the application of the methodologies implemented.

The objective of the research was the implementation of the cost control management model and the schedule management under the PMI-PMBOK approach, integrating the operating result method and the last planner system, which is a lean construction tool. The object of study was the CC-101 earth and concrete movement project. The efficiency of the project schedule was based on the control of the SPI (schedule performance index). On the other hand, the CPI (cost performance index) indicated the measure of cost effectiveness, as well as the margin of work evidenced the real financial status of the project. In the case of the TCPI (work performance index to be completed), it measured the cost performance that had to be achieved with the remaining resources in order to meet the objectives.

The analysis of the monthly earned value resulted in the CPI, SPI and TCPI performance indicators, based on the results of the application of the operating result method and the last planner system.

The project where the thesis research was carried out was the CC-101 earthwork and concrete work that is part of the Toromocho expansion project of the Chinalco Peru S.A. mining unit.

For the present investigation, the PMBOK[®] textregistered guide was used as the basis on which the methodologies of the operating result, the last planner system and the analysis of the value gained were integrated according to the foundations for the management of PMI projects.

PALABRAS CLAVES: Cost management, schedule management, last planner system, operating result method, earned value.

A mis padres y en especial a mi madre Alejandrina, quien siempre me ha brindado su apoyo incondicional en todo momento de mi vida, por sus enseñanzas, consejos y por su eterna paciencia.

A mi amada esposa Noemí, quien es mi pilar fundamental que me da fortaleza y alegría día a día en mi vida.

Agradecimientos

- ☞ A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, mi alma máter y sus profesionales como docentes ingenieros y trabajadores administrativos de la Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil, especialmente a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por contribuir y ser parte de mi formación académica y profesional, durante mi vida universitaria.
- ☞ A la empresa San Martin Contratistas Generales S.A. por haberme dado la oportunidad de ser parte de su staff de personal en sus diferentes proyectos.
- ☞ A la unidad minera Chinalco Perú S.A. por ser partícipe del proyecto expansión Toromocho contrato CC101 movimiento de tierra y concreto.
- ☞ Al MSc. Ing. Edmundo Canchari Gutiérrez, como asesor de esta tesis, por haberme brindado todo el apoyo para poder seguir con el proyecto emprendido.
- ☞ A mis amigos y compañeros de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga y otros que contribuyeron en el desarrollo de este trabajo.

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
Ayacucho, agosto de 2019

Jaime Joseph MAÑUICO MENDOZA

Índice general

	<i>Página</i>
Portada	I
Resumen	I
Dedicatoria	V
Agradecimientos	VI
Índice general	VII
Lista de figuras	XI
Lista de tablas	XIV
Glosario	XV
Acronimos	XVIII
Introducción	XIX
1 Planteamiento del problema	1
1.1 Descripción del problema	1
1.1.1 En el mundo	1
1.1.2 En el Perú	3
1.1.3 En la región de Ayacucho	3
1.2 Delimitación del problema	3
1.2.1 Espacial	4
1.2.2 Temporal	8
1.2.3 Temática y unidad de análisis	8
1.3 Formulación del problema	9
1.3.1 Problema general	9
1.3.2 Problemas específicos	9
1.4 Justificación e importancia	10
1.4.1 Justificación del problema	10
1.4.2 Importancia	10

1.5	Limitaciones de la investigación	11
1.6	Objetivos	12
1.6.1	Objetivo general	12
1.6.2	Objetivos específicos	12
2	Marco teórico	13
2.1	Antecedentes	13
2.1.1	Investigaciones nacionales	14
2.1.2	Investigaciones locales	18
2.2	Bases teóricas	18
2.2.1	Project management insitute (PMI)	18
2.2.2	AACE international	19
2.3	Marco conceptual	19
2.3.1	Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos	19
2.3.2	Descripción general de la guía del PMBOK	19
2.3.3	Elementos fundamentales de la guía del PMBOK	20
2.4	Gestión del cronograma del proyecto	31
2.4.1	Procesos de gestión del cronograma	31
2.4.2	Herramientas de control del cronograma	34
2.5	Gestión de los costos del proyecto	34
2.5.1	Procesos de la gestión de costos	34
2.5.2	Metodologías ágiles de gestión de proyectos	36
3	Método de la investigación	38
3.1	Enfoque	38
3.2	Alcance	38
3.3	Diseño de investigación	38
3.4	Población y muestra	39
3.5	Hipótesis	39
3.5.1	Hipótesis general	39
3.5.2	Hipótesis específicas	40
3.6	Operacionalización de variables	40
3.6.1	Definición conceptual	43
3.6.2	Definición operacional	44
3.7	Técnicas e instrumentos	47
3.8	Técnicas estadísticas	47

3.9	Herramientas de control de costos	47
3.9.1	El método del resultado operativo	48
3.9.2	Análisis del resultado operativo pendiente	49
3.9.3	Valor ganado	55
3.10	Herramientas de control del cronograma	61
3.10.1	Programación maestra	61
3.10.2	Lookahead 4WLA	61
3.10.3	Programación semanal	61
3.10.4	Programación diaria (plan diario)	62
3.10.5	Análisis de restricciones	62
3.10.6	Porcentaje de plan cumplido (PPC)	62
3.10.7	Presupuesto de obra	62
3.10.8	Sectorización	63
3.10.9	Seguimiento y control de proyectos	64
3.10.10	Lean construction y last planner	71
3.10.11	Funcionamiento del sistema last planner	74
3.11	Desarrollo del trabajo de tesis	81
3.11.1	Aplicación: PE CC-101 movimiento de tierras y concreto	81
3.11.2	Ejecución del proyecto	87
3.11.3	Gestión del alcance del proyecto	94
3.11.4	Gestión del cronograma	102
3.11.5	Programación maestra	109
3.11.6	Programación de fase	110
3.11.7	Lookahead planning (planeamiento anticipado)	114
3.11.8	Herramientas de monitoreo y control del cronograma	126
3.11.9	Gestión de costos	127
3.11.10	Grupo de procesos de planificación	127
3.11.11	Grupo de procesos de monitoreo y control	128
3.11.12	Análisis del valor ganado	144
4	Resultados	148
4.1	Contrastación de hipótesis	148
4.1.1	Conclusión general	148
4.1.2	Conclusiones específicas	149
4.2	Análisis e interpretación	152
4.2.1	Gestión de costos y gestión del cronograma	152

5 Conclusiones	156
Conclusiones	156
Recomendaciones	156
Trabajos futuros	156
5.1 Conclusiones	156
5.2 Recomendaciones	157
5.3 Trabajos futuros	158
Bibliografía	158
Anexos	163

Lista de figuras

1.1	Análisis de los principales minerales de producción de acuerdo a la cartera de proyectos de construcción de mina 2018.	7
1.2	Temática y unidad de análisis de la investigación	8
2.1	Definición de proyecto de acuerdo a los lineamientos del PMI	20
2.2	Presentación comparativa de portafolios, programas y proyectos	22
2.3	Dirección organizacional de proyectos	23
2.4	Interrelación entre los componentes clave de los proyectos de la guía del PMBOK	23
2.5	Ciclo de vida del proyecto	24
2.6	Fases del proyecto	24
2.7	Puntos de revisión de fase	25
2.8	Procesos de la dirección de proyectos	25
2.9	Flujo de procesos	26
2.10	Procesos de la dirección de proyectos	27
2.11	Relación entre áreas de conocimiento y grupos de procesos	29
2.12	Correspondencia entre grupos de procesos y áreas de conocimiento de la dirección de proyectos	30
2.13	Descripción general de la gestión del cronograma del proyecto	33
2.14	Descripción general de la gestión de los costos del proyecto	35
2.15	Etapas de la técnica del last planner	37
3.1	Operacionalización de variables	41
3.2	Matriz de consistencia	42
3.3	Estructuración del método del resultado operativo	49
3.4	Calendario de elaboración del resultado operativo	51
3.5	Diferencia de márgenes por fase	52
3.6	Valor ganado, valor planificado y costos reales	56
3.7	Proceso del análisis del valor ganado	56
3.8	Cálculos del análisis del valor ganado	57
3.9	DAFO del estado del proyecto	57
3.10	Propuesta de gestión del presupuesto de construcción	58
3.11	Implementación de metodologías ágiles de gestión de proyectos	63
3.12	Modelo BIM proyecto expansión Toromocho - movimiento de tierra y concreto	64
3.13	Evolución de causas de no cumplimiento	66
3.14	Análisis del PAC	70
3.15	Revisión de ingeniería por especialidades	70
3.16	Los seis principios del LEAN	71
3.17	Ciclo del sistema last planner	73
3.18	Sistema de trabajo de last planner	74
3.19	Sistema de trabajo de last planner	75
3.20	Sistema de trabajo de last planner	75
3.21	Sistema de trabajo de last planner	76
3.22	Sistema de trabajo de last planner	76
3.23	Sistema de trabajo de last planner	77
3.24	Proceso de la metodología last planner	78

3.25	Porcentaje de plan completado	78
3.26	Sistema de trabajo de last planner	79
3.27	Sistema de trabajo de last planner	79
3.28	Sistema de trabajo de last planner	80
3.29	Sistema de trabajo de last planner	80
3.30	Hitos contractuales del proyecto	83
3.31	Área 2115 chancado de pebbles	84
3.32	Molienda	85
3.33	Flotación	86
3.34	Sector espesadores	86
3.35	Secuencia constructiva	87
3.36	Secuencia constructiva	88
3.37	Secuencia constructiva	89
3.38	Secuencia constructiva	90
3.39	Secuencia constructiva	91
3.40	Secuencia constructiva	92
3.41	Secuencia constructiva	93
3.42	Alcance proyecto expansión Toromocho CC-101 movimiento de tierra y concreto	94
3.43	Alcance del proyecto expansión Toromocho CC-101 movimiento de tierra y concreto	95
3.44	Etapas de vaciado de concreto molino SAG	96
3.45	Etapas de vaciado de concreto molino bolas	97
3.46	Etapas de vaciado de concreto molino bolas	97
3.47	Secuencia constructiva de la calzadura C2	98
3.48	Secuencia constructiva de la calzadura C1	98
3.49	Vista final de la cimentación C4 y pedestales	99
3.50	Tramo 01y 02 – pebbles	99
3.51	Tramo 03 y 04 – molienda	100
3.52	Control de valorizaciones y facturación	100
3.53	Histograma mano obra directa y el histograma mano obra indirecta . . .	101
3.54	Histograma de equipos	101
3.55	Control de protección de tuberías pebbles y molienda	102
3.56	Control de instalación de gavión y relleno en muro maccaferri	102
3.57	Curva S – muro maccaferri	103
3.58	Control de cimentación calzaduras y cimentación C4	103
3.59	Control de construcción de losas piso molienda	104
3.60	Control de cimentación pedestales y losas C4	104
3.61	Control de cimentación pedestales y losas C4	105
3.62	Seguimiento a la construcción de pedestales	105
3.63	Control de construcción de celdas en flotación	106
3.64	Curva S de vaciados de concreto de las celdas sur	106
3.65	Curva S de vaciados de concreto de las celdas norte	107
3.66	Control de juntas	107
3.67	Control de cierre puntos punch list	108
3.68	Control de cierre puntos punch list	108
3.69	Lista de hitos contractuales	109
3.70	Estructura de desglose de trabajo	110
3.71	Planeamiento colaborativo	111
3.72	Check list de arranque de proyecto	112

3.73	curva S de arranque de obra	112
3.74	Check list de cierre	113
3.75	Lookahead semana 36	115
3.76	Lookahead semana 36	116
3.77	Lookahead semana 36	117
3.78	Lookahead semana 36	118
3.79	Lookahead semana 36	119
3.80	Lookahead semana 36	120
3.81	Lookahead semana 36: análisis de restricciones	121
3.82	Lookahead semana 36: 4WLA porcentaje de plan completado	122
3.83	Lookahead semana 36: gráfica de porcentaje de plan completado diariamente (PPC)	123
3.84	Lookahead semana 36: causas de no cumplimiento semanal (CNC-S)	123
3.85	Lookahead semana 36: causas de no cumplimiento acumulada (CNC-A)	124
3.86	Lookahead semana 36: trazabilidad del porcentaje de plan completado	125
3.87	Sectorización del proyecto expansión Toromocho CC-101 primavera project	126
3.88	Implementación de las herramientas y técnicas para la planificación del proyecto.	127
3.89	Implementación de las herramientas de monitoreo y control	128
3.90	Resultado operativo cero	129
3.91	Resultado operativo - abril 2018	130
3.92	Resultado operativo - mayo 2018	131
3.93	Resultado operativo - junio 2018	132
3.94	Resultado operativo - julio 2018	133
3.95	Resultado operativo - agosto 2018	134
3.96	Resultado operativo - setiembre 2018	135
3.97	Resultado operativo - octubre 2018	136
3.98	Resultado operativo - noviembre 2018	137
3.99	Resultado operativo - diciembre 2018	138
3.100	Resultado operativo - enero 2019	139
3.101	Resultado operativo - costo venta por fases	140
3.102	Resultado operativo - costo venta por fases	141
3.103	Resultado operativo - análisis de riesgos	142
3.104	Evolución del margen de obra	143
3.105	Análisis del valor ganado	145
3.106	Análisis del valor ganado	145
3.107	Análisis del valor ganado	146
3.108	Análisis del valor ganado	146
5.1	Gestión del cronograma proyecto expansión Toromocho CC-101	164
5.2	Enunciado del problema	165
5.3	Paso 1	166
5.4	Paso 2	167
5.5	Paso 3	168
5.6	Paso 4	169
5.7	Paso 5	170
5.8	Paso 6	171
5.9	Paso 7	172
5.10	Paso 8	173
5.11	Paso 9	174

Lista de tablas

1.1	Desarrollo de la gestión de proyectos	1
1.2	Desarrollo de la gestión de proyectos	2
1.3	Formación de instituciones en materia de gestión de proyectos	3
1.4	Ubicación del proyecto	4
1.5	Cartera de proyectos de construcción de mina 2018.	5
1.6	Cartera de proyectos de construcción de mina 2018.	6
2.1	Procesos de la gestión del cronograma	31
3.1	Diseño de investigación	39
3.2	Definición conceptual	43
3.3	Definición conceptual	44
3.4	Definición operacional	45
3.5	Definición operacional	46
3.6	Propuesta del responsable de la validación del RO-0	60
3.7	Propuesta del responsable de la validación del RO - cierre	61
3.8	Estructura del monitoreo y control de la producción en obra	66
3.9	Propuesta del seguimiento y control del cronograma y costo	67
3.10	Índice de desempeño del cronograma (SPI)	68
3.11	Control del costo	68
3.12	Control de la venta	69
3.13	Control del contrato principal y alcance	69
3.14	Resumen de contrato CC-101 movimiento de tierra y concreto	82
3.15	Análisis del valor ganado	144
4.1	Fases sector molienda	152
4.2	Fases sector pebbles	152
4.3	Fases sector flotación	153
4.4	Fases sector espesadores	153
4.5	Fases sector generales	153
4.6	Fases sector otros	153
4.7	Interpretación de resultados	154
4.8	Interpretación de resultados	155

Glosario

- ☞ **Activos o provisiones de ingreso.** - Es todo lo ejecutado, pero no valorizado.
- ☞ **Análisis de activos.** - Es el análisis de los trabajos ejecutados y no ejecutados que pueden transformarse en ventas o costos a futuro.
- ☞ **Análisis de resultado pendiente.** - es el análisis realizado para obtener márgenes más cercanos a la realidad. Para ello consta de dos procedimientos, el primero es el análisis de activos-provisiones, y el segundo es el análisis por diferencia de márgenes.
- ☞ **Análisis de valor ganado.** - Es una herramienta de control de proyectos utilizada para medir y evaluar el desempeño de un proyecto o alguno de sus procesos respecto al cumplimiento de sus objetivos de tiempo y costo. A través de esta herramienta, es posible determinar si un proyecto o alguno de sus procesos están adelantados o atrasados respecto al plazo programado, y si están por encima o por debajo del costo presupuestado. ((Gerencia de Operaciones COSAPI, 2014))
- ☞ **Colocación de fases.** - Procedimiento a través del cual tanto la producción como el consumo de recursos en un proyecto, se les asignan fases para el control de costos y productividad.
- ☞ **Contingencia.** - Es un margen virtual disponible. Este valor puede variar en cada fecha de corte y se interpreta como un buffer del margen ponderado, por ende, si resulta negativo o cercano a cero, significa que se el margen ponderado debe ser menor y, por ende, las proyecciones deben corregirse.
- ☞ **Control de costos.** - Proceso de monitoreo del estado del proyecto para actualizar los costos y gestionar cambios a la línea base de costos.
- ☞ **Costo.** - Es toda vinculación válida entre los resultados productivos y los recursos necesarios para lograrlos.
- ☞ **Costo de stock de materiales.** - Es el valor, en términos monetarios, de los materiales que se tienen en almacén, es decir, aquellos que aún no han sido consumidos.
- ☞ **Costo real de todos los recursos gastados en el mes.** - Viene a ser todos los costos reales de los recursos gastados en el mes teniendo en cuenta las fechas de

corte, e incluyendo las provisiones de costo desde la fecha de corte hasta el último día del mes.

- ☞ **Cronograma.** - Es la salida de un modelo de programación que presenta actividades vinculadas con fechas planificadas, duraciones, hitos y recursos.
- ☞ **Delta de margen de fase (ΔMF).** - Es el proceso en el cual se reajusta las proyecciones a causa del análisis de la diferencia entre el margen real y el margen previsto de fase.
- ☞ **Extorno.** - Es el proceso por el cual las provisiones de ingreso o egreso se transforman en venta o costo respectivamente.
- ☞ **Fases.** - Es la agrupación de partidas que tengan un proceso de ejecución similar, se recomienda que un proyecto no tenga más de 10 fases para llevar un mejor control.
- ☞ **Fecha de corte.** - Es la fecha hasta la cual se van a calcular los resultados de obra del mes en evaluación.
- ☞ **Margen directo.** - Es el margen acumulado actual sin contar el costo por stock de materiales. Es decir, es la venta menos el costo.
- ☞ **Margen ponderado.** - Es el margen total previsto, es decir, una vez realizada todas las proyecciones de costo y venta de todas las fases, se obtiene un margen que estará calculado sobre la venta. Es ponderado porque compila los valores de todas las fases. Este margen incluye el costo de materiales en stock al final de la obra.
- ☞ **Margen real.** - Es el margen que resulta al haber incluido el análisis de activos y provisiones, es decir, se calcula el costo sumando y restando los activos y provisiones respectivas. En este caso, al igual que el margen directo, no se considera el costo de stock de materiales.
- ☞ **Margen real de fase.** - Es el margen que considera el costo real.
- ☞ **Método del resultado operativo.** - El método del resultado operativo es una expresión de todo el proceso de planeamiento y control, y su principal ventaja es que permite conocer en todo momento, cuál será el resultado económico final del proyecto, sobre la base del programa de actividades y el programa de recursos.

- ☞ **Metrados reales ejecutados en el mes.** - Viene a ser todos los metrados reales ejecutados en el mes teniendo en cuenta las fechas de corte, e incluyendo las estimaciones del metrado desde la fecha de corte hasta el último día del mes.
- ☞ **Planificar la gestión de los costos.** - Proceso de definir cómo se han de estimar, presupuestar, gestionar, monitorear y controlar los costos del proyecto.
- ☞ **Presupuesto meta.** - Es el monto que utiliza la empresa para el control, planificación y ejecución del proyecto, es de manejo interno y es reflejo del monto real y sincero que deberá usarse en el proyecto.
- ☞ **Presupuesto venta.** - Es el monto que la empresa cobra al propietario por construir una obra, forma parte del contrato y es utilizado para realizar las valorizaciones.
- ☞ **Productividad.** - Para un determinado proceso, es la relación entre los resultados obtenidos y los recursos utilizados para obtenerlos. La productividad mide parcialmente el desempeño de un proceso, es decir, mide la eficiencia en el uso de sólo algunos de los recursos empleados para producir resultados que sean de valor para el cliente. ((Gerencia de Operaciones COSAPI, 2014))
- ☞ **Provisiones de egreso.** - Refleja todo aquello que han ejecutado hasta la fecha de corte, pero que no se ha valorizado, es decir, es un pago que se tendrá que realizar a futuro.
- ☞ **Proyecciones de costo.** - Son las proyecciones que se realizan para cada agrupación existente (materiales, mano de obra, subcontratos, equipos, staff, riesgos, entre otros).
- ☞ **Rendimiento.** - Es el inverso de la productividad, es decir, la relación entre los recursos utilizados y los resultados obtenidos por un proceso. ((Gerencia de Operaciones COSAPI, 2014))
- ☞ **Venta.** - Es todo aquello que se cobra al cliente dentro del marco de ejecución de obra.

Acrónimos

AC. - Costo real.

BAC. - Presupuesto hasta la conclusión.

CPI. - Índice de desempeño del costo.

CPM. - Método de la ruta crítica.

CV. - Variación del costo.

EAC. - Estimación a la conclusión.

ETC. - Estimación hasta la conclusión.

EV. - Valor ganado.

EVM. - Gestión del valor ganado.

LPS. - Sistema last planner.

PMBOK. - Fundamentos para la dirección de proyectos.

PV. - Valor planificado.

RBS. - Estructura de desglose de riesgos.

RFI. - Solicitud de información.

RFP. - Solicitud de propuesta.

RO. - Resultado operativo.

SPI. - Índice de desempeño del cronograma.

SV. - Variación del cronograma.

SWOT. - Debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades (DAFO).

VAC. - Variación a la conclusión.

WBS. - Estructura de desglose del trabajo (EDT).

TCPI. - Índice de desempeño del trabajo por completar.

Introducción

Hoy en día muchos proyectos de construcción carecen de herramientas adecuadas para el monitoreo y control en la gestión de los costos de la misma manera en la gestión del cronograma, lo que conlleva a retrasos en el proyecto y una disminución en el margen de obra. La competitividad en nuestros días exige la implementación de metodologías ágiles en el sector construcción, más aún cuando el proceso constructivo se desarrolla dentro un proyecto minero de gran escala. El problema de la presente investigación se basa en la necesidad de implementar el método del resultado operativo y el sistema last planner en la gestión de los costos y la gestión del cronograma de un proyecto de construcción, de acuerdo a los lineamientos del PMI.

La finalidad de integrar el sistema last planner con el método del resultado operativo en un proyecto de construcción bajo el enfoque del PMI, es cuantificar el desempeño de los costos y el cronograma mediante KPIs, que faciliten un mejor análisis y a su vez mejorar la gestión del proyecto.

Si se implementase el método del resultado operativo y el sistema last planner, ¿mejoraría la gestión de los costos y la gestión del cronograma?. Así mismo se pretende desarrollar una estructura de costos de acuerdo a la metodología del resultado operativo e implementar el sistema last planner en la gestión del cronograma mediante entregables de control (4WLA, PPC y %PPC), integrando los resultados mediante el análisis del valor ganado.

Las buenas prácticas del PMI recomiendan implementar metodologías ágiles en las diferentes áreas de conocimiento de los proyectos, siguiendo este lineamiento la presente investigación busca implementar herramientas de control en las áreas de conocimiento de los costos y el cronograma. Así pues, todo aquello que pueda ser cuantificado, podrá ser analizado y por ende mejorado.

La investigación desarrollada titulado: **Planeamiento y control de costos en proyectos de construcción bajo el enfoque del PMBOK 6th proyecto expansión Toromocho minera Chinalco Perú**, está referido en mejorar los índices de desempeño de los costos y del cronograma del proyecto.

El método del resultado operativo es una herramienta de control de costos que muestra

el estado financiero real de la obra. Por otro lado, el sistema last planner facilita una programación basada en el análisis de restricciones del proyecto. Tomando los resultados del sistema last planner y del método del resultado operativo se realizó el análisis del valor ganado de acuerdo a los lineamientos del PMI-PMBOK 6th.

En todo proyecto de construcción, es de gran importancia mantenerse dentro de los márgenes de presupuestos estimados originalmente. Y para ello, es necesario identificar y analizar las desviaciones durante la etapa de ejecución, de modo que se tomen acciones correctivas. En conclusión, la implementación de metodologías ágiles en la gestión del cronograma y la gestión de costos proporcionan indicadores de gestión que garantizan el éxito del proyecto en todas sus dimensiones.

Planteamiento del problema

1.1 Descripción del problema

1.1.1 En el mundo

El planeamiento y control de costos no es nueva, se ha practicado desde la antigüedad, por ejemplo; las pirámides de Giza, los juegos olímpicos, la gran muralla China, el Taj Mahal, etc. fueron proyectos que demandaron una gran planificación de sus recursos ya sea en tiempo y costos.

Actualmente se tiene la necesidad de implementar metodologías ágiles de gestión en los proyectos para poder optimizar recursos, costos y tiempos, cumpliendo con la calidad y el alcance del proyecto. Es por ello que se requiere desarrollar herramientas de control para las diferentes áreas de conocimiento y durante las distintas fases del proyecto.

Tabla 1.1: Desarrollo de la gestión de proyectos

Breve historia sobre el planeamiento y control de costos	
AÑO	SUCESO / CONCEPTO
1956	Se forma la American Association of Cost Engineers (ahora AACE International).
1957	Se creó el método de ruta crítica o critical path method (CPM) inventado por Dupont Corporation.
1958	La armada de los Estados Unidos inventa la técnica de revisión y evaluación de programas (Program Evaluation and Review Technique o PERT), utilizada para el proyecto Polaris.
1962	El departamento de defensa de los Estados Unidos ordena aplicar la estructura de desglose de trabajo (Work Breakdown Structure, WBS).
1965	Se funda la International Project Management Association (IPMA).

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1.2: Desarrollo de la gestión de proyectos

1969	Nace en los Estados Unidos el Project Management Institute (PMI®).
1975	Se publica el primer trabajo sobre BIM por Chuc Eastman.
1975	Simpact Systems Limited crea el Método PROMPTII.
1984	Se introduce la teoría de las restricciones por el Dr. Eliyahu M. Goldratt en su novela “The goal” (La meta).
1984	El PMI establece las primeras certificaciones PMP.
1986	Se nombra a SCRUM como un nuevo estilo de administración de proyectos.
1987	Se publica por primera vez la guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (PMBOK®) por el PMI®.
1989	Gestión del valor ganado (EVM). Se desarrolla el método de desarrollo PRINCE a partir de PROMPTII.
1996	La Agencia Central de informática y Telecomunicaciones del Gobierno del Reino Unido publica PRINCE2®
1997	Se implementa el critical chain project management (CCPM) en la dirección de Proyectos
1997	Se funda el Lean Construction Institute por Glenn Ballard y Greg Howell
1998	El PMBOK® se convierte en un estándar ANSI
2000	El PMI publica la 2 edición de la guía del PMBOK®
2004	El PMI publica la 3 edición de la guía del PMBOK®
2006	La AACE International publica el total cost management framework
2008	El PMI publica la 4 edición de la guía del PMBOK®
2009	Revisión a fondo de PRINCE2® por la oficina de comercio del gobierno de Reino Unido
2011	Aparición de la nueva credencial del PMI® Agile Certified Practitioner
2012	Aparición de la certificación PRINCE2® Professional. Publicación de la 5 Edición de la Guía PMBOK®. Posible publicación de la Norma ISO 21500 sobre Project Management
2013	El PMI publica la 5 edición de la guía del PMBOK®
2017	El PMI publica la 6 edición de la guía del PMBOK®
2018	Uso obligatorio de BIM en España en proyectos de licitaciones públicas de edificación

Fuente: Elaboración propia

1.1.2 En el Perú

En el Perú no se desarrollan metodologías ágiles para el control y monitoreo de los proyectos, que garanticen una adecuada gestión de los proyectos. La carencia de metodologías ágiles de gestión de proyectos dificulta el planeamiento y control de costos de las obras de manera adecuada, lo que conlleva a discrepancias en el proceso de entrega de obra ya que esto implica temas de conciliación y arbitrajes. En conjunto la inserción de metodologías internacionales viene siendo implementada por algunas empresas constructoras del país sin embargo aún se encuentra pendiente una masiva difusión e implementación.

Tabla 1.3: Formación de instituciones en materia de gestión de proyectos

Breve historia sobre el planeamiento y control de Costos	
AÑO	SUCESO / CONCEPTO
1999	Se forma el PMI Lima Perú chapter.
2011	Se forma el Lean Construction Institute Perú (LCPI PERÚ).
2013	Se forma el AACE International Perú.

Fuente: Elaboración propia

1.1.3 En la región de Ayacucho

Los proyectos de construcción que se desarrollan en la región de Ayacucho en su mayoría carecen de una gestión adecuada en las etapas de inicio, planificación, ejecución, monitoreo - control y cierre del proyecto, lo que se ve reflejado en entregas de obra con muchas observaciones, obras no liquidadas, procesos de arbitraje, entre otros. Existen metodologías como el método del resultado operativo, el sistema last planner y el análisis del valor ganado, que permiten llevar un adecuado control del estado financiero del proyecto el cual simplifica los procesos de liquidación de obra, a su vez proporciona sustentos para la solución de controversias.

1.2 Delimitación del problema

La presente investigación busca implementar el método del resultado operativo y el sistema last planner en la gestión del cronograma y la gestión de costos en la obra CC-101 movimiento de tierra y concreto del proyecto Expansión Toromocho - Minera

Chinalco Perú SA. En el cual se realizó trabajos de movimiento de tierras, colocación de concreto, trabajos de electromecánica, piping, construcción de espesadores y montaje de estructuras de soporte de la nueva planta de procesos de la mina, para lo cual el proyecto se sectorizó en 04 áreas de trabajo para tener un mejor control del avance, de acuerdo a los lineamientos de la metodología del sistema last planner: pebbles, molienda, molinos y espesadores. En la gestión de costos se elaboró los siguientes entregables: el resultado operativo mensual. En la gestión del cronograma, se realizó la implementación del sistema last planner, desarrollando los siguientes entregables: lookahead, PPC y la trazabilidad del PPC.

1.2.1 Espacial

Geográficamente el proyecto se encuentra ubicado en la región de Junín:

Tabla 1.4: Ubicación del proyecto

Datos Generales	
	
Proyecto	CC-101 Movimiento de tierra y concreto
Licitante / Propietario	Minera Chinalco Perú S.A.
Ubicación	El proyecto se ubica a 4,500 a 5,000 m.s.n.m.
Departamento	Junín / Yauli / Morococha
Modalidad	Precios Unitarios
Monto estimado	63.26 MM PEN
Plazo	283 días (10 meses)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1.5: Cartera de proyectos de construcción de mina 2018.

Proyecto	Operador	MMUS\$
Ampliación Toquepala	Southern Perú Copper Corporation	1,255.0
Ampliación Shahuindo (fase II)	Shahuindo S.A.C.	109.0
Ampliación Marcona	Shougang Hierro Perú S.A.A.	1,300.0
Quellaveco	Anglo American Quellaveco S.A.	4,882.0
Mina Justa	Marcobre S.A.C.	1,348.4
Pampa de Pongo	Jinzha Mining Perú S.A.	2,500.0
Tía María	Southern Perú Copper Corporation	1,400.0
Optimización Lagunas Norte	Minera Barrick Misquichilca S.A.	639.8
Corani	Bear Creek Mining S.A.C.	585.0
Ollachea	Minera Kuri Kullu S.A.	177.5
Pukaqaqa	Nexa Resources Perú. S.A.A.	706.3
Magistral	Nexa Resources Perú. S.A.A.	480.0
Río Blanco	Río Blanco Copper S.A.	2,500.0
Ariana	Ariana Operaciones Mineras S.A.C	125.0
Fosfatos Pacífico	Fosfatos del Pacífico S.A.	831.1
Ampliación La Arena (fase II)	La Arena S.A.	130.0
Ampliación Toromocho	Minera Chinalco Perú S.A.	1,300.0
Ampliación Bayóvar	Compañía Minera Miski Mayo S.R.L.	520.0
Ampliación Pachapaqui	ICM Pachapaqui S.A.C.	116.5
Ampliación Santa María	Compañía Minera Poderosa S.A.	114.0
Conga	Minera Yanacocha S.R.L.	4,800.0
Relaves B2 San Rafael	Minsur S.A.	200.0
Coroccohuayco	Compañía Minera Antapaccay S.A.	590.0
San Gabriel (Ex Chucapaca)	Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.	450.0
Michiquillay	Southern Perú Copper Corporation	2,500.0

Fuente: Tabla tomada desde (Ministerio de Energía y Minas, 2018)

Tabla 1.6: Cartera de proyectos de construcción de mina 2018.

Proyecto	Operador	MMUS\$
Hierro Apurímac	Apurímac Ferrum S.A.	2,900.0
Cañariaco	Cañariaco Copper Perú S.A.	1,600.0
El Galeno	Lumina Copper S.A.C.	3,500.0
Haquira	Minera Antares Perú S.A.C.	2,824.0
Cañón Florida (Ex Bongará)	Nexa Resources Perú. S.A.A.	214.0
Los Chancas	Southern Perú Copper Corporation	2,800.0
Zafranal	Compañía Minera Zafranal S.A.C.	1,160.0
Accha	Exploraciones Collasuyo S.A.C.	345.5
Trapiche	El Molle Verde S.A.C.	650.0
Antilla	Panoro Apurímac S.A.	603.0
El Padrino (Ex Hilarión)	Nexa Resources Perú. S.A.A.	470.0
Quechua	Compañía Minera Quechua S.A.	850.0
Don Javier	Junefield Group S.A.	600.0
Los Calatos	Minera Hampton Perú S.A.C	655.0
La Granja	Rio Tinto Minera Perú Limitada S.A.C.	5,000.0
Rondoní	Compañía Minera Vichaycocha S.A.	250.0
Fosfatos Mantaro	Mantaro Perú S.A.C.	850.0
Quicay II	Corporación Minera Centauro S.A.C.	400.0
Anubia	Anubia S.A.C.	90.0
Cotabambas	Panoro Apurímac S.A.	1,486.2
Macusani	Macusani Yellowcake S.A.C.	300.0
Racaycocha Sur	Minera Peñoles de Perú S.A.	1,000.0
San Luis	Reliant Ventures S.A.C.	100.0
Quecher Main	Minera Yanacocha S.R.L.	300.0

Fuente: Tabla tomada desde (Ministerio de Energía y Minas, 2018)



Figura 1.1: Análisis de los principales minerales de producción de acuerdo a la cartera de proyectos de construcción de mina 2018.

Fuente: Elaboración propia

1.2.2 Temporal

La investigación se desarrolló en el periodo de marzo 2018 a enero 2019 en el proyecto expansión Toromocho CC-101 movimiento de tierra y concreto.

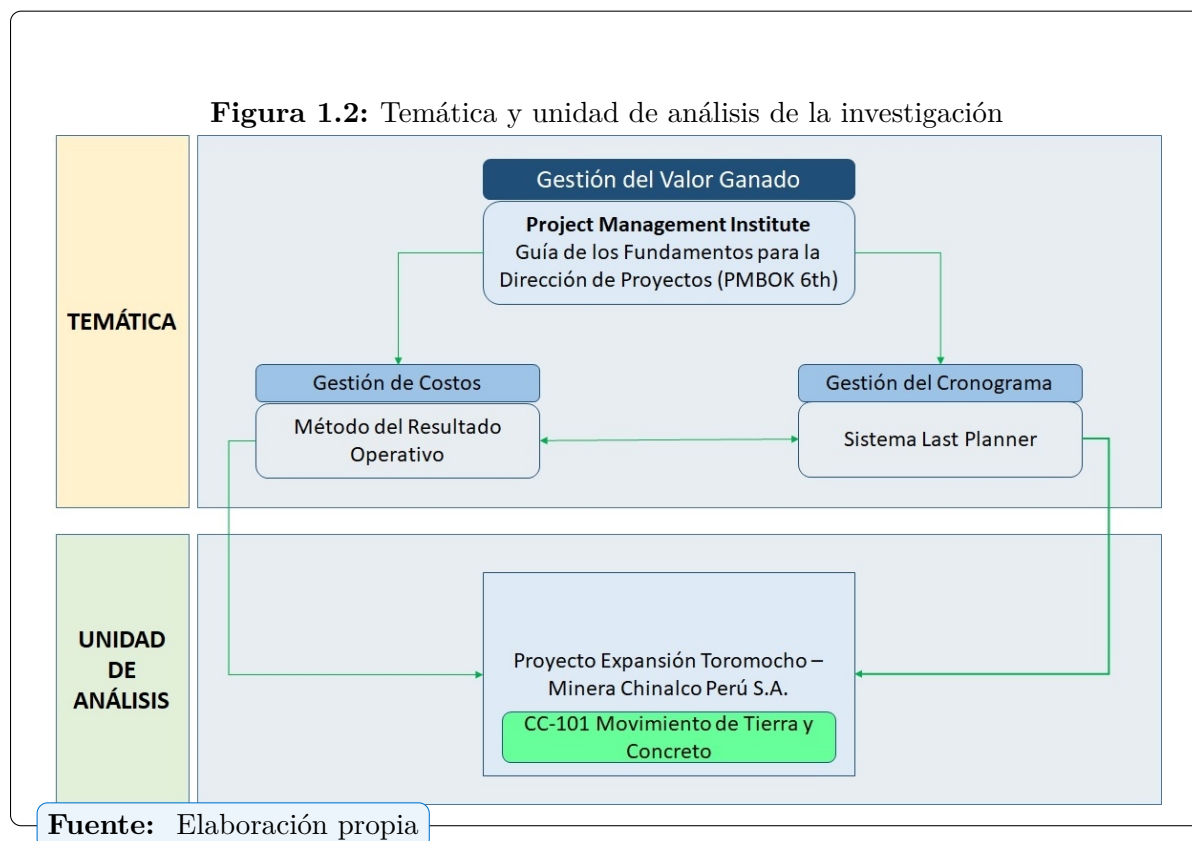
1.2.3 Temática y unidad de análisis

1.2.3.0 Temática

La temática desarrollada en la investigación aborda las siguientes metodologías de gestión de proyectos: Para la gestión del cronograma se implementó el sistema last planner. Para la gestión de los costos se implementó el método del resultado operativo. Para integrar los resultados del método del resultado operativo y el sistema last planner se desarrolló el análisis del valor ganado bajo el enfoque del PMI - PMBOK 6th.

1.2.3.0 Unidad de análisis

La unidad de análisis de la investigación aborda el proyecto expansión Toromocho CC-101 movimiento de tierra y concreto en la minera Chinalco Perú.



1.3 Formulación del problema

- ☞ ¿De qué manera influye la implementación de herramientas de control en la gestión de los costos y el cronograma en un proyecto de construcción?
- ☞ ¿Son adecuados los métodos tradicionales de planeamiento y control de costos utilizados actualmente por las empresas que ejecutan obras de construcción?
- ☞ La presente investigación tiene por finalidad la implementación del sistema last planner y el método del resultado operativo en las áreas del conocimiento de la gestión del cronograma y la gestión de costos respectivamente, de acuerdo a la guía del PMI sobre los fundamentos para la dirección de proyectos (PMBOK - 6th).

1.3.1 Problema general

¿Cómo implementar el sistema last planner y el método del resultado operativo en la gestión del cronograma y la gestión de los costos de acuerdo a la guía del PMBOK - PMI, en el proyecto expansión Toromocho de la minera Chinalco Perú?

1.3.2 Problemas específicos

1. ¿De qué modo se puede calcular el margen de obra al implementar el método del resultado operativo en la gestión de costos de acuerdo a los lineamientos del PMI?
2. ¿De qué manera se puede cuantificar el cumplimiento del plan programado mediante el sistema last planner en la gestión del cronograma de acuerdo a los lineamientos del PMI?
3. ¿De qué modo se puede medir el desempeño de los costos y el cronograma al integrar el método del resultado operativo con el sistema last planner mediante la gestión del valor ganado de acuerdo a los lineamientos del PMI?

1.4 Justificación e importancia

1.4.1 Justificación del problema

- ☞ Tiempo atrás la utilidad de las empresas constructoras era elevada debido en gran parte a la falta de regulación, sin embargo, debido al ingreso de empresas extranjeras que trajeron tecnología y mejoras en los procesos constructivos, ésta disminuyó drásticamente, demostrando nuestro bajo nivel productivo pues no se había mejorado en el área de gestión de proyectos y se continuaban ejecutando las obras basados en la experiencia y la pericia, que tenía a la intuición como herramienta fundamental de toma de decisiones; ahora bien, el perfeccionamiento de los sistemas de gerencia y gestión de proyectos ha avanzado y hoy en día brindan herramientas de monitoreo y control que permiten lograr resultados susceptibles de cuantificación.
- ☞ El trabajo de investigación aborda la implementación de metodologías ágiles en la gestión de proyectos como son las herramientas de control del método del resultado operativo y el sistema last planner de acuerdo a los lineamientos del PMI - PMBOK, aplicadas en el proyecto expansión Toromocho CC-101 movimiento de tierra y concreto.
- ☞ Es conveniente la aplicación del sistema integrado RO - LPS - PMI. Puesto que estas metodologías generan entregables que pueden servir de sustentos reales frente a procesos de regulación: Entrega de obra, controversias, peritajes, liquidaciones de obra y arbitrajes.
- ☞ Es conveniente para las profesionales que se encuentran vinculados a las áreas de planeamiento de proyectos e ingeniería de costos.
- ☞ Es apropiado para la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga dado que tiene como parte de sus fines la investigación científica dentro de la línea de investigación del área de construcciones y de la gerencia de proyectos.

1.4.2 Importancia

- ☞ La implementación el método del resultado operativo en la gestión de los costos muestra el estado financiero real del proyecto por consiguiente su rentabilidad.

- ☞ La aplicación del sistema last planner en la gestión del cronograma simplifica el análisis de las restricciones del proyecto.
- ☞ Al realizar el análisis del valor ganado (EVA) se obtiene los índices de desempeño en costo (CPI), cronograma (SPI) y el trabajo por completar (TCPI), integrando los resultados obtenidos del método del resultado operativo y el sistema last planner.

1.5 Limitaciones de la investigación

Limitaciones metodológicas.

- ☞ La investigación sólo abarca el proyecto CC-101 movimiento de tierra y concreto, el cual es uno de los componentes del megaproyecto expansión Toromocho, mas no los demás componentes.
- ☞ La recopilación de datos es a partir de los partes diarios de producción y equipos, que son usados para la elaboración de los estados de pago.
- ☞ La investigación se limita a gestionar 02 áreas de conocimiento del PMBOK 6th (gestión del cronograma y la gestión de costos), dejando para futuras investigaciones trabajar con las 10 áreas de conocimiento en su conjunto y no se discute tales áreas en esta investigación.
- ☞ La investigación precisa las áreas de conocimiento de gestión del cronograma y gestión de los costos de acuerdo a los lineamientos del PMI.
- ☞ La metodología del resultado operativo comprende únicamente la gestión de los costos.
- ☞ El sistema last planner se ciñe a la gestión del cronograma.
- ☞ La metodología del valor ganado integra solamente los resultados mensuales del método del resultado operativo y del sistema last planner.

Limitaciones de la investigación

- ☞ El acceso al lugar de investigación es limitada debido a sus restricciones por temas de seguridad.
- ☞ La presente investigación se desarrolló en el proyecto expansión Toromocho CC-101 movimiento de tierra y concreto en la minera Chinalco Perú, dentro del marco de un contrato de construcción privado.

1.6 **Objetivos**

1.6.1 **Objetivo general**

- ☞ Cuantificar el desempeño de la gestión del cronograma y la gestión de los costos mediante la implementación del método del resultado operativo, el sistema last planner y al análisis del valor ganado de acuerdo a los lineamientos del PMI en el proyecto expansión Toromocho CC-101 movimiento de tierra y concreto de la minera Chinalco Perú.

1.6.2 **Objetivos específicos**

1. Medir el desempeño de los costos y el margen de obra al implementar el método del resultado operativo en la gestión de los costos del proyecto expansión Toromocho CC-101 movimiento de tierra y concreto de la minera Chinalco Perú.
2. Medir el desempeño del cronograma al implementar el sistema last planner en la gestión del cronograma del proyecto expansión Toromocho CC-101 movimiento de tierra y concreto de la minera Chinalco Perú.
3. Calcular los índices de desempeño de la obra mediante la aplicación de la metodología del valor ganado integrando los resultados del método del resultado operativo y el sistema last planner

Marco teórico

En este capítulo se desarrolla el avance de las investigaciones en la gestión del cronograma, la gestión de costos y el análisis del valor ganado en proyectos de construcción.

2.1 Antecedentes

El estudio del planeamiento y control de costos en obras de construcción bajo el enfoque del PMBOK es ampliamente estudiado por muchos autores que realizaron trabajos relacionados de investigación, se consideran:

El trabajo es importante ya que se plantea implementar herramientas que mejoren los índices de desempeño de la gestión del cronograma y la gestión de costos, los cuales son incidentes en la gestión de un proyecto.

Actualmente las grandes empresas constructoras llevan un control más detallado de la planificación, el avance y ejecución del proyecto. Lo cual incita a los profesionales involucrados en la construcción a desarrollar habilidades y manejo de herramientas de control que estén acordes a la necesidad del proyecto.

Los proyectos de gran envergadura requieren la participación multidisciplinaria de diferentes áreas, para lo cual se debe llevar un control de los costos mediante metodologías como el método del resultado operativo. La gestión del cronograma requiere la implementación de herramientas de control que registren el avance diario, porcentajes de cumplimiento diario, etc. (PPCs, lookahead)

Principalmente se abordará los temas de gestión de proyectos, gestión del cronograma, gestión de costos, herramientas de control y metodologías ágiles de gestión.

2.1.1 Investigaciones nacionales

Implantación del sistema de planeamiento y control de costos por procesos para empresas de construcción. (Briceño Balarezo, 2003)

- ① Los costos juegan un papel muy importante en el proceso de toma de decisiones. Cuando se puedan asignar valores cuantitativos a las opciones, la gerencia de proyectos cuenta con un indicador acerca de cuál es la opción más conveniente desde el punto de vista económico.
- ② El concepto del valor ganado fue desarrollado en la industria americana hace más de tres décadas y existe una gran cantidad de información estadística que demuestra su utilidad, sin embargo, el concepto nunca se fomentó o aplicó ampliamente en el sector privado. Muchos piensan que esto no fue culpa de la técnica sino del modo de implementarse, el lenguaje confuso y nuevo, e incontables reglas e interpretaciones que confunden y restringen el modo de utilizar el concepto. Por este motivo debemos encontrar una forma de simplificar la teoría a su esencia para poder adoptarla a gran escala en nuestras operaciones y encontrar el balance entre su utilidad y el esfuerzo que demanda implementar el proceso de control.

Control de costos en obras de construcción civil. (Chavarry Vallejos, 2010)

El control del desarrollo de obras, a partir del análisis y mejoramiento de procesos modernos de construcción involucrando guías de trabajo plenamente establecidas y concebidas por profesionales que busquen un solo objetivo: El éxito de los proyectos a través del control.

Importancia de la planificación, para el éxito de los proyectos, aplicando una metodología estándar de gestión de proyectos. (Salgado Canal, 2010)

Según la complejidad del proyecto que se desarrolle, la planificación debería ser por lo menos un 10 % del tiempo contractual. Pero también se sabe por las experiencias en proyectos, que antes de que inicie el plazo contractual, el equipo de gestión inicial (residente, gerente) va perfilando la planificación, logrando de esta manera mejorar esta ratio de tiempo de planificación de 10 % a un 20 %.

Aplicación del planeamiento y control de costos por procesos en la obra línea de transmisión 60kv Chacapunte - Explorador. (Valdiviezo Sarmiento, 2010)

- 1 El método de control de costos por procesos es el más adecuado para emplearse en proyectos eléctricos en alta, media y baja tensión, ya que estas están conformadas por un conjunto de actividades diferenciadas, identificables, medibles, y en las cuales se usan recursos específicos
- 2 En una obra es de gran importancia el registrar por separado los costos que generan cada una de las actividades que conforman el desarrollo del proyecto, así como también es importante el registrar de manera rigurosa el avance real (valor ganado). Sin estos registros (data) no será posible efectuar un análisis efectivo y eficiente del desempeño del proyecto en cualquier etapa de su desarrollo.

Gerencia del conocimiento: propuesta para la administración de contratos en proyectos de construcción. (Gonzales Prado, 2011)

Es claro que en la era del conocimiento, en la cual está inmersa la sociedad, el conocimiento es lo que mayor valor aporta y además este intangible es la fuente de riqueza actual. Es por eso que cada vez un mayor número de empresas ejecuta proyectos bajo la modalidad de gerencia de la construcción en donde la empresa sólo vende el servicio de gestionar el proyecto, es decir vende conocimiento.

Implementación del sistema de planeamiento y control de costos para el montaje electromecánico de la planta de recuperación de zinc. (Romero Campos, 2011)

Con el uso de las técnicas de control de proyectos se analizan y se ajustan proyecciones en base a los informes de producción semanal, lo cual podemos medir los rendimientos y saber en qué actividad se atrasó o se perdió dinero, asimismo identificar los problemas para buscar posibles soluciones y actualizar las proyecciones en el tiempo.

Planeamiento programación y control aplicado a los procesos constructivos de la estructura de 16 edificios multifamiliares. (Mallma Rosas, 2011)

Implementación de un sistema de planeamiento y control de costos, para asegurar el valor de proyectos de construcción en una empresa de servicios de ingeniería y construcción. (Lora Benites, 2013)

En la elaboración del resultado operativo del proyecto es recomendable incluir en todos los proyectos una contingencia como porcentaje del costo directo, para cubrir algunas eventualidades, imprevistos, retrabajos, etc., durante la ejecución del proyecto, siempre y cuando estas condiciones no se constituyan en un nuevo alcance del proyecto.

Planificación y control del costo y plazo de la construcción del proyecto de oficinas schreiber 220. (Carazas Cotrina, 2014)

Es necesario que antes del comienzo de obra, se realice una compatibilización de los planos de las distintas especialidades para solucionar los posibles errores que se puedan encontrar en ellos. Esta acción es fundamental debido a que estas equivocaciones generan atrasos en la obra, ya que no se puede avanzar una determinada actividad hasta liberar esta restricción, lo cual genera reprogramaciones y un malestar general en obra. Asimismo, se recomienda el uso de herramientas BIM para solucionar este tipo de problemas antes del inicio del proyecto para evitar estas dificultades a lo largo del proceso de ejecución.

Gestión del valor ganado en el control de costos de equipos en la construcción de la planta concentradora Toromocho. (Holguín Sologuren, 2014)

Gestión de costos en edificaciones. (Cusicanqui Cáceres, 2015)

Se debe establecer el flujo de control de costos, para que esto sea un proceso de pasos a seguir y nos permita evitar desviaciones en el cálculo de resultados. Así como la periodicidad del mismo, generalmente emitimos un reporte general una vez al mes, consolidado en la entrega del panel de control.

Aplicación de herramienta de planeamiento lookahead en construcción de proyecto inmobiliario multifamiliar de 10 pisos. (Oroz Tito, 2015)

En el campo existe mucha dificultad en implementar el sistema de control de productividad, por la gran cantidad de frentes de trabajo en el campo, por lo que, para lograr éxito

en la implementación, es necesario que exista un gerente de obra, superintendente, o coordinador general que dé soporte y se encargue de liderar al grupo al equipo técnico de obra.

Resultado operativo en la construcción de un edificio de oficinas LEED. (Bacón Gutiérrez, 2016)

- 1 Resultado operativo es una herramienta que, con el soporte de una ordenada y metódica cultura organizacional, es capaz de asegurar el valor de los proyectos de construcción.
- 2 El resultado operativo es un sistema de planeamiento y control de proyectos efectivo pues conjuga una gran variedad de aspectos como: avance físico, producción, rendimientos, resultado económico (control de costos), resultado financiero (control de flujo de caja).

Implementación del método del resultado operativo en la ampliación del campus de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (San Martín de Porres - Lima). (Pérez Lama, 2016)

- 1 Resultado operativo es una herramienta que, con el soporte de una ordenada y metódica cultura organizacional, es capaz de asegurar el valor de los proyectos de construcción.
- 2 El resultado operativo es un sistema de planeamiento y control de proyectos efectivo pues conjuga una gran variedad de aspectos como: avance físico, producción, rendimientos, resultado económico (control de costos), resultado financiero (control de flujo de caja).

Propuesta de metodología de gestión de los interesados para el éxito de los proyectos de construcción en el Perú. (Quispe Riveros, 2017)

Control de costos mediante el método resultado operativo. (López Ramírez, 2017)

Al aplicar el método del resultado operativo para el control de costos en la construcción de la Universidad Tecnológica del Perú, se determina que se mejora la toma de decisiones en la planificación, se mejora la gestión de recursos y se controla el tiempo.

Planeamiento y control de costos de la obra túnel de desvío del río Asana del proyecto minero Quellaveco - Moquegua aplicando el resultado operativo. (Chambilla Chambilla, 2017)

El método del resultado operativo se puede utilizar para la gestión integral de costos de todas las obras de construcción, así estas vayan cambiando durante su desarrollo.

2.1.2 Investigaciones locales

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. (Curipaco Jaime, 2015)

Esta investigación se basa en los lineamientos de la guía del PMBOK y su herramienta la técnica de valor ganado, los cuales son ejes para su aplicación mediante el informe de productividad, asimismo menciona que la guía de los fundamentos para la dirección de proyectos es una herramienta muy poderosa e indispensable en la gestión de proyectos.

Aplicaciones de la teoría de restricciones para la priorización de acciones de gestión y proyectos en la EPSASA - 2014. (Quicaño Rojas, 2015)

De esta investigación se concluye que mediante la implementación de técnicas de gestión se puede lograr optimizar los costos y desarrollar un listado de proyectos de acuerdo a la realidad de Epsasa.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Project management insitute (PMI)

El project management institute (PMI) busca formular estándares profesionales en gestión de proyectos, generar conocimiento a través de la investigación y promover la gestión de proyectos.

2.2.2 AACE international

La AACE International (Association for the Advancement of Cost Engineering International) es una asociación que provee principios y conceptos de gestión e ingeniería de costos en todo el ciclo de vida de cualquier empresa, programa, instalaciones, proyecto, producto o servicio.

2.3 Marco conceptual

2.3.1 Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos

2.3.2 Descripción general de la guía del PMBOK

La guía del PMBOK (guía de los fundamentos para la dirección de proyectos) es diferente de una metodología. Una metodología es un sistema de prácticas, técnicas, procedimientos y reglas utilizado por quienes trabajan en una disciplina. Esta guía del PMBOK es una base sobre la que las organizaciones pueden construir metodologías, políticas, procedimientos, reglas, herramientas y técnicas y fases del ciclo de vida necesarios para la práctica de la dirección de proyectos. (PMI, 2017)

Un vocabulario común es un elemento esencial en toda disciplina profesional. El PMI proporciona el vocabulario profesional base que puede ser utilizado de manera consistente por organizaciones, directores de portafolios, directores de programa directores de proyecto y otros interesados del proyecto. (PMI, 2017)

El PMI publica el código de ética y conducta profesional para difundir confianza en la profesión de dirección de proyectos y para ayudar a un individuo a tomar decisiones inteligentes, especialmente frente a situaciones difíciles donde puede que al individuo se le pida comprometer su integridad o sus valores. (PMI, 2017)

2.3.3 Elementos fundamentales de la guía del PMBOK

Los elementos fundamentales de la guía de los fundamentos para la dirección de proyectos según el PMI son:

Proyectos

Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único.

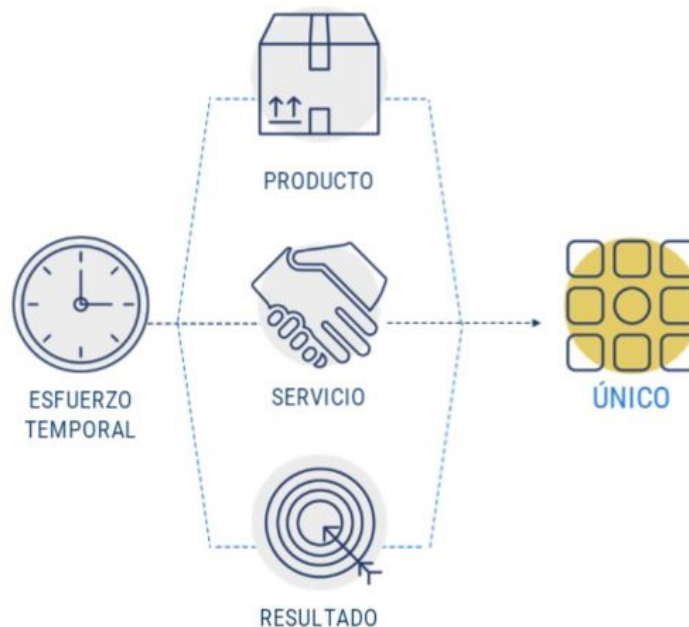


Figura 2.1: Definición de proyecto de acuerdo a los lineamientos del PMI

Fuente: Elaboración propia

- ☞ *Producto, servicio o resultado único.* Los proyectos se llevan a cabo para cumplir objetivos mediante la producción de entregables.
- ☞ *Esfuerzo temporal.*
- ☞ *Los proyectos impulsan el cambio.*
- ☞ *Los proyectos hacen posible la creación de valor del negocio.*
- ☞ *Contexto de iniciación del proyecto.*

Importancia de la dirección de proyectos.

Una dirección de proyectos eficaz ayuda a individuos

- ☞ Cumplir los objetivos del proyecto, satisfacer las expectativas de los interesados, ser más predecibles, aumentar las posibilidades de éxito, entregar los productos adecuados en el momento adecuado, resolver problemas e incidentes, responder a los riesgos de manera oportuna, optimizar el uso de los recursos de la organización, identificar, recuperar o concluir proyectos fallidos, gestionar las restricciones (alcance, calidad, cronograma, costos, recursos), equilibrar la influencia de las restricciones en el proyecto (un mayor alcance puede aumentar el costo o cronograma) y gestionar el cambio de una mejor manera.

Fuente: (PMI, 2017)

Los proyectos dirigidos de manera deficiente o la ausencia de dirección de proyectos pueden conducir a:

- ☞ Incumplimiento de plazos, sobrecostos, calidad deficiente, retrabajo, expansión no controlada del proyecto, pérdida de reputación para la organización, interesados insatisfechos y el incumplimiento de los objetivos del proyecto.

Fuente: (PMI, 2017)

Los proyectos son una forma clave de crear valor y beneficios en las organizaciones. En el actual entorno de negocios, los líderes de las organizaciones deben ser capaces de gestionar con presupuestos más ajustados, cronogramas más cortos, escasez de recursos y una tecnología en constante cambio. El entorno de negocios es dinámico con un ritmo acelerado de cambio. Para mantener la competitividad en la economía mundial, las compañías están adoptando la dirección de proyectos para aportar valor al negocio de manera consistente.

Relación entre la dirección de proyectos, programas, portafolios y operaciones

Un proyecto puede dirigirse en tres escenarios separados: como un proyecto independiente (fuera de un portafolio o programa), dentro de un programa, o dentro de un portafolio.

Componentes de la guía del PMBOK 6th

En las siguientes figuras se muestra los principales componentes de la guía de los fundamentos para la dirección de proyectos en su sexta edición.

Dirección Técnica de Proyectos			
	Proyectos	Programas	Portafolios
Definición	Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único.	Un programa es un grupo de proyectos relacionados, programas subsidiarios y actividades de programas, cuya gestión se realiza de manera coordinada para obtener beneficios que no se obtendrían si se gestionaran de forma individual.	Un portafolio es una colección de proyectos, programas, portafolios subsidiarios y operaciones gestionados como un grupo para alcanzar objetivos estratégicos.
Alcance	Los proyectos tienen objetivos definidos. El alcance se elabora progresivamente a lo largo del ciclo de vida del proyecto.	Los programas tienen un alcance que abarca los alcances de sus componentes de programa. Los programas producen beneficios para una organización, al garantizar que los productos y resultados de los componentes del programa sean entregados en forma coordinada y complementaria.	Los portafolios tienen un alcance organizativo que cambia con los objetivos estratégicos de la organización.
Cambio	Los directores de proyecto esperan cambios e implementan procesos para mantener los cambios gestionados y controlados.	Los programas son administrados de una manera que acepta y se adapta al cambio según resulte necesarios para optimizar la entrega de beneficios a medida que los componentes del programa entregan resultados y/o salidas.	Los directores de portafolios monitorean continuamente cambios en los entornos internos y externos más amplios.
Planificación	Los directores de proyecto elaboran progresivamente información a alto nivel en planes detallados a lo largo del ciclo de vida del proyecto.	Los programas son administrados mediante planes de alto nivel que realizan el seguimiento de las interdependencias y los avances de los componentes del programa. Los planes del programa también se utilizan para guiar la planificación al nivel de componente.	Los directores de portafolios crean y mantienen los procesos y la comunicación necesarios con relación al portafolio en conjunto.
Gestión	Los directores de proyecto gestionan al equipo del proyecto a fin de cumplir con los objetivos del proyecto	Los programas son gestionados por directores de programas quienes aseguran que los beneficios del programa sean entregados de acuerdo con lo esperado, al coordinar las actividades de los componentes del programa.	Los gerentes de portafolios pueden manejar o coordinar al personal dirección de portafolios, o al personal de programas y proyectos que puedan tener responsabilidades en materia de presentación de informes en el portafolio en conjunto.
Monitorear	Los directores de proyecto supervisan y controlan el trabajo para la producción de los productos, servicios o resultados para los que se emprendió el proyecto.	Los directores de programas monitorean el progreso de los componentes del programa para garantizar que se logren los objetivos, cronogramas, presupuesto y beneficios del mismo.	Los directores de portafolios supervisan los cambios estratégicos y la asignación de recursos totales, los resultados del desempeño y el riesgo del portafolio.
Éxito	El éxito es medido según la calidad del producto y del proyecto, la puntualidad, el cumplimiento del presupuesto y el grado de satisfacción del cliente.	El éxito de un programa se mide por la capacidad del mismo para entregar sus beneficios previstos a una organización, y por la eficiencia y la efectividad del programa en la obtención de esos beneficios.	El éxito se mide en términos del desempeño de la inversión en conjunto y la realización de beneficios del portafolio.

Figura 2.2: Presentación comparativa de portafolios, programas y proyectos

Fuente: (PMI, 2017)

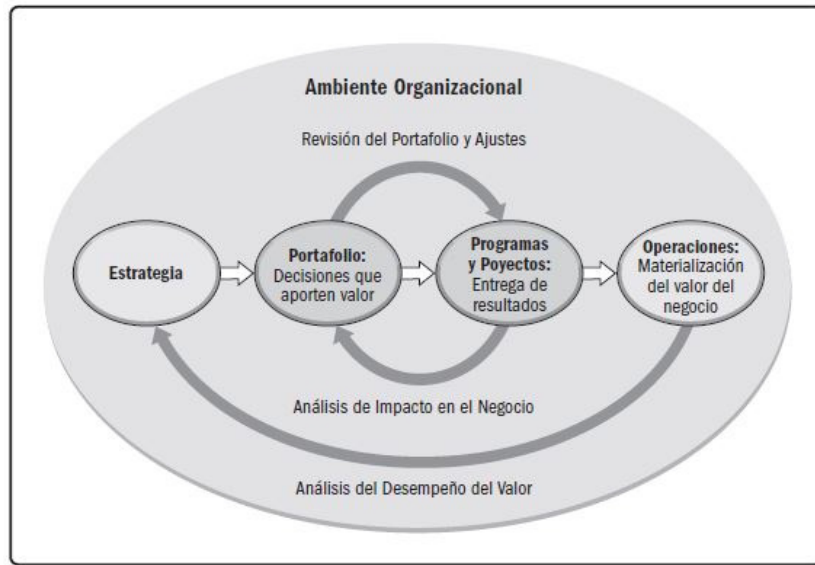


Figura 2.3: Dirección organizacional de proyectos

Fuente: (PMI, 2017)

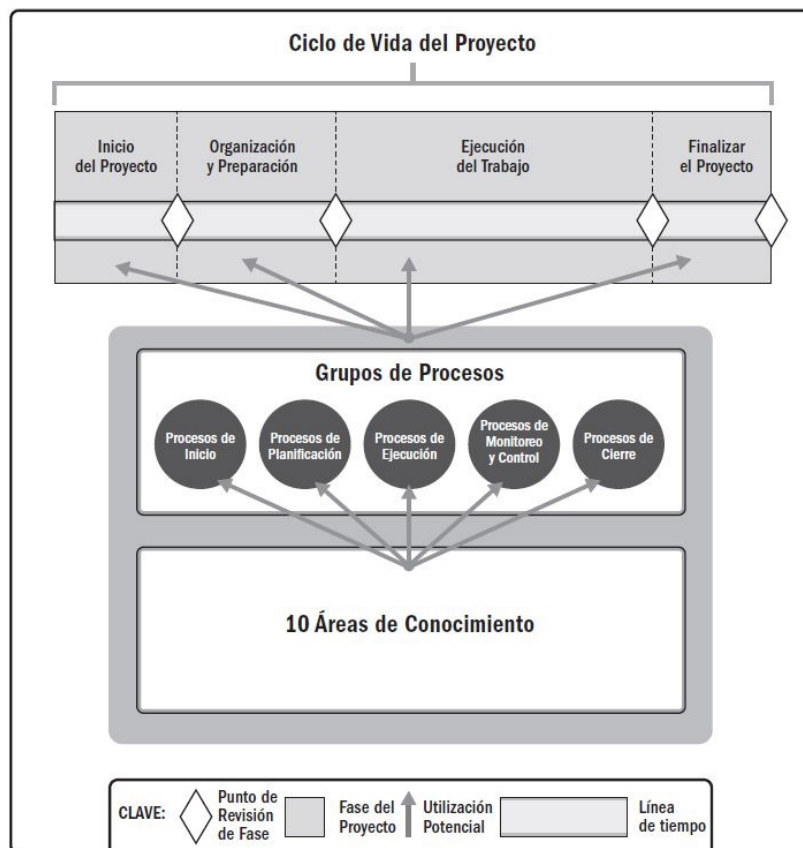


Figura 2.4: Interrelación entre los componentes clave de los proyectos de la guía del PMBOK

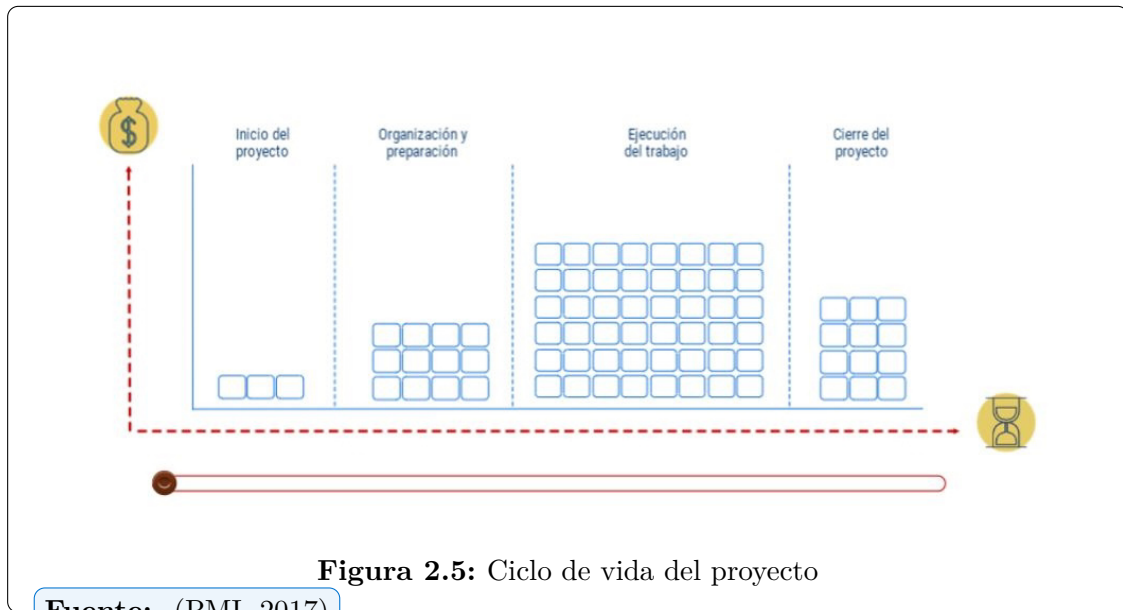
Fuente: (PMI, 2017)

2.3.3.0 Componentes

El éxito de un proyecto depende de la gestión eficaz de los componentes clave

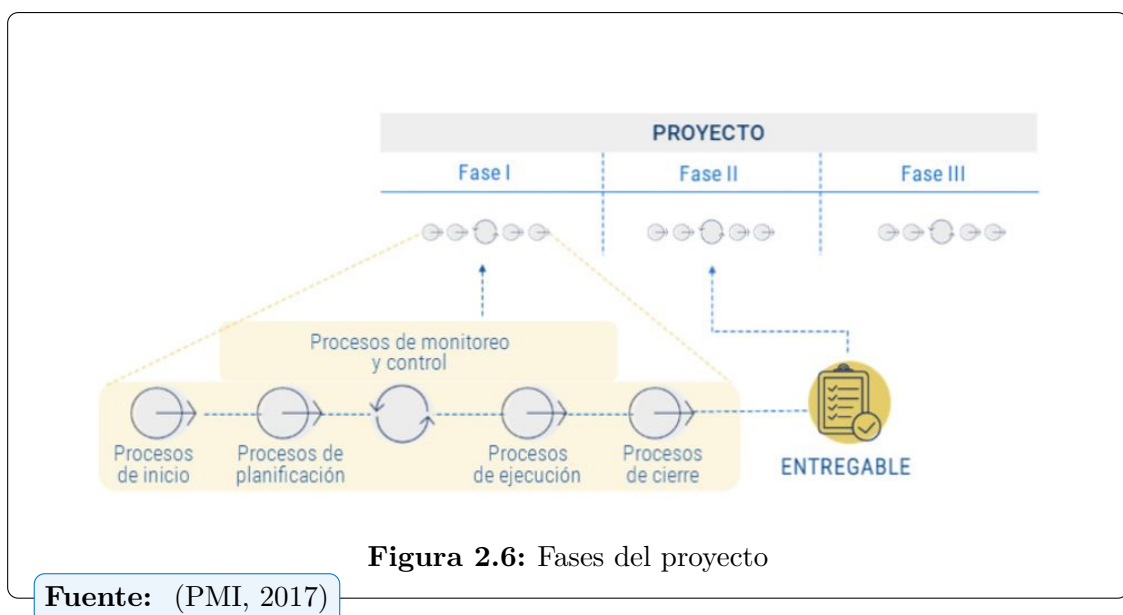
Ciclo de vida del proyecto

Es una serie de fases por las que pasa un proyecto desde su inicio hasta su termino



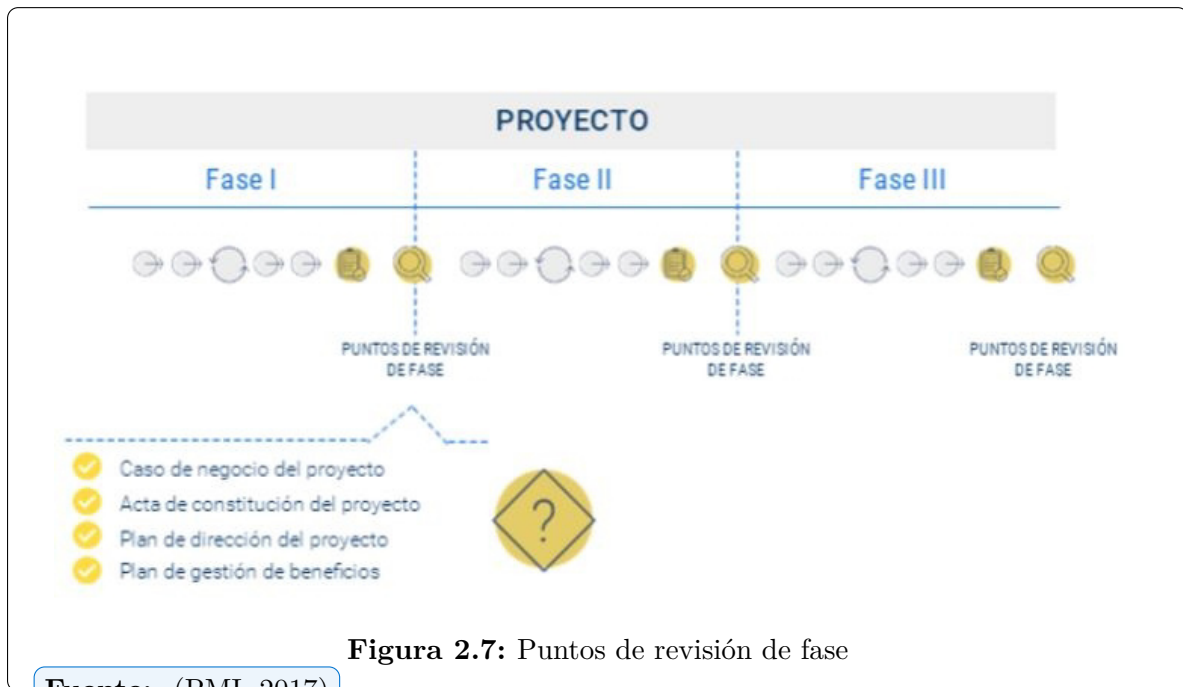
Fases del proyecto

Un conjunto de actividades del proyecto relacionadas de manera lógica configura una fase del proyecto. Una fase termina con la conclusión de uno o más entregables.



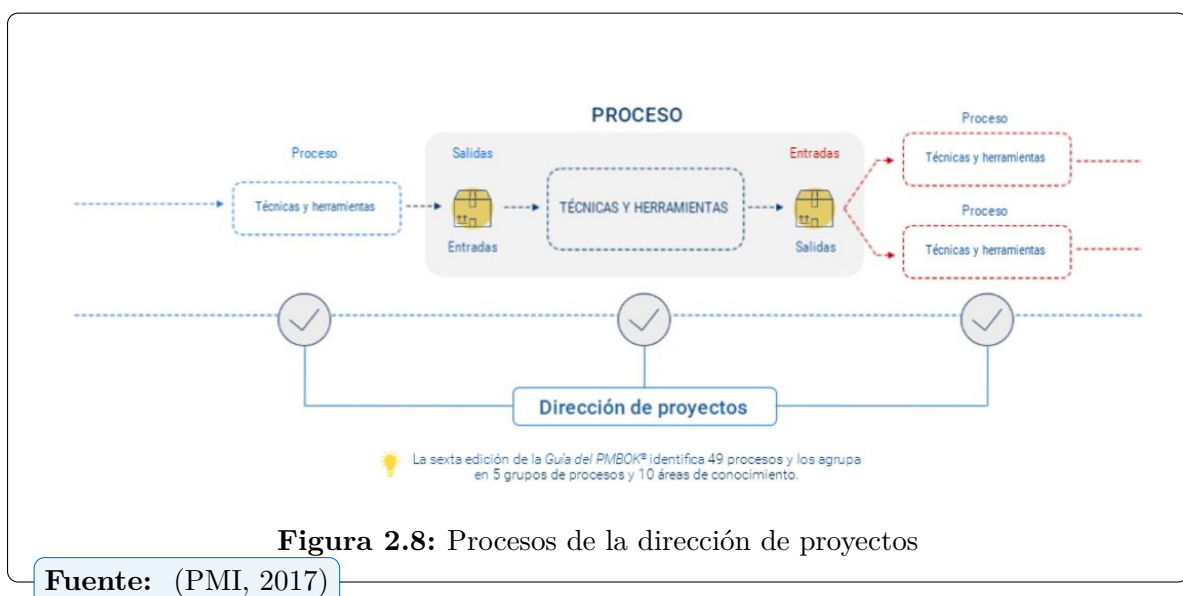
Puntos de revisión de fase

Revisión al final de una fase en la que se toma una decisión de continuar a la siguiente fase, continuar con modificaciones o dar por concluido un proyecto.



Procesos de la dirección de proyectos

Conjunto de actividades interrelacionadas y dirigidas a producir un producto, servicio o resultado final a partir de una o más entradas y a través de herramientas y técnicas.



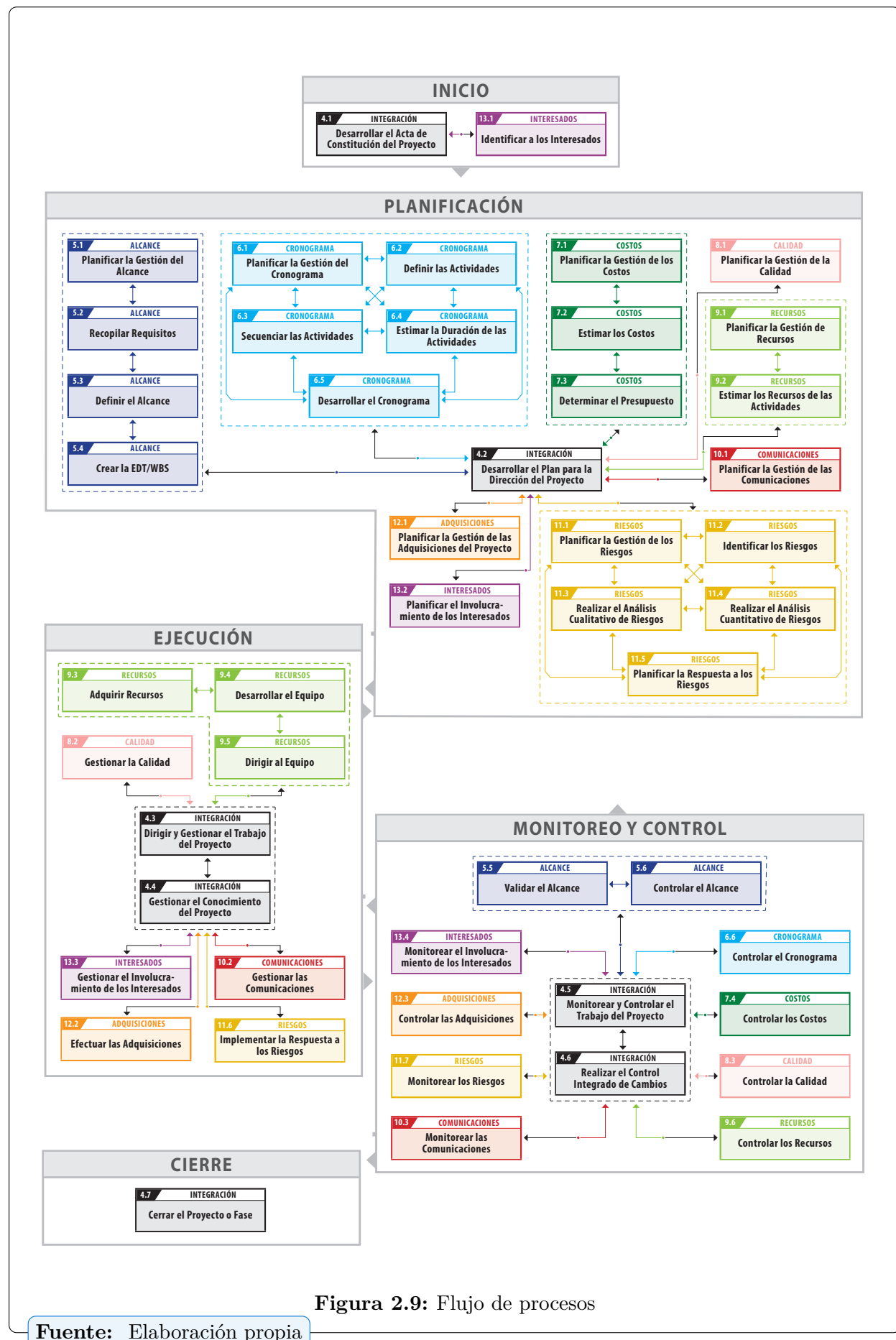
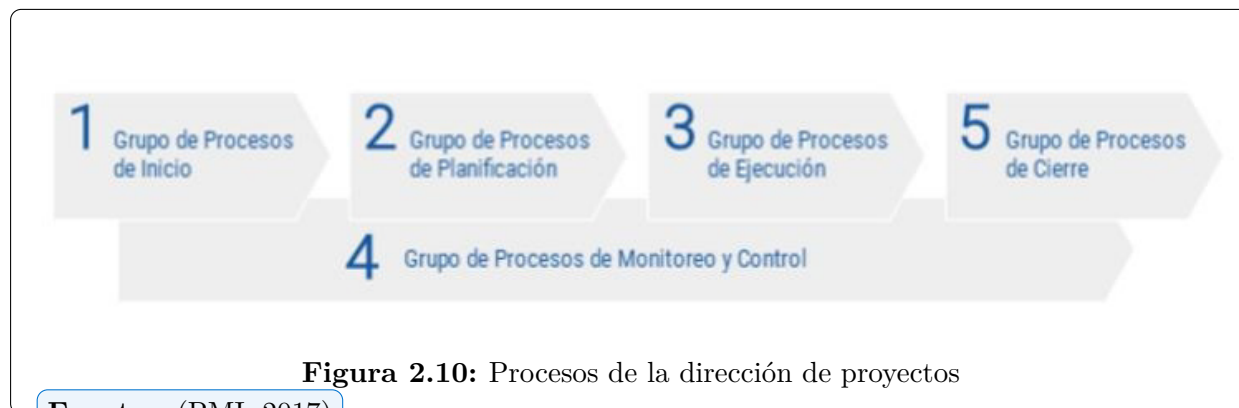


Figura 2.9: Flujo de procesos

Fuente: Elaboración propia

Grupo de procesos de la dirección de proyectos

Los 49 procesos de la dirección de proyectos se agrupan en 5 grupos de procesos para lograr los objetivos específicos del proyecto.



Grupo de procesos de inicio

Procesos realizados para definir un nuevo proyecto o nueva fase de un proyecto existente luego de obtener la autorización para iniciar el proyecto o fase.

- ☞ Se define el alcance y se comprometen los recursos financieros iniciales.
- ☞ Se identifica a los interesados clave.
- ☞ Se selecciona al director del proyecto, si todavía no ha sido elegido.
- ☞ La información mencionada se registra en el acta de constitución del proyecto.

Grupo de procesos de planificación

Procesos requeridos para establecer el alcance del proyecto, refinar los objetivos y definir el curso de acción requerido para alcanzar los objetivos propuestos del proyecto.

- ☞ Estos procesos desarrollan el plan para la dirección del proyecto y los documentos del proyecto.
- ☞ El plan y los documentos del proyecto pueden recibir actualizaciones a partir de los cambios aprobados a lo largo del proyecto.
- ☞ Las actualizaciones que impactan en el cronograma, costos y recursos contribuyen en el cumplimiento del alcance del proyecto.

Grupo de procesos de ejecución

- ☞ En este grupo de procesos se coordina con personas y recursos, se gestionan las expectativas de los interesados, integran y realizan las actividades del proyecto de acuerdo a lo planificado.
- ☞ La mayor parte del presupuesto se emplea durante la realización de los procesos de este grupo de procesos.
- ☞ Los resultados de la ejecución pueden generar la necesidad de volver a planificar y actualizar la línea base.

Grupo de procesos de monitoreo y control

- ☞ Procesos utilizados para seguir, analizar y regular el progreso y performance del proyecto.
- ☞ A través de estos procesos el proyecto es observado y medido constantemente para identificar las variaciones del plan de gestión del proyecto.
- ☞ Contribuyen al control de cambios y a las recomendaciones de acciones preventivas.

Grupo de procesos de cierre

- ☞ Son los procesos ejecutados para finalizar formalmente todas las actividades de los grupos de procesos de la gestión de proyectos.
- ☞ Busca obtener la aceptación del cliente o patrocinador.
- ☞ Implica realizar una revisión posterior al proyecto o fase.
- ☞ Registra los impactos y mediciones de los procesos

Inicio	Planeación		Ejecución	Monitoreo y control	Cierre
2. Identificar a los interesados	4. Planificar el involucramiento de los interesados		29. Gestionar la Participación de los Interesados	39. Monitorear el involucramiento de los interesados	
	26. Planificar la Gestión de las Adquisiciones		34. Efectuar las Adquisiciones	48. Controlar las Adquisiciones	
	12. Planificar la gestión de los riesgos	14. Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos	36. Implementar la Respuesta a los Riesgos	43. Monitorear los Riesgos	
13. Identificar los riesgos	15. Realizar el Análisis cuantitativo de Riesgos				
	25. Planificar la Gestión de las Comunicaciones		33. Gestionar las Comunicaciones	42. Monitorear las Comunicaciones	
	17. Planificar la Gestión de Recursos		31. Desarrollar el Equipo	45. Controlar los Recursos	
20. Estimar los Recursos de las Actividades					
	24. Planificar la Gestión de la Calidad		35. Gestionar la Calidad	44. Controlar la Calidad	
	18. Planificar la Gestión de los Costos	19. Estimar los Costos	22. Desarrollar el cronograma	41. Controlar los Costos	
9. Planificar la Gestión del Cronograma	11. Secuenciar las Actividades			40. Controlar el Cronograma	
10. Definir las Actividades	21. Estimar la Duración de las Actividades.				
5. Planificar la Gestión del Alcance	7. Definir el Alcance		28. Gestionar el Conocimiento del Proyecto	46. Validar el Alcance	
6. Recopilar los requisitos	8. Crear el EDT / WBS			47. Controlar el Alcance	
1. Desarrollar el acta de constitución del Proyecto	3. Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto		27. Dirigir y Gestionar el Trabajo del Proyecto	37. Monitorear y Controlar el Trabajo del Proyecto	49. Cerrar el Proyecto o Fase

Figura 2.11: Relación entre áreas de conocimiento y grupos de procesos

Fuente: Elaboración propia

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 de Monitoreo y Control	Grupo de Procesos de Cierre
4. Gestión de la Integración del Proyecto	4.1 Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto	4.2 Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto	4.3 Dirigir y Gestionar el Trabajo del Proyecto 4.4 Gestionar el Conocimiento del Proyecto	4.5 Monitorear y Controlar el Trabajo del Proyecto 4.6 Realizar el Control Integrado de Cambios	4.7 Cerrar el Proyecto o Fase
5. Gestión del Alcance del Proyecto		5.1 Planificar la Gestión del Alcance 5.2 Recopilar Requisitos 5.3 Definir el Alcance 5.4 Crear la EDT/WBS		5.5 Validar el Alcance 5.6 Controlar el Alcance	
6. Gestión del Cronograma del Proyecto		6.1 Planificar la Gestión del Cronograma 6.2 Definir las Actividades 6.3 Secuenciar las Actividades 6.4 Estimar la Duración de las Actividades 6.5 Desarrollar el Cronograma		6.6 Controlar el Cronograma	
7. Gestión de los Costos del Proyecto		7.1 Planificar la Gestión de los Costos 7.2 Estimar los Costos 7.3 Determinar el Presupuesto		7.4 Controlar los Costos	
8. Gestión de la Calidad del Proyecto		8.1 Planificar la Gestión de la Calidad	8.2 Gestionar la Calidad	8.3 Controlar la Calidad	
9. Gestión de los Recursos del Proyecto		9.1 Planificar la Gestión de Recursos 9.2 Estimar los Recursos de las Actividades	9.3 Adquirir Recursos 9.4 Desarrollar el Equipo 9.5 Dirigir al Equipo	9.6 Controlar los Recursos	
10. Gestión de las Comunicaciones del Proyecto		10.1 Planificar la Gestión de las Comunicaciones	10.2 Gestionar las Comunicaciones	10.3 Monitorear las Comunicaciones	
11. Gestión de los Riesgos del Proyecto		11.1 Planificar la Gestión de los Riesgos 11.2 Identificar los Riesgos 11.3 Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos 11.4 Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos 11.5 Planificar la Respuesta a los Riesgos	11.6 Implementar la Respuesta a los Riesgos	11.7 Monitorear los Riesgos	
12. Gestión de las Adquisiciones del Proyecto		12.1 Planificar la Gestión de las Adquisiciones	12.2 Efectuar las Adquisiciones	12.3 Controlar las Adquisiciones	
13. Gestión de los interesados del Proyecto	13.1 Identificar a los interesados	13.2 Planificar el involucramiento de los interesados	13.3 Gestionar la Participación de los interesados	13.4 Monitorear el involucramiento de los interesados	

Figura 2.12: Correspondencia entre grupos de procesos y áreas de conocimiento de la dirección de proyectos

Fuente: Elaboración propia

2.4 Gestión del cronograma del proyecto

2.4.1 Procesos de gestión del cronograma

Inicio	Planificación	Ejecución	Monitoreo y Control	Cierre
Planificar cronograma Definir actividades Secuenciar actividades Estimar duración Desarrollar cronograma			Controlar cronograma	

Tabla 2.1: Procesos de la gestión del cronograma

Fuente: Tabla tomada desde (Pablo Lledó, 2017)

☞ Planificar la gestión del cronograma

Es el proceso de establecer las políticas, los procedimientos y la documentación para planificar, desarrollar, gestionar, ejecutar y controlar el cronograma del proyecto.

☞ Definir las actividades

Es el proceso de identificar y documentar las acciones específicas que se deben realizar para elaborar los entregables del proyecto.

☞ Secuenciar las actividades

Es el proceso de identificar y documentar las relaciones entre las actividades del proyecto.

☞ Estimar la duración de las actividades

Es el proceso de realizar una estimación de la cantidad de períodos de trabajo necesarios para finalizar las actividades individuales con los recursos estimados.

☞ Desarrollar el cronograma

Es el proceso de analizar secuencias de actividades, duraciones, requisitos de recursos y restricciones del cronograma para crear el modelo del cronograma del proyecto para la ejecución, el monitoreo y el control del proyecto.

Controlar el cronograma

Es el proceso de monitorear el estado del proyecto para actualizar el cronograma del proyecto y gestionar cambios a la línea base del cronograma.

En pequeños proyectos se suele desarrollar el cronograma en un único proceso que incluye: definir actividades, secuenciarlas, estimar duración y elaborar el cronograma. Como es el caso en la mayoría de los proyectos de la región Ayacucho.



Figura 2.13: Descripción general de la gestión del cronograma del proyecto

Fuente: (PMI, 2017)

2.4.2 Herramientas de control del cronograma

En esta investigación se desarrollaron entregables de trabajo: lookaheads 4WLA, porcentaje de plan completado, procura de materiales, desarrolladas mediante reuniones diarias y semanales.

2.5 Gestión de los costos del proyecto

2.5.1 Procesos de la gestión de costos

☞ Planificar la gestión de los costos

Es el proceso de definir cómo se han de estimar, presupuestar, gestionar, monitorear y controlar los costos del proyecto.

☞ Estimar los costos

Es el proceso de desarrollar una aproximación de los recursos monetarios necesarios para completar el trabajo del proyecto.

☞ Determinar el presupuesto

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

☞ Controlar los costos

Es el proceso de monitorear el estado del proyecto para actualizar los costos del proyecto y gestionar cambios a la línea base de costos.

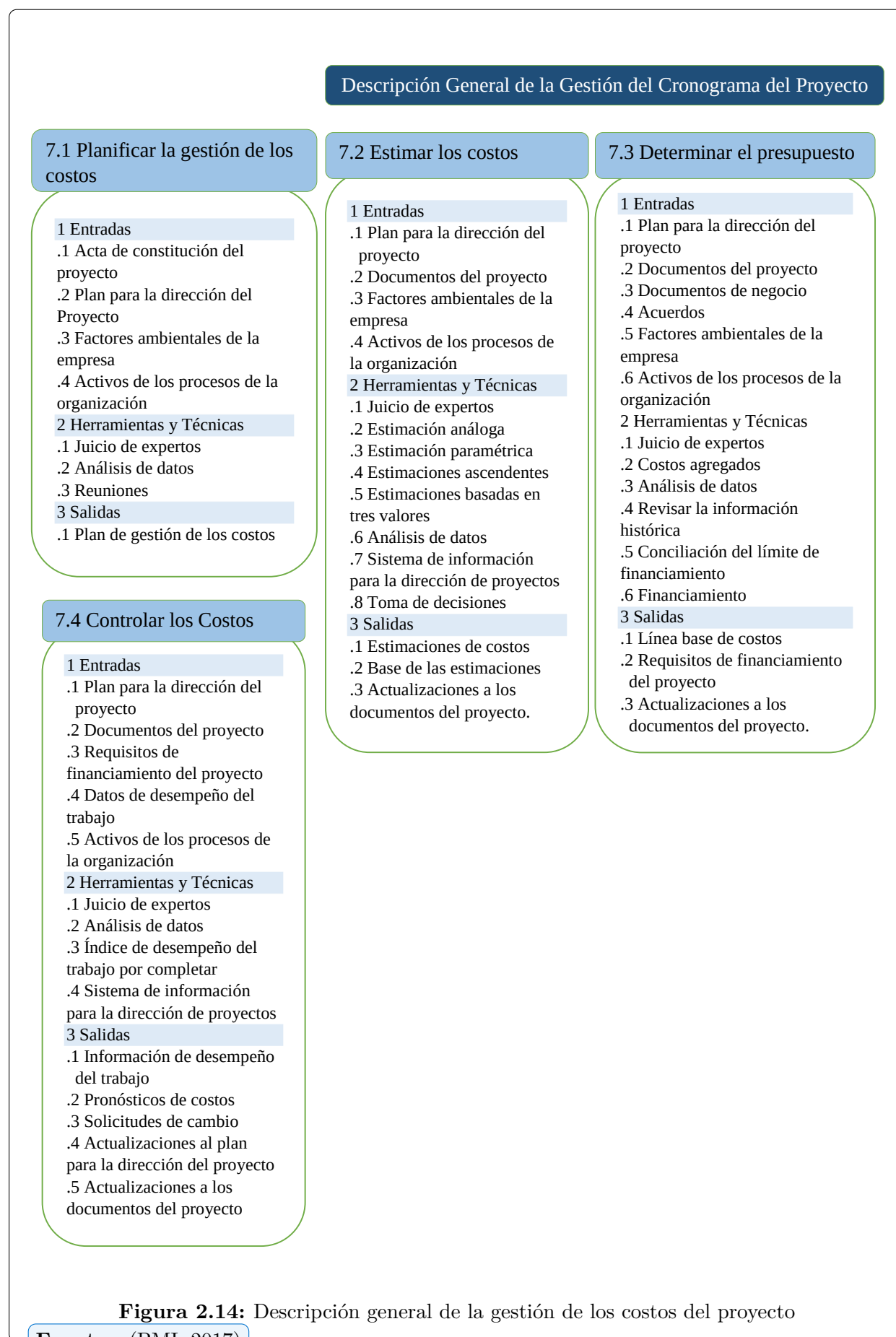


Figura 2.14: Descripción general de la gestión de los costos del proyecto

Fuente: (PMI, 2017)

2.5.2 Metodologías ágiles de gestión de proyectos

La gestión de proyectos es el arte y la ciencia de utilizar herramientas y técnicas para dirigir un proyecto para lograr sus objetivos predefinidos. Estas herramientas y técnicas han venido evolucionando a lo largo de la historia, de acuerdo a las nuevas necesidades que se vienen presentando en los proyectos actualmente.

☞ Método de la ruta crítica (CPM)

Probablemente, la técnica de planificación de cronograma más popular sea el método de la ruta crítica, que consiste en identificar cuál es la secuencia de actividades que representa el camino más largo para terminar el proyecto, y determinar la menor duración para esa secuencia de actividades. Si cualquiera de las actividades dentro de esta secuencia llega a retrasarse, la duración del proyecto se atrasará en la misma proporción.

☞ Método de la cadena crítica (CCM)

La otra técnica de programación es la cadena crítica, menos conocida que la ruta crítica, pero con seguidores alrededor del mundo. Su principal premisa es que, al estimar las duraciones de las actividades con otras técnicas de programación (como la ruta crítica), el equipo tiende a agregar márgenes de seguridad para protegerse de las restricciones de los recursos y las incertidumbres asociadas al proyecto. Además, estos márgenes de seguridad, muchas veces, son inflados por la dirección del proyecto por temor a comprometerse con un plazo demasiado riesgoso. Este supuesto es el que busca eliminar esta técnica de programación, y ahí radica su principal diferencia. La cadena crítica propone que, al estimar las duraciones de las actividades, no se agreguen buffers de seguridad para prevenir retrasos en el proyecto. Requiere un cambio de mentalidad en el equipo del proyecto al estimar las duraciones. Propone crear colchones de tiempo, determinados estadísticamente, para cada una de las rutas del cronograma, protegiendo de esta forma la fecha de finalización prevista de cada una de las secuencias de actividades. Las otras prácticas para elaborar el cronograma se realizan del mismo modo que al elaborar un cronograma utilizando la ruta crítica (asignación de recursos, optimización de la red, nivelación de los recursos, etc). ((Goldratt, 2001))

☞ Valor ganado (EVM)

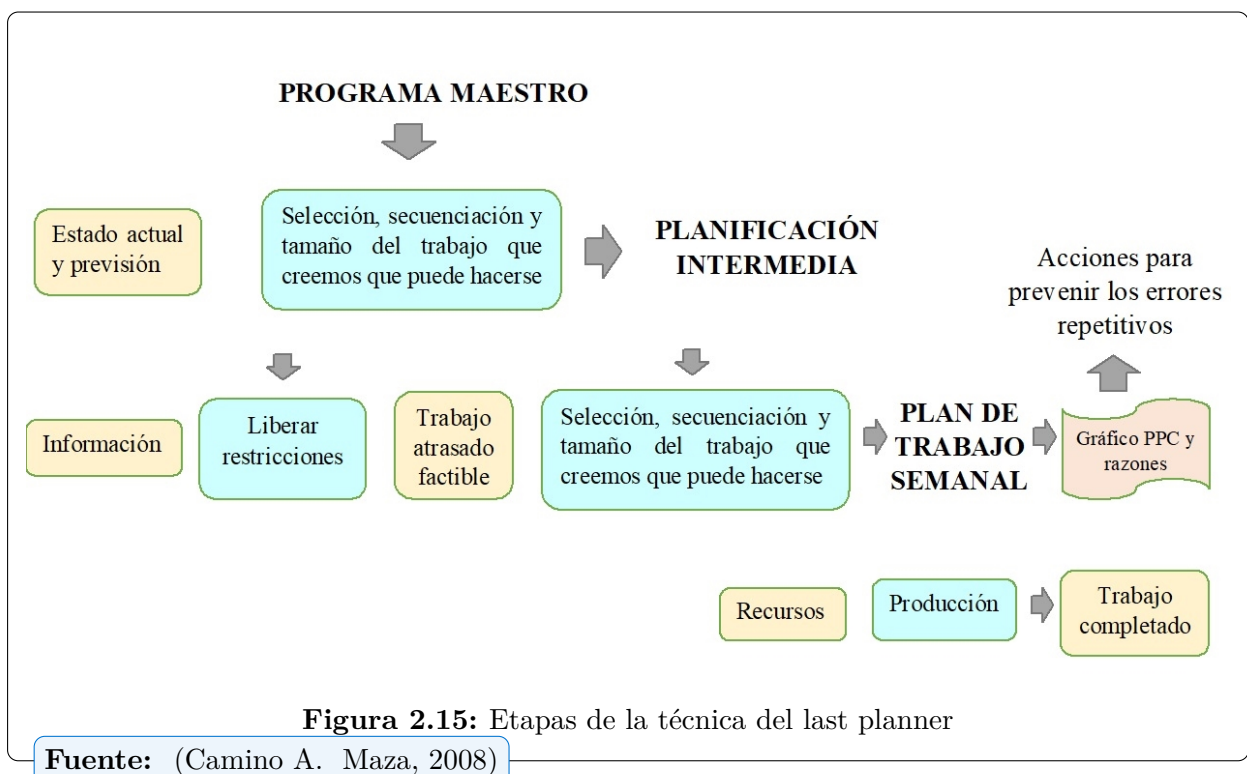
EVM, o la gestión del valor ganado, es el estándar para medir el desempeño del cronograma y del costo en un proyecto mediante KPIs (índices de desempeño).

🔊 Valor ganado (EVM WIP)

Un refinamiento de esta técnica básica se enfoca en el trabajo en curso (WIP), la cual les ayuda a los directores de proyecto a entender mejor el desempeño del cronograma. El EVM usa un acumulado del valor del trabajo realizado, para medir el desempeño del cronograma respecto del plan original (o la línea base). Usando las actividades del trabajo en curso, el EVM se enfoca mucho más en lo que está ocurriendo actualmente relativo al desempeño del cronograma del proyecto. Esta técnica descuenta el valor acumulado, el cual puede ser significativo en proyectos muy grandes, y puede enmascarar incidentes en el desempeño del cronograma. ((St-Martin, 2010))

🔊 Sistema last planner (LPS)

El sistema del último planificador es una técnica de planificación y control para las obras de construcción creado por Ballard y Howell. El origen de este sistema es la filosofía de la construcción ligera, cuyo objetivo es la eliminación de las actividades que no agregan valor en las obras. La técnica se basa en las siguientes etapas:



Método de la investigación

3.1 Enfoque

En esta investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo positivista, puesto que se utilizó la recolección de datos para probar las hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas para la implementación del método del resultado operativo, el sistema last planner y el análisis del valor ganado. (Hernández, 2014)

3.2 Alcance

El alcance de la presente investigación es correlacional dado que se busca implementar las herramientas de control del método del resultado operativo y el sistema last planner en la gestión de los costos y la gestión del cronograma e integrando los métodos mencionados mediante el enfoque del PMI, el análisis del valor ganado.

3.3 Diseño de investigación

El diseño de la investigación desarrollada es del tipo no experimental - transeccional del tipo correlacional - causal, ya que se describe las relaciones entre varias categorías, conceptos o variables en un momento determinado en función de la relación causa-efecto. (Hernández, 2014)

Tabla 3.1: Diseño de investigación

Según donde se ejecuta	Estudio de campo
Según el método	Hipotético deductivo
Según el grado de abstracción	Hipotético deductivo
Según la naturaleza de los datos	Cuantitativa ordinal
Según los objetivos	Correlacional
Según la dimensión cronológica	Investigación correlacional - sincrónica
Según las fuentes de obtención de los datos	Investigación empírica / transversal longitudinal
Según la naturaleza de la información	Cuantitativa de datos directos
Según la muestra	Estudio de caso con datos cuantitativos
Según la temporalidad	Longitudinal

Fuente: Elaboración propia

3.4 Población y muestra

La presente investigación es un estudio de caso con datos cuantitativos donde la población de investigación viene a ser el proyecto expansión Toromocho - minera Chinalco Perú, dentro del cual un componente de este megaproyecto es la construcción de la cimentación de la futura planta concentradora. En esta investigación se consideró como muestra el proyecto CC-101 movimiento de tierra y concreto, dentro del cual se desarrolló la investigación.

3.5 Hipótesis

3.5.1 Hipótesis general

- ☞ Si se implementa el método del resultado operativo y el sistema last planner en la gestión de los costos y la gestión del cronograma de acuerdo a los lineamientos del PMI en el proyecto expansión Toromocho, se obtendrá mejores índices de desempeño en el proyecto.

3.5.2 Hipótesis específicas

1. Si se implementa el método del resultado operativo en la gestión de los costos del proyecto expansión Toromocho CC-101 movimiento de tierra y concreto de la minera Chinalco Perú, se logrará el estado financiero real del proyecto.
2. Si se implementa el sistema last planner en la gestión del cronograma del proyecto expansión Toromocho CC-101 movimiento de tierra y concreto de la minera Chinalco Perú, se alcanzará mejores índices de gestión del cronograma.
3. Si se implementa la metodología del valor ganado integrando los resultados de la metodología del resultado operativo y el sistema last planner, se conseguirá un control detallado del desempeño del trabajo por completar.

3.6 Operacionalización de variables

En la presente investigación se desarrolló el siguiente proceso metodológico que consistió en descomponer deductivamente las variables que componen el problema de investigación.

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES							
Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Subdimensiones	Indicadores	Tipo de Variable	Escalas de Medición
Desempeño del Costo	Medida de eficiencia en función de los costos de los recursos presupuestados expresada como la razón entre el Valor Ganado y el Costo Real	Un CPI de 1,0 significa que el proyecto va exactamente de acuerdo con el presupuesto, que el trabajo hecho hasta la fecha representa exactamente lo mismo que el costo hasta la fecha. Otros valores muestran el porcentaje de qué tanto están los costos por encima o por debajo de la cantidad presupuestada para el trabajo realizado.	Valor Ganado	Margen de Obra	CPI	Variable Dependiente / Cuantitativa	Nivel de medición ordinal
			Costo Real	Margen de Obra			
Desempeño del Cronograma	Medida de eficiencia del cronograma que se expresa como la razón entre el valor ganado y el valor planificado.	Un SPI de 1,0 significa que el proyecto va exactamente de acuerdo con el cronograma, que el trabajo hecho hasta la fecha representa exactamente lo mismo que el trabajo planificado a ser realizado hasta la fecha. Otros valores muestran el porcentaje de qué tanto están los costos por encima o por debajo de la cantidad presupuestada para el trabajo planificado.	Valor Ganado	%PPC	SPI	Variable Dependiente / Cuantitativa	Nivel de medición ordinal
			Valor Planificado				
Desempeño del Trabajo por Completar	Medida del desempeño del costo que se debe alcanzar con los recursos restantes a fin de cumplir con un objetivo de gestión especificado. Se expresa como la tasa entre el costo para culminar el trabajo pendiente y el presupuesto disponible.	La eficiencia que debe ser mantenida a fin de finalizar de acuerdo con lo planificado.	Presupuesto hasta la Conclusión	Valor Planificado	TCPI	Variable Dependiente / Cuantitativa	Nivel de medición ordinal
			Valor Ganado				
			Costo Real				

Figura 3.1: Operacionalización de variables

Fuente: Elaboración Propia

MARCO TEÓRICO	VARIABLES	INDICADORES	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Gestión del Valor Ganado (EVM)	VARIABLES DE ESTUDIO Variable Independiente a. Valor Planeado (PV) b. Valor Ganado (EV) c. Costo Real (AC) d. Presupuesto hasta la Conclusión (BAC)	INDICADORES DE ESTUDIO 1. Índice de Desempeño del Costo (CPI)	a. Resultado Operativo b. Sistema Last Planner	a. Porcentaje de Plan Completado (PPC) b. 4WLA Lookahead (Planeamiento anticipado)
Sistema Last Planner (LPS)				
Resultado Operativo (RO)	Variable Dependiente a. Variación del Costo (CV) b. Variación del Cronograma (SV) c. Variación a la Conclusión (VAC) d. Estimación a la Conclusión (EAC) e. Estimación hasta la Conclusión (ETC)	2. Índice de Desempeño del Cronograma (SPI)	Herramientas y Técnicas (PMI - PMBOK 6th) c. Análisis de Datos d. Reuniones e. Estimaciones f. Programación Gradual g. Juicio de expertos	c. Parte diario de Mano de Obra (MO) d. Parte diario de Equipos (EQ) e. Procura de Materiales (MA) f. Estados de Pago Subcontratistas (SC)
Gestión de Costos - PMI				
Gestión del Cronograma - PMI				
Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (PMBOK 6th)		3. Índice de Desempeño del Trabajo por Completar (TCPI)		

Figura 3.2: Matriz de consistencia

Fuente: Elaboración Propia

3.6.1 Definición conceptual

La definición conceptual de cada variable se rigió de acuerdo a los lineamientos del marco teórico de las metodologías implementadas en la investigación. Básicamente, la definición conceptual de las variables constituyó una abstracción articulada en palabras para facilitar su comprensión y su adecuación a los requerimientos prácticos de la investigación.

Tabla 3.2: Definición conceptual

Variable		Definición Conceptual
Valor planificado	PV	Presupuesto autorizado que ha sido asignado al trabajo planificado.
Valor ganado	EV	Cantidad de trabajo ejecutado a la fecha, expresado en términos del presupuesto autorizado para ese trabajo.
Costo real	AC	Costo real incurrido por el trabajo llevado a cabo en una actividad durante un periodo de tiempo específico.
Presupuesto hasta la conclusión	BAC	Suma de todos los presupuestos establecidos para el trabajo a ser realizado.

Fuente: (PMI, 2017)

Tabla 3.3: Definición conceptual

Variación del costo	CV	Monto del déficit o superávit presupuestario en un momento dado, expresado como la diferencia entre el valor ganado y el costo real.
Variación del cronograma	SV	El monto por el cual el proyecto está adelantado o atrasado según la fecha de entrega planificada, en un momento dado, expresado como la diferencia entre el valor ganado y el valor planificado.
Variación a la conclusión	VAC	Proyección del monto del déficit o superávit presupuestario, expresada como la diferencia entre el presupuesto al concluir y estimación al concluir.
Índice de desempeño del costo	CPI	Medida de eficiencia en función de los costos de los recursos presupuestados expresada como la razón entre el valor ganado y el costo real.
Índice de desempeño del cronograma	SPI	Medida de eficiencia del cronograma que se expresa como la razón entre el valor ganado y el valor planificado.
Estimación a la conclusión	EAC	Costo total previsto para completar todo el trabajo, expresado como la suma del costo real a la fecha y la estimación hasta la conclusión.
Estimación hasta la conclusión	ETC	Costo previsto para terminar todo el trabajo restante del proyecto.
Índice de desempeño del trabajo por completar	TCPI	Medida del desempeño del costo que se debe alcanzar con los recursos restantes a fin de cumplir con un objetivo de gestión especificado. Se expresa como la tasa entre el costo para culminar el trabajo pendiente y el presupuesto disponible.

Fuente: (PMI, 2017)

3.6.2 Definición operacional

La operacional se constituyó por una serie de procedimientos o indicaciones (KPIs) para realizar la medición de las variables definidas conceptualmente.

Tabla 3.4: Definición operacional

Variable		Operacionalización	Fórmula
Valor planificado	PV	El valor del trabajo que se planea cumplir hasta un punto en el tiempo, generalmente la fecha de corte o terminación del proyecto.	
Valor ganado	EV	El valor planificado de todos los trabajos terminados (ganados) en un punto en el tiempo, generalmente la fecha de corte, sin hacer referencia a los costos reales.	
Valor ganado	AC	El costo real de todos los trabajos terminados en un punto en el tiempo, generalmente la fecha de corte.	
Presupuesto hasta la conclusión	BAC	El valor del trabajo planificado total, la línea base de costos del proyecto.	
Variación del costo	CV	La diferencia entre el valor del trabajo completado hasta un punto en el tiempo, normalmente la fecha de corte y los costos reales en el mismo punto en el tiempo.	$CV = EV - AC$
Variación del cronograma	SV	La diferencia entre el trabajo completado hasta un punto en el tiempo, normalmente la fecha de corte y el trabajo que se planifica completar en el mismo punto en el tiempo.	$SV = EV - PV$
Variación a la conclusión	VAC	La diferencia en costos estimada al finalizar el proyecto.	$VAC = BAC - EAC$
Estimación hasta la conclusión	ETC	Suponiendo que el trabajo está progresando de acuerdo con el plan, el costo de completar el trabajo autorizado restante puede ser calculado usando:	$ETC = EAC - AC$
		Vuelva a estimar el trabajo restante desde abajo hacia arriba.	ETC = Volver a estimar

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.5: Definición operacional

Índice de desempeño del costo	CPI	Un CPI de 1,0 significa que el proyecto va exactamente de acuerdo con el presupuesto, que el trabajo hecho hasta la fecha representa exactamente lo mismo que el costo hasta la fecha. Otros valores muestran el porcentaje de qué tanto están los costos por encima o por debajo de la cantidad presupuestada para el trabajo realizado.	$CPI = \frac{EV}{AC}$
Índice de desempeño del cronograma	SPI	Un SPI de 1,0 significa que el proyecto va exactamente de acuerdo con el cronograma, que el trabajo hecho hasta la fecha representa exactamente lo mismo que el trabajo planificado a ser realizado hasta la fecha. Otros valores muestran el porcentaje de qué tanto están los costos por encima o por debajo de la cantidad presupuestada para el trabajo planificado.	$SPI = \frac{EV}{PV}$
Estimación a la conclusión	EAC	Si se espera que el CPI sea el mismo para el resto del proyecto, la EAC puede ser calculada usando:	$EAC = \frac{BAC}{CPI}$
		Si el trabajo futuro será realizado al ritmo previsto, utilice:	$EAC = AC + BAC \sim EV$
		Si el plan inicial ya no es válido, utilice:	$EAC = AC + ETC$ ascendente
		Si tanto el CPI como el SPI influyen en el trabajo restante, utilice:	$EAC = AC + \frac{(BAC \sim EV)}{(CPI \times SPI)}$
Índice de desempeño del trabajo por completar	TCPI	La eficiencia que debe ser mantenida a fin de finalizar de acuerdo con lo planificado.	$TCPI = \frac{(BAC \sim EV)}{(BAC \sim AC)}$
		La eficiencia que debe ser mantenida a fin de completar la EAC actual	$TCPI = \frac{(BAC \sim EV)}{(EAC \sim AC)}$

Fuente: Elaboración propia

3.7 Técnicas e instrumentos

Las técnicas e instrumentos empleados fueron la recopilación de datos de campo de los partes diarios de producción, los partes diarios de equipos y hojas de tareo. Así mismo se realizó entrevistas de trabajo con los jefes de frente de cada sector del proyecto. Para la elaboración del resultado operativo mensual se realizó un análisis documental de las distintas áreas del proyecto. En suma, se realizó una recopilación de datos de campo, entrevistas, observación in situ y finalmente un análisis documental. El instrumento que se usó para procesar la información recopilada fue la elaboración de reportes digitales del control de cada sector del proyecto.

3.8 Técnicas estadísticas

Para el proceso de la contrastación de hipótesis se utilizó la prueba test-z, para validar los datos de los (CPI, SPI y TCPI) de cada mes.

3.9 Herramientas de control de costos

"Todo aquello que pueda ser medido podrá ser mejorado, de esta manera si no conocemos el margen a terminación de un proyecto de construcción difícilmente podremos encontrar y analizar a tiempo las desviaciones en su presupuesto y tomar las acciones correctivas que permitan retomar el rumbo original. Mediante una adecuada gestión económica del presupuesto de construcción podemos encontrar y analizar estas desviaciones. Así a través de su comprensión y la aplicación de las herramientas de gestión adecuadas, podemos controlar su evolución económica dando seguridad a la organización que el proyecto se encuentra dentro de lo estimado originalmente, o de lo contrario poniendo las alertas del caso de manera oportuna para tomar acciones correctivas."(Revista Costos, 2017)

Control de costos en obra y el control de costos de la empresa constructora

Las empresas constructoras grandes que manejan una cartera de proyectos llevan un control económico-financiero a nivel de toda la empresa y otro a nivel del proyecto. Es por ello que es necesario implementar una herramienta de control de costos de obra para facilitar la toma de decisiones durante la ejecución de trabajos del proyecto.

La metodología de cálculo de las herramientas para ambas áreas es distinta. El área financiera basa sus cálculos en los resultados contables, mientras que el equipo de obra se basa en los consumos efectuados en los avances de obra.

3.9.1 El método del resultado operativo

El resultado operativo es el reporte económico mediante el cual se informa sobre las ventas, los costos y el margen, tanto acumulados y como los saldo por ejecutar. El resultado operativo también nos sirve para identificar en que fases tenemos un buen margen de utilidad ganado. El método del resultado operativo es una expresión de todo el proceso de programación y control y su principal ventaja es que permite conocer en todo momento, cuál será el resultado económico final del proyecto, sobre la base del programa de actividades y el programa de recursos. En la práctica el análisis de la situación de un proyecto se agiliza, debido a que cada herramienta componente del sistema de resultado operativo se materializa en reportes estándares, los mismos que se interrelacionan fácilmente entre sí y permiten comparar progresivamente el programa planteado con los resultados obtenidos. ((Gerencia de Unidad de Construcción SMCG, 2017))

El análisis del resultado económico de obra se determina con dos preguntas básicas:

- ❶ ¿Cuál es el estado de la obra en términos económicos a la fecha?
- ❷ En función al estado actual ¿cuál sería el resultado económico final de la obra?

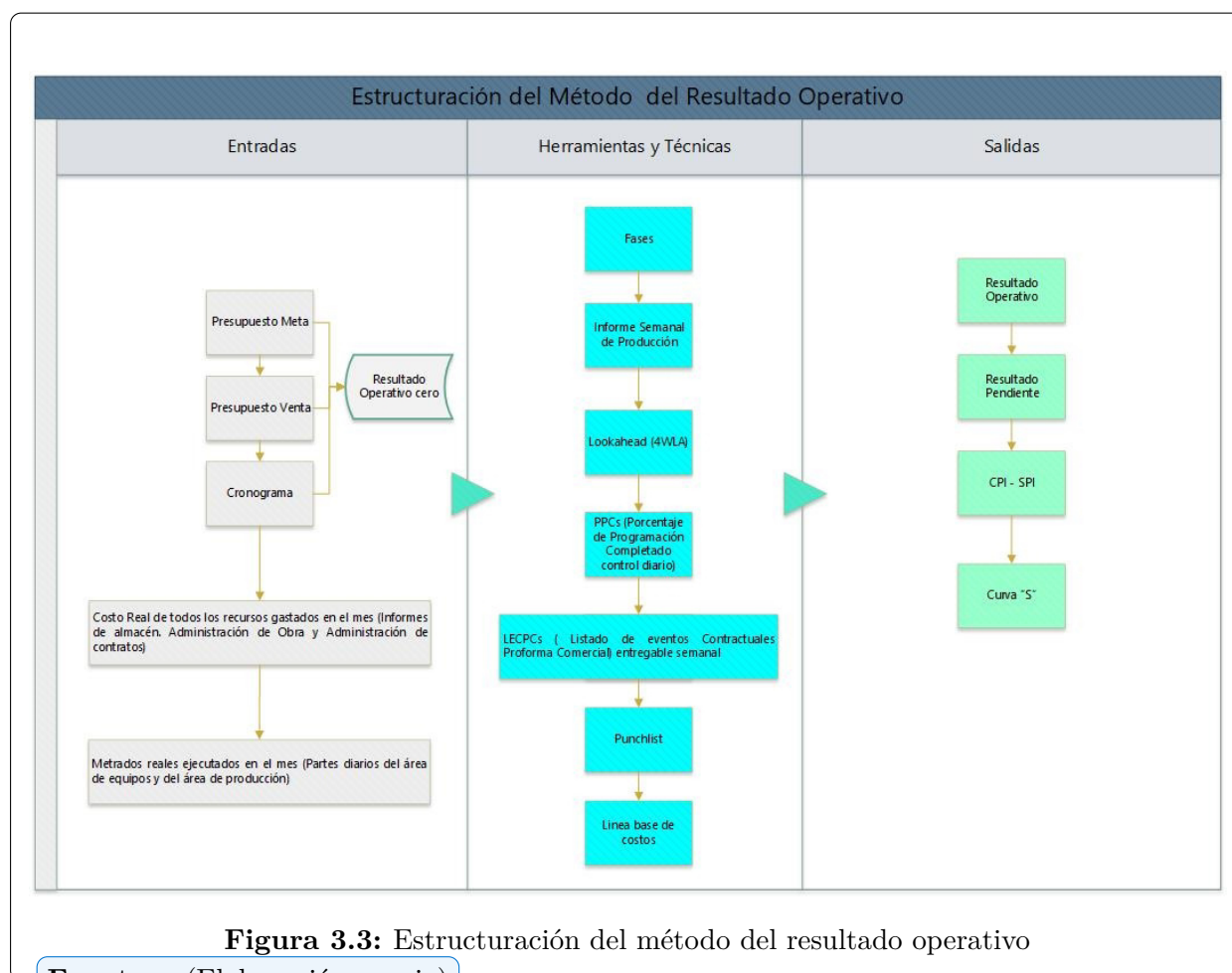
Modelo de conversión de procesos para las metodologías de control de costos.

En definitiva, el objetivo de esta metodología es analizar lo que está sucediendo a la fecha, cómo es que va a evolucionar dicho comportamiento en términos económicos, y qué medidas puedo adoptar para mejorar o revertir dicho futuro anticipado.

Norma internacional de contabilidad 11 contratos de construcción (NIC 11).

El objetivo de esta norma es prescribir el tratamiento contable de los ingresos de actividades ordinarias y los costos relacionados con los contratos de construcción.

3.9.1.0 Estructura y componentes del RO



3.9.2 Análisis del resultado operativo pendiente

El ROP se define como la proyección del resultado económico actual.

3.9.2.0 Análisis del resultado pendiente (análisis individual)

Trabajos ejecutados no valorizados

Estos corresponden a todos los trabajos que no entraron en la valorización y que se ejecutaron hasta la fecha de corte del resultado operativo, incluyendo por ejemplo el acero habilitado, encofrado de unidades, etc. También puede darse el caso de que no se consideren algunos trabajos terminados en la valorización debido a que no se liberaron por el área de control de calidad de la supervisión, mientras no tengan su protocolo

de aprobación o liberación dichos trabajos no se valorizarán y quedarán como trabajos ejecutados no valorizados.

Trabajos valorizados no ejecutados

Corresponden a provisiones, que se cobran mas no deberían ser incluidos dentro de los costos.

Costos indirectos

Es aquel costo que afecta al proceso productivo en general de uno o más productos, por lo que no se puede asignar directamente a un solo producto sin usar algún criterio de asignación. Por ejemplo, alquiler de una nave industrial o salario de personal administrativo.

Provisiones

Las provisiones son ingresos o egresos que están pendientes de efectuarse por diversos motivos. Es importante registrar su periodo de corte (mes de corte) para que una vez que se conviertan en costo o venta sean ingresados como tales en el mes en el que se identificaron. Estas provisiones deben estar debidamente faseadas. Es importante para que la información contable refleje el resultado de la obra a la fecha.

Provisión de ingreso (activaciones)

Al terminar la valorización se detectan trabajos ejecutados y no valorizados, los cuales representan potenciales pagos a favor en el futuro. Estos pagos pendientes son activaciones y el monto dependerá de la probabilidad de aprobación por la supervisión. Así mismo, pueden ser adicionales ejecutados y que aún no están aprobados, pero se tiene un 100 % de probabilidad de aprobación. Solo si se cumple con esta probabilidad de aprobación puede ser considerado una provisión de ingreso.

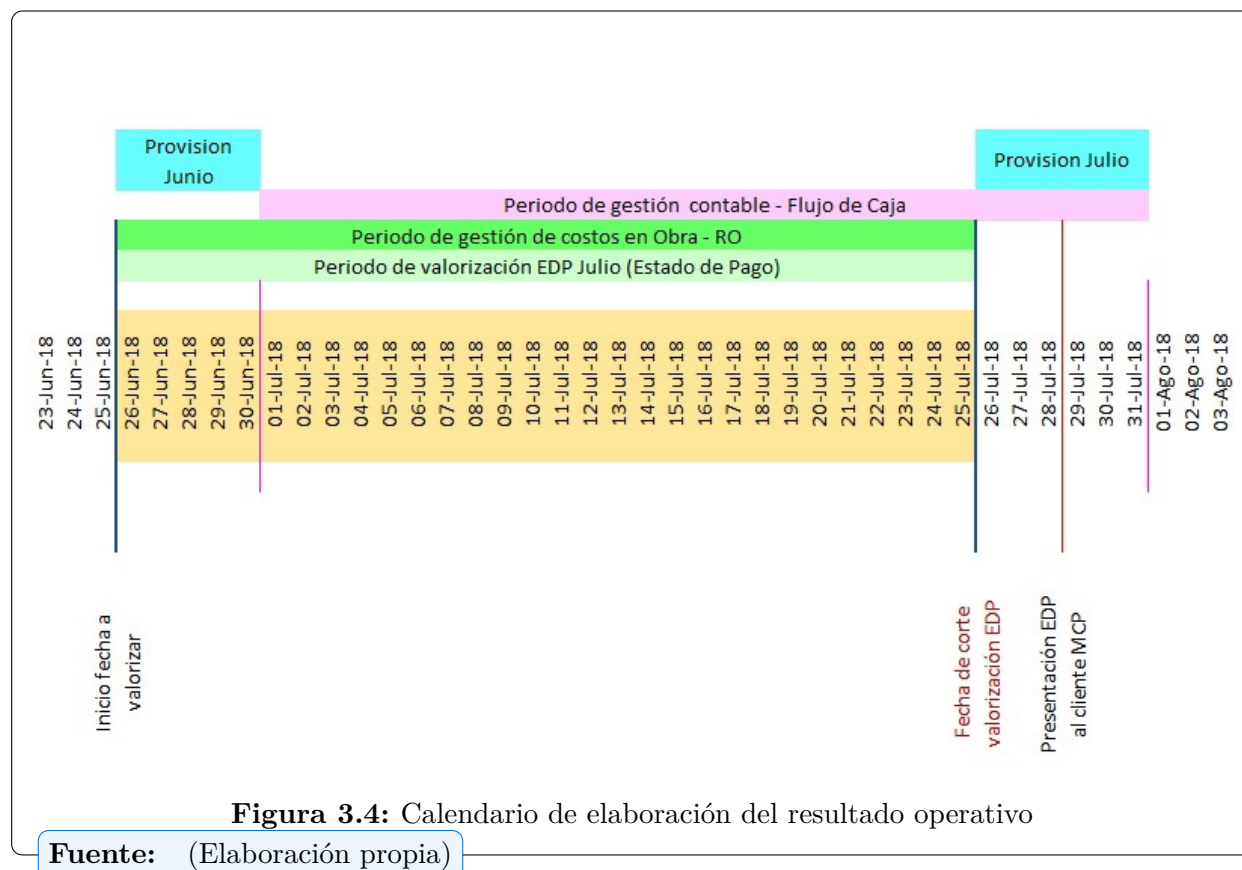
- Provisión de egreso (provisiones)

Este monto se refiere a los costos de mano de obra, gastos generales, materiales y servicios realizados por terceros (servicios, alquileres, subcontratos, etc.) que se han consumido, pero están pendientes de pago. Para el correcto orden y uso de la herramienta, las provisiones de ingreso y egreso ingresarán con signo positivo. Recordar que una vez que se haya cancelado la provisión, deberá borrarse como provisión y transformarse en egreso o ingreso, a este proceso se le llama “Extorno”.

Es menester acotar la importancia de las provisiones ya que éstos tienen

un costo por su ejecución y si no se consideran se obtendría un margen que no represente la realidad.

Diferencia en fecha de cierre



Diferencia por márgenes por fases

El objetivo del presente análisis es mejorar las proyecciones mediante la evaluación de la diferencia de resultados entre lo que se obtuvo a la fecha de corte y lo que se pronosticó para una fase determinada. Es decir, el indicador de este análisis es la diferencia entre el margen real y el margen previsto:

Cálculo del margen de fase

$$\Delta = MR - MP_p \quad (3.1)$$

Donde:

Δ : Delta margen de fase.

MP_p : Margen previsto.

MR : Margen real.

FASE	DESCRIPCIÓN	VENTA TOTAL OBRA	MARGEN TOTAL OBRA	MARGEN PONDERADO	MARGEN FASE	DIFERENCIA DE MÁRGENES	VENTA ACUMULADA	MONTO DE DIFERENCIA DE MÁRGENES	ACTIVIZACIÓN	PROVISIÓN
FASE 101	Obras Generales	2,388,288	-198,673	10.11%	-8.32%	18.43%	388,678	71,615.53	71,616	
FASE 102	Obras Civiles	2,194,745	-595,253	10.11%	-27.12%	37.23%	128,410	47,805	47,805	
FASE 103	Obras Eléctricas	899,576	-259,952	10.11%	-28.90%	39.00%	1,885	735	735	
FASE 104	Equipamiento Eléctrico	2,407,891	2,068,423	10.11%	85.90%	-75.80%	-	-		
FASE 201	Excavaciones	3,147,241	2,893,501	10.11%	91.94%	-81.83%	63,762	-52,177		-52,177
FASE 202	Rellenos	1,466,081	1,289,452	10.11%	87.95%	-77.85%	32,697	-25,453		-25,453
FASE 203	Transporte	1,054,351	810,223	10.11%	76.85%	-66.74%	46,882	-31,288		-31,288
FASE 204	Concreto	1,720,037	1,550,996	10.11%	90.17%	-80.07%	1,888	-1,511		-1,511
FASE 205	Encofrado	871,096	756,450	10.11%	86.84%	-76.73%	-	-		
FASE 206	Acero	4,876,347	4,340,678	10.11%	89.01%	-78.91%	-	-		
FASE 207	Embebidos	2,530,925	1,935,837	10.11%	76.49%	-66.38%	-	-		
FASE 208	Obras Eléctricas	2,886,996	2,354,245	10.11%	81.55%	-71.44%	-	-		
FASE 209	Obras Complementarias	366,757	307,689	10.11%	83.89%	-73.79%	268,317	-197,985		-197,985
FASE 301	Excavaciones	727,136	-806,870	10.11%	-110.97%	121.07%	683,216	827,185	827,185	
FASE 302	Rellenos	470,401	-1,192,838	10.11%	-253.58%	263.69%	111,079	292,900	292,900	
FASE 303	Transporte	328,864	-2,279,710	10.11%	-693.21%	703.31%	328,864	2,312,947	2,312,947	
FASE 304	Concreto	1,008,473	-1,811,523	10.11%	-179.63%	189.74%	23,941	45,426	45,426	
FASE 305	Encofrado	731,282	-1,283,382	10.11%	-175.50%	185.60%	-	-		
FASE 306	Acero	3,653,926	-3,609,875	10.11%	-98.79%	108.90%	1,165,809	1,269,580	1,269,580	
FASE 307	Embebidos	793,002	-623,175	10.11%	-78.58%	88.69%	-	-		
FASE 308	Obras Eléctricas	135,871	-456,883	10.11%	-336.26%	346.37%	-	-		
FASE 309	Obras Complementarias	44,900	-726,873	10.11%	-1618.89%	1628.99%	-	-		
FASE 401	Excavaciones	-	-147,674	10.11%	0.00%	10.11%	-	-		
FASE 402	Rellenos	-	-123,313	10.11%	0.00%	10.11%	-	-		
FASE 403	Transporte	7,101	-81,238	10.11%	-1143.99%	1154.09%	7,101	81,956	81,956	
FASE 404	Concreto	-	-201,379	10.11%	0.00%	10.11%	-	-		
FASE 405	Encofrado	6,185	-86,730	10.11%	-1402.29%	1412.40%	-	-		
FASE 406	Acero	-	-470,535	10.11%	0.00%	10.11%	-	-		
FASE 407	Embebidos	1,778	-131,517	10.11%	-7397.20%	7407.31%	-	-		
FASE 408	Obras Eléctricas	744,500	-1,319,122	10.11%	-177.18%	187.29%	-	-		
FASE 409	Obras Complementarias	4,831	-8,509	10.11%	-176.13%	186.24%	-	-		
FASE 501	Excavaciones	1,127,470	-1,340,590	10.11%	-118.90%	129.01%	1,115,608	1,439,239	1,439,239	
FASE 502	Rellenos	662	-304,470	10.11%	-45989.72%	45999.82%	-	-		
FASE 503	Transporte	548,883	-1,760,680	10.11%	-320.78%	330.88%	321,650	1,064,282	1,064,282	
FASE 504	Concreto	810	-492,077	10.11%	-60757.76%	60767.87%	-	-		
FASE 505	Encofrado	6,721	-87,556	10.11%	-1302.82%	1312.92%	-	-		
FASE 506	Acero	47,517	-1,136,544	10.11%	-2391.85%	2401.96%	-	-		
FASE 507	Embebidos	-	-203,245	10.11%	0.00%	10.11%	-	-		
FASE 508	Obras Eléctricas	2,279,291	1,888,657	10.11%	82.86%	-72.75%	-	-		
FASE 509	Obras Complementarias	222,840	22,415	10.11%	10.06%	0.05%	-	-		
FASE 600	Descuento por transporte de Costo Directo	-	-	10.11%	0.00%	10.11%	-	-		
FASE 700	Descuento Comercial	-205,227	-205,227	10.11%	100.00%	-89.89%	-19,760	17,763	17,763	
FASE 800	Movilización	398,231	398,231	10.11%	100.00%	-89.89%	122,683	-110,283		-110,283
FASE 900	Desmovilización	276,385	276,385	10.11%	100.00%	-89.89%	-	-		
RIESGO	Riesgo	-	-922,336	10.11%	0.00%	10.11%	-	-		
SEDE	Gastos Generales	11,589,344	2,612,246	10.11%	22.54%	-12.43%	1,052,124	-130,813		-130,813
UTILIDAD	Utilidad	4,198,730	4,198,730	10.11%	100.00%	-89.89%	459,403	-412,972		-412,972
TOTAL		55,960,236	4,836,412				6,304,236	6,508,949	7,471,433	-962,484

Figura 3.5: Diferencia de márgenes por fase

Fuente: (Elaboración propia)

En resumen, la finalidad de este análisis es identificar las fases que potencialmente presenten desviaciones; por lo tanto, el resultado es que el margen ponderado será un valor más confiable. La finalidad de este proceso de cálculo es determinar la contingencia de obra a través de provisiones virtuales resultantes de la diferencia del margen ponderado y margen previsto de cada fase.

Es un artificio que sirve para determinar el monto necesario para mantener el equilibrio de los márgenes previstos de todas las fases. Consiste en que las fases que presentan un margen previsto mayor al ponderado le **presten dinero** a las fases que están por debajo del margen ponderado. Como se reitera, es sólo para determinar la contingencia.

Cálculo de la provisión

$$Prov_{ie} = (MP - MP_p) \cdot VA \quad (3.2)$$

Donde:

$Prov_{ie}$: Provisión (ingreso o egreso).

MP_p : Margen previsto.

MP : Margen ponderado.

VA : Venta acumulada.

3.9.2.0 Análisis del resultado pendiente (análisis combinado)

Para determinar la contingencia es necesario calcular el costo aplicado y el resultado pendiente. El costo aplicado es el costo que debería haber empleado si quisiera tener un margen directo igual al margen ponderado. Se calcula con la siguiente fórmula:

Cálculo del costo aplicado

$$CA = VA - MP \cdot VA \quad (3.3)$$

$$CA = VA \cdot (1 - MP) \quad (3.4)$$

Donde:

CA : Costo aplicado.

VA : Venta acumulada.

MP : Margen ponderado.

Así mismo, el resultado pendiente es la diferencia entre el costo y el costo aplicado. Si este resulta positivo es porque se ha gastado demás, y si resulta negativo, es porque se ha gastado menos de lo esperado. Si el margen previsto o ponderado sale menor que cero, entonces el resultado pendiente es igual a cero. La fórmula para su cálculo es la siguiente:

Cálculo del resultado pendiente

$$RP = Cost - CA \quad (3.5)$$

Donde:

RP : Resultado pendiente.

$Cost$: Costo.

CA : Costo aplicado.

Luego de haber determinado las provisiones actuales (tangibles), de haber calculado el resultado pendiente, de realizar el análisis de márgenes y de calcular las provisiones virtuales resultantes de la diferencia de márgenes, es posible determinar la contingencia con la siguiente fórmula:

Cálculo de la contingencia

$$Cont = RP + PT + PV \quad (3.6)$$

Donde:

$Cont$: Contingencia

RP : Resultado pendiente.

PT : Provisiones tangibles.

PV : Provisiones virtuales.

El análisis dependerá del signo resultante:

- +: Margen disponible, si este representa un gran porcentaje debería incrementarse las expectativas del margen ponderado.
- 0: El margen ponderado no tiene colchón o respaldo.
- -: El margen ponderado ya no tiene colchón y además se va a diluir, por ende, no podrá alcanzarse el margen ponderado proyectado.

Finalmente, el análisis del resultado pendiente tiene como objetivo sincerar y, por lo tanto, hacer más confiable el margen ponderado, permitiendo tomar decisiones más acertadas acerca del futuro consumo.

Activo o pasivo auxiliar

Es todo lo que se ha ejecutado, pero por alguna razón no se ha valorizado (o no se ha contemplado en la venta). Representa los trabajos ejecutados y no ejecutados que pueden convertirse en ventas o costos en el futuro. Los activos ingresan con signo positivo ya que representan futuros pagos y, las provisiones con signo negativo ya que son trabajos no ejecutados que ya han sido valorizados. La suma de ambos indicará si se tiene mayor o menor margen real por fase. Este análisis se realiza por fase para posteriormente analizar la diferencia entre el margen real de fase y el margen previsto.

3.9.3	Valor ganado
3.9.3.0	Análisis del valor ganado (EVM)

El análisis del valor ganado facilitó una serie de parámetros que asesoran sobre el funcionamiento del proyecto en base a la planificación. El valor ganado nos informó de las desviaciones de costo y tiempo del proyecto. De modo que, gracias a su funcionalidad se pudo tomar decisiones más rápidas y efectivas, apoyadas en datos concretos sobre la realidad del trabajo ejecutado. Con la metodología del valor ganado se visualizó el índice del desempeño del coste (CPI) frente al índice de desempeño del cronograma (SPI). Se contrastó lo planificado con lo que realmente se desarrolló en el proyecto. De esta manera, se observó todo lo que está por debajo y por encima del presupuesto estimado, en relación con los plazos previstos en la planificación.

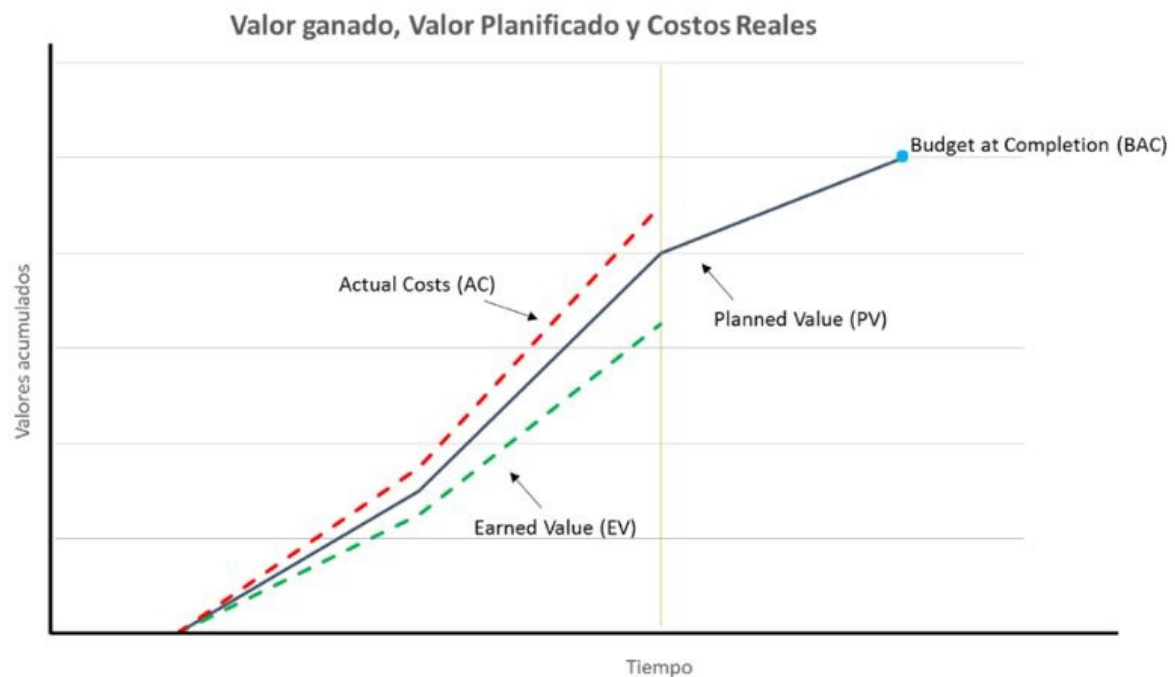


Figura 3.6: Valor ganado, valor planificado y costos reales

Fuente: ((PMI, 2017))

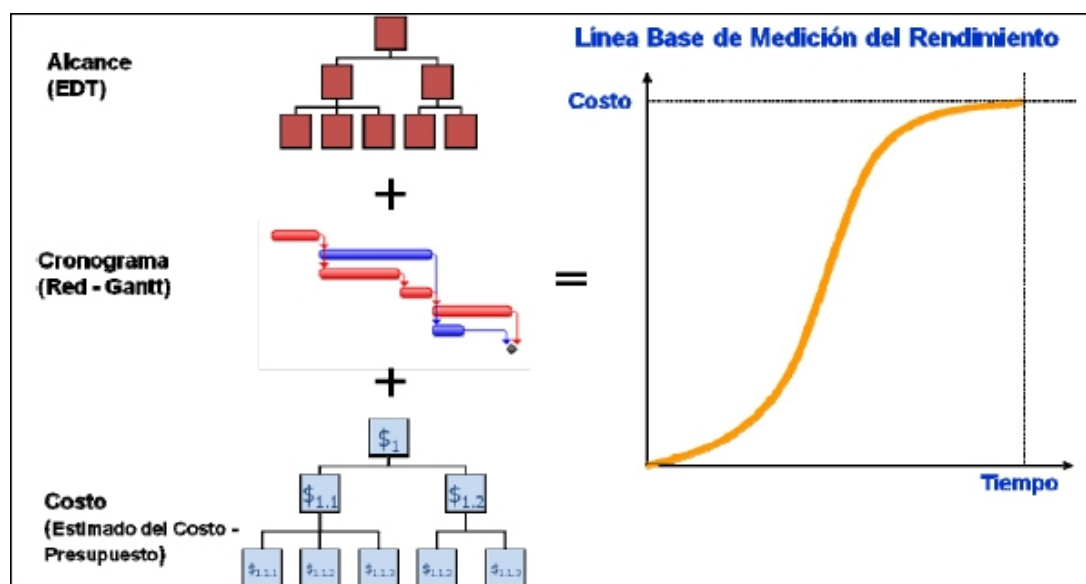


Figura 3.7: Proceso del análisis del valor ganado

Fuente: ((PMI, 2017))

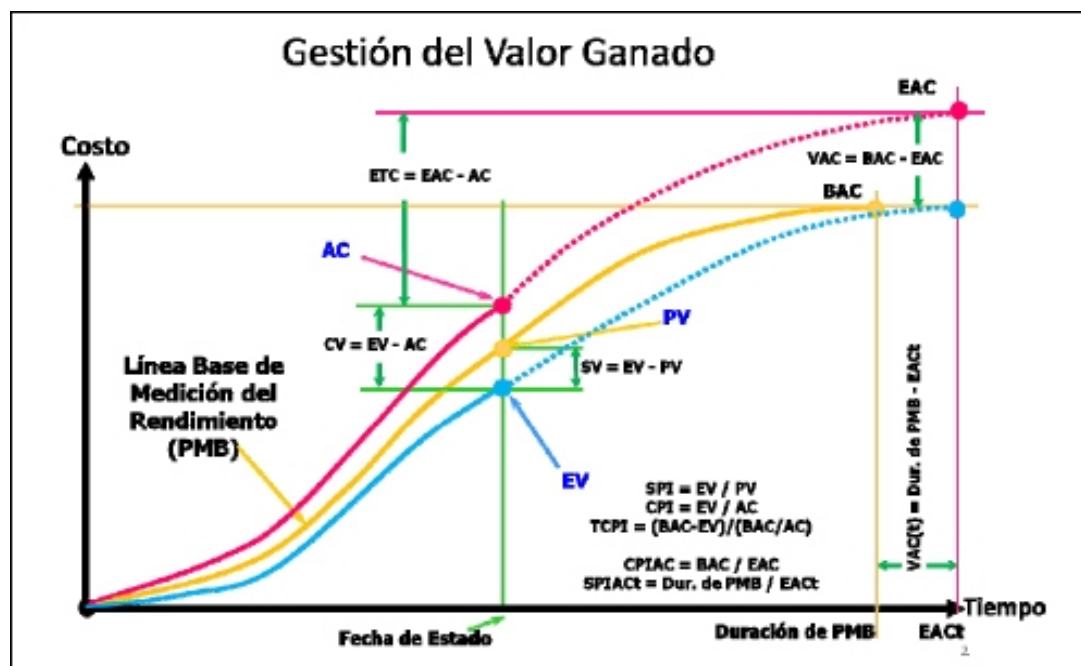


Figura 3.8: Cálculos del análisis del valor ganado

Fuente: ((PMI, 2017))

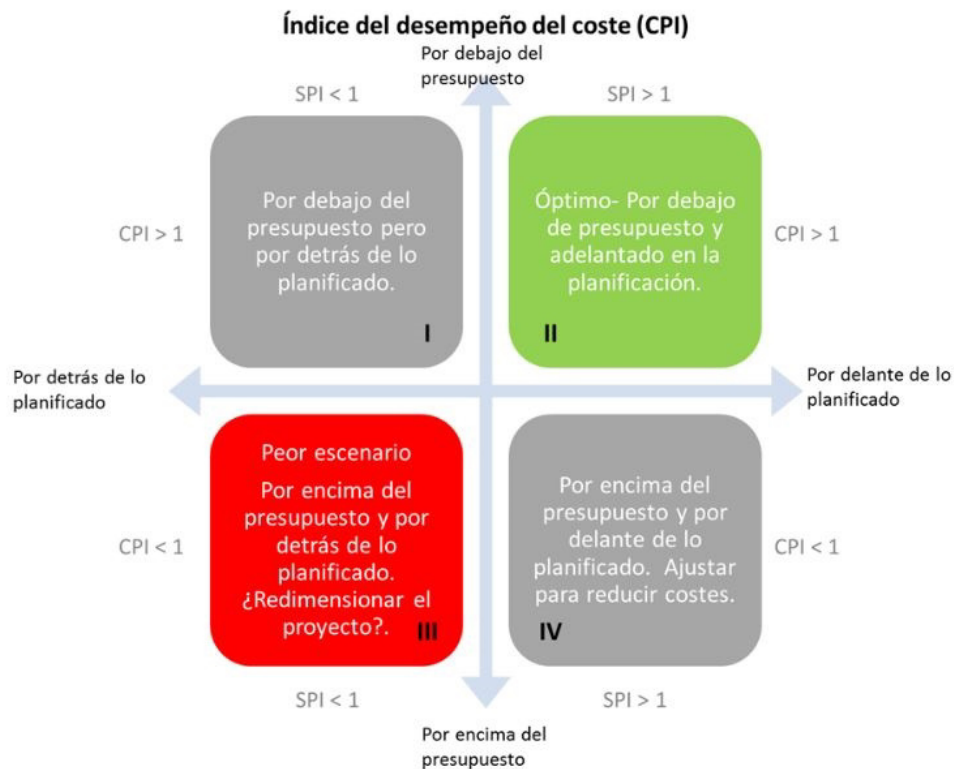


Figura 3.9: DAFO del estado del proyecto

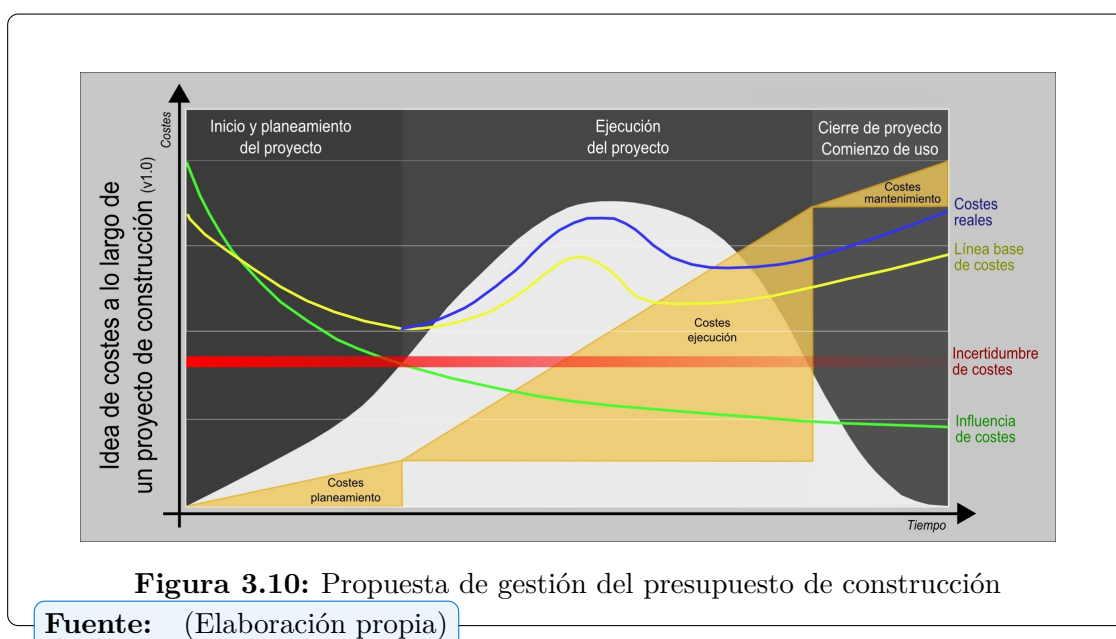
Fuente: (Elaboración propia)

Organización

Las áreas que intervienen en la generación de información para la elaboración de la Investigación son: Producción, administración de obra, administración de contratos, almacén, oficina técnica y gerencia de proyectos.

3.9.3.0 Gestión del presupuesto de construcción

El ciclo general de la gestión del presupuesto de construcción



Implementación del resultado operativo inicial

1 Fase 01: Iniciación

- Esta fase establece los lineamientos que se debe seguir para participar en concursos o licitaciones, sean públicos o privados, desde el contacto comercial con un cliente nuevo o en cartera, incluyendo una invitación a concurso: evaluación de participación o no participación (P/NP), elaboración de las ofertas técnicas económicas (OTE), seguimiento comercial, adjudicación y firma de contrato.

2 Fase 02: Planificación

- Esta fase comprende el grupo de actividades, entregables y documentos requeridos para desarrollar y establecer una correcta planificación del proyecto, antes del inicio de su ejecución.

3 Fase 03: Ejecución

- ☞ La fase de ejecución se fundamenta en ciclos virtuosos de gestión, en los cuales se elaboran e implementan planes semanales de producción y ejecución, que serán monitoreados diariamente por el equipo de dirección de proyecto, Así se podrá identificar y corregir cualquier desviación, con la finalidad de asegurar los objetivos de dirección y producción del proyecto, e identificar a su vez oportunidades de mejora continua y aprendizaje en el proceso.

4 Fase 04: Seguimiento y Control

- ☞ Esta fase inicia y finaliza en simultáneo con la de ejecución, y establece los lineamientos a seguir por las jefaturas funcionales del proyecto, para un adecuado seguimiento y control del mismo durante la fase de ejecución, a fin de asegurar los objetivos establecidos mediante un plan de ejecución del proyecto (PEP), estos objetivos están referidos al cumplimiento de avance físico, productividad, venta, costos, seguridad y salud ocupacional, calidad técnica, administración de contratos y de obra y equipos, alertando y corrigiendo desviaciones de manera oportunas.

5 Fase 05: Cierre

- ☞ Esta fase completa la gestión integral del proyecto, comprende una serie de actividades cuyo objetivo es el de entregar la obra a satisfacción del cliente y cerrar el proyecto a nivel contractual y a nivel interno, cumpliendo con todos los requisitos establecidos.

La fase de cierre de acuerdo a los lineamientos del PMI debería constar, a su vez, de las siguientes 12 etapas:

Comunicación de cierre de proyecto

Entrega de obras física y recepción de obra

Cierre de pendientes de reconocimiento contractual

Cierre administrativo

Desmovilización de recursos

Dossiers y conformidad de obra

Liquidación de contrato y cierre contractual

Cierre documentario

Resultado operativo final (RO final)

Lecciones aprendidas de proyecto

Memoria descriptiva final

Cierre de centro de costos

Resultado operativo cero

Tabla 3.6: Propuesta del responsable de la validación del RO-0

Responsables	Gerente de proyecto / jefe de oficina técnica
Registro / Entregable	resultado operativo preliminar / resultado operativo cero RO-0

Fuente: Elaboración propia

El RO mensual, análisis y compatibilización mensual.

El reporte RO (resultado operativo) se enfoca justamente en calcular y analizar el margen obtenido en cada período mensual, así como el margen ponderado para el saldo y hacia el término del proyecto.

El análisis del resultado operativo acumulado es fundamental para hacer las proyecciones de saldo y luego de ello la proyección de resultado al final del proyecto.

Todo ello deberá traducirse y sustentarse claramente en el resultado operativo del proyecto.

- ☞ Curva S de avance de obra
- ☞ Resultado operativo total del proyecto
- ☞ Resultado operativo por fase del proyecto
- ☞ Panel de indicadores

EL RO de cierre de obra

Se realiza un comparativo del presupuesto meta vs real (a nivel de partidas presupuestadas).

Tabla 3.7: Propuesta del responsable de la validación del RO - cierre

Responsables	Gerente de Proyecto / Jefe de oficina técnica
Registro / Entregable	Comparativo de Presupuesto meta vs real.

Fuente: Elaboración propia

3.10 Herramientas de control del cronograma

Para la gestión del cronograma se implementó el sistema last planner o sistema del último planificador.

3.10.1 Programación maestra

Esta programación marca los hitos de la programación de la obra. Por lo cual no debe ser una programación muy detallada.

3.10.2 Lookahead 4WLA

Es un cronograma de ejecución a mediano plazo el cual se desarrolló a 4 semanas, esto dependerá de la empresa constructora y el tiempo de reacción para el levantamiento de sus restricciones, la ubicación del proyecto y su operación logística. Se inicia en la programación maestra, haciendo algunos cambios al cronograma debido a que el lookahead es mucho más detallado.

3.10.3 Programación semanal

Es un cronograma tentativo donde se muestra las actividades que se van a realizar en la semana. Se supone que todas las actividades mostradas no deben de tener restricciones para su realización. Para realizar la programación semanal se debe tener en cuenta la programación de las siguientes cuatro semanas (lookahead 4WLA)

3.10.4 Programación diaria (plan diario)

Conocido como el plan diario, es un documento que se entrega todos los días al responsable de cada cuadrilla. Dicho documento muestra en forma clara las actividades a realizar durante el día, la idea es formalizar las actividades de campo a ejecutar. Para realizar la programación diaria se debe tener en cuenta la programación semanal.

3.10.5 Análisis de restricciones

Teniendo como base el lookahead, se hace un análisis de todas las partidas que se deberían realizar en las siguientes cuatro semanas según la programación. Hay que pensar en todo lo que se necesita para que la actividad se pueda realizar sin ninguna restricción. En el formato de análisis de restricciones se escribe también la fecha límite en la cual se tiene que levantar la restricción y el responsable o área responsable de levantarla. El plazo no es necesariamente cuatro semanas, la idea es tener un tiempo de anticipación al cronograma para levantar las restricciones. El levantamiento de las restricciones es vital para poder mantener un flujo constante de producción.

3.10.6 Porcentaje de plan cumplido (PPC)

Es el número total de tareas programadas completadas entre el número total de tareas programadas expresado en porcentaje. Las tareas programadas se toman del lookahead. El PPC es un análisis de confiabilidad, no busca medir el avance sino la efectividad del sistema de programación y cuáles son las actividades a las cuales se les tiene que prestar mayor atención.

3.10.7 Presupuesto de obra

Se debe usar algunos datos obtenidos del presupuesto de obra, haciendo de este una especie de herramienta indirecta. El presupuesto de obra se usa para completar en el ISP las columnas que indican el metrado y las horas hombre requeridas para cada actividad.

3.10.8 Sectorización

Es una división de la zona de trabajo en partes iguales. Aplicando el concepto de **divide y vencerás**, se divide el plano en partes iguales donde cada una de las partes se le denomina sector o frente y será el avance diario para cada una de las actividades (chancado de pebbles, molienda, flotación y espesadores).

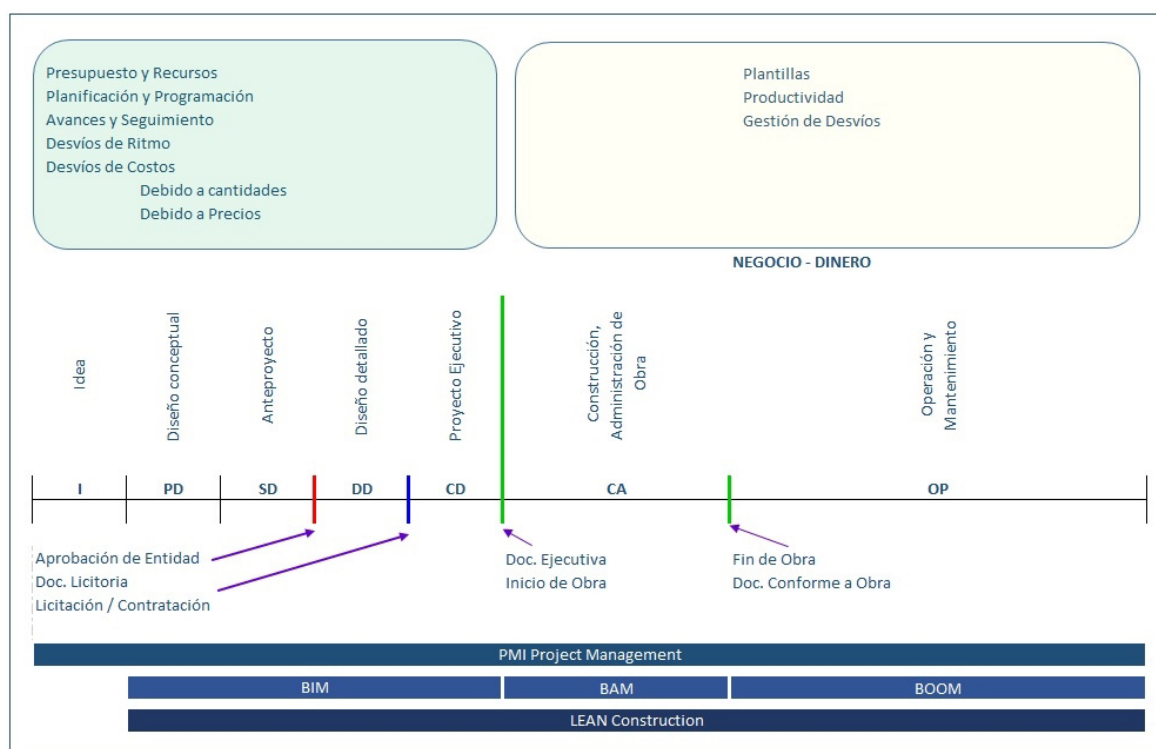


Figura 3.11: Implementación de metodologías ágiles de gestión de proyectos

Fuente: (Elaboración propia)

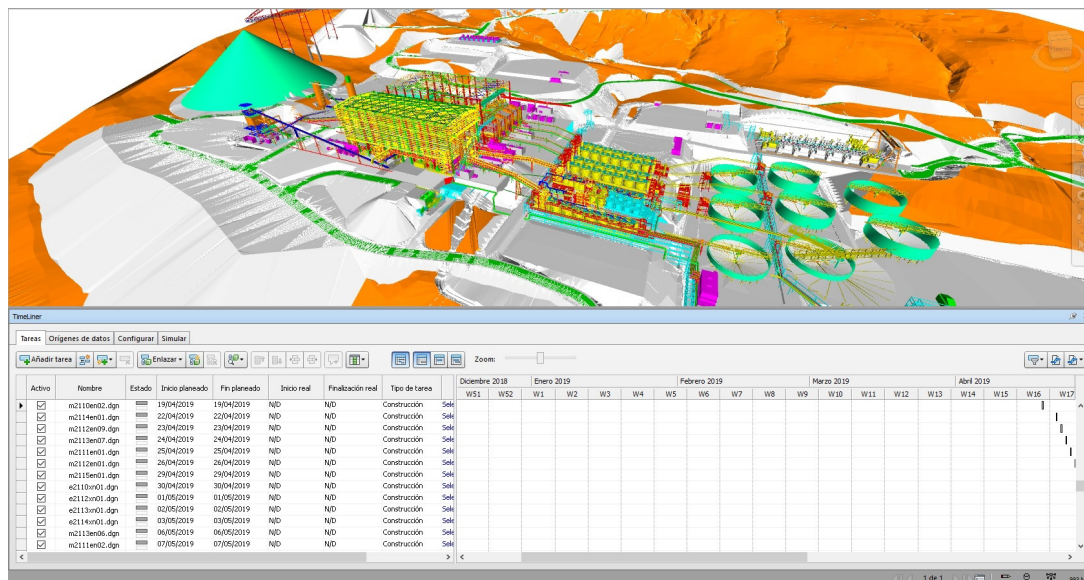


Figura 3.12: Modelo BIM proyecto expansión Toromocho - movimiento de tierra y concreto

Fuente: (Elaboración propia)

La realización del “WBS – work breakdown structure”, permitió el desglose analítico del proyecto en partes elementales planeadas específicamente para conectarse con lo que se ha modelado. De esta manera fue posible extraer, organizar y visualizar fácilmente el progreso de la obra representando una de las formas de innovar la gestión de esta dimensión.

3.10.9 Seguimiento y control de proyectos

De acuerdo al PMI - PMBOK 6th el seguimiento y control del proyecto se encuentra incluido dentro del cuarto grupo de procesos monitoreo y control. En esta fase se inicia y finaliza en simultáneo con la de ejecución, y establece los lineamientos a seguir por las jefaturas funcionales del proyecto, para un adecuado seguimiento y control del mismo durante la fase de ejecución, a fin de asegurar los objetivos establecidos.

- 1 Planificación, seguimiento y control de la producción en campo, de forma diaria, mediante herramientas de gestión que permitan medir y registrar indicadores operativos, de SSOMA, contractuales y logísticos (suministro de recursos); todos directamente relacionados con la producción planeada.
- 2 Seguimiento y control técnico del avance de producción, de forma diaria y semanal, mediante herramientas de gestión que permitan medir, analizar y registrar el progreso y comportamiento del proyecto en el tiempo, de su avance físico, de los rendimientos

y productividad, de los cambios de ingeniería, así como de los costos y venta derivada, que permitan proyectar con precisión el margen esperado.

- ③ Seguimiento y control del contrato principal y del alcance de obra, de forma semanal, que es complementado con un monitoreo y control de la gestión de riesgos (identificación y mitigación), de la gestión de subcontratos de servicios tercerizados, de la gestión de conocimiento en cuanto a aprendizaje y registro de oportunidades de mejora; así como del manejo documentario del proyecto.
- ④ Seguimiento y control de la administración de obra, de forma diaria y semanal, que comprende cuatro áreas como son la gestión de personal (obrero y empleado), la gestión de compras y almacenes, la gestión de servicios generales y finalmente la contabilidad de obra, que de acuerdo al PMBOK 6th perteneces al área de conocimiento de gestión de los recursos.
- ⑤ Seguimiento y control de equipos, de forma diaria y semanal; que comprende el planeamiento y mantenimiento de equipos móviles y estacionarios sean propios o arrendados, con el objetivo principal de asegurar su disponibilidad según el plan de producción.
- ⑥ Seguimiento y Control de la calidad técnica de la obra, de forma diaria y semanal, según el plan de puntos de inspección (PPI), mediante herramientas de gestión que permitan la medición, análisis y registro escrito de la calidad física de los materiales a emplear en la producción, de la calidad técnica de los procesos constructivos a seguir según plan; así como de la calibración y certificación de los equipos de medición empleados para las pruebas de campo y laboratorio requeridos.
- ⑦ Planificación, seguimiento y control diario a la gestión de seguridad, salud ocupacional, cuidado del medio ambiente y de responsabilidad social de todo el personal y recursos involucrados en el proyecto, mediante herramientas de gestión proactivas que aseguren la oportuna, completa y efectiva aplicación de las medidas operacionales preventivas establecidas y comprometidas. Medidas orientadas a evitar o minimizar eventos no deseados en cualquier actividad de producción o soporte indirecto, con pérdidas o daños a la propiedad, a las personas, al medio ambiente y al entorno social del proyecto.

3.10.9.0 Alcance de control

El Seguimiento y control de la producción en campo se desarrolló, a partir del cronograma de construcción vigente y del subsecuente plan de cuatro semanas (4WLA) y semanal,

Tabla 3.8: Estructura del monitoreo y control de la producción en obra

Indicadores	Mano de obra directa (MOD) / Materiales (MAT) / Porcentaje de actividades completadas (PAC) / Análisis de causas de no cumplimiento (CNC)
Responsables	Jefe de oficina técnica
Registro / Entregable	Reporte diario de Producción / Reportes de topografía (metrados) / Check list de equipos

Fuente: Elaboración propia

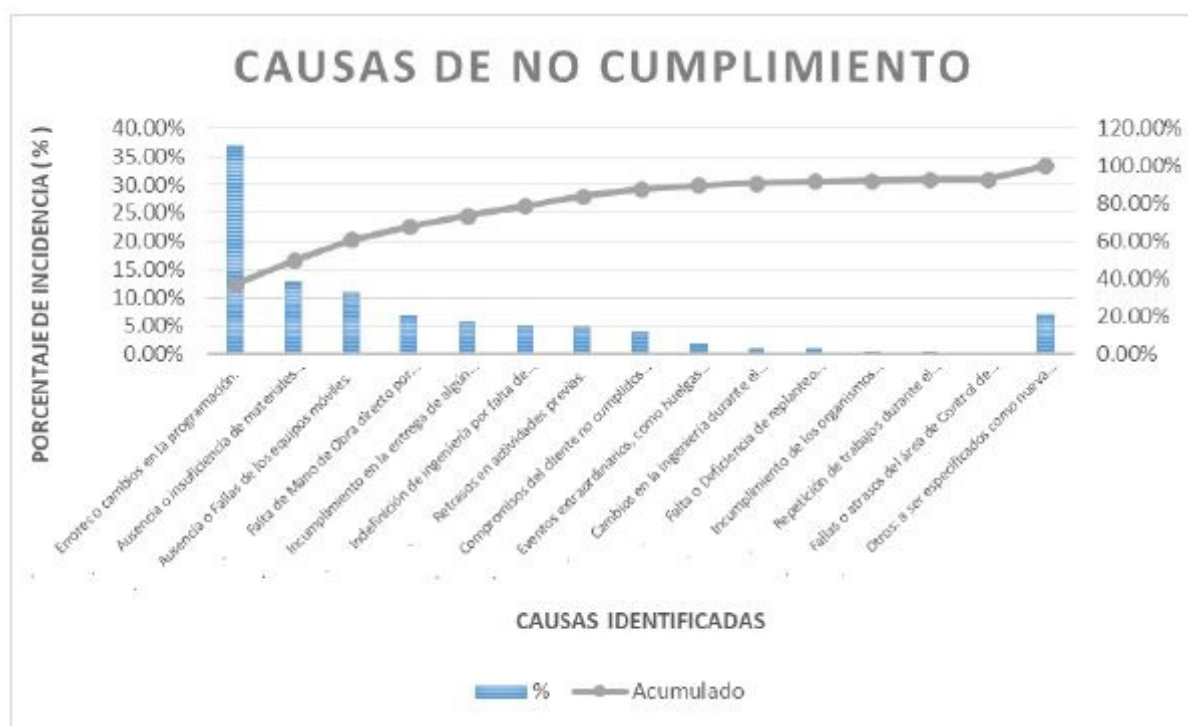


Figura 3.13: Evolución de causas de no cumplimiento

Fuente: (Elaboración propia)

Seguimiento y control del cronograma y costo

Establecido el plan de producción en el cronograma base y RO cero, se prosiguió con el seguimiento y control:

- 1 Tiempo, avance y plazo
- 2 Costos del proyecto
- 3 Ventas (valorizaciones)
- 4 Margen de obra
- 5 Ingeniería

El RO mensual tomó como base la proyección mensual de costos reportada en el RO anterior. Al cierre de semana o mes, se registró la suficiente información que permitió calcular el avance físico y costo real de la semana, variables con las cuales podrá proceder a calcular el costo, real del proyecto, que permitió calcular el indicador de desempeño CPI que permite tener una valoración objetiva del estado y rendimiento del proyecto.

Tabla 3.9: Propuesta del seguimiento y control del cronograma y costo

Indicadores	Porcentaje de actividades completadas (PAC) / Análisis de causas de no cumplimiento (CNC)
Responsables	Jefe de Oficina Técnica
Registro / Entregable	Cronograma de obra / Líneas Bases, 4WLA, PSP, ISP (Curva S)

Fuente: Elaboración propia

La herramienta principal para el control de tiempo y avance es el cronograma o diagrama de barras (o carta Gantt), y del cual se generó todas las demás herramientas de seguimiento y control, como son el 4WLA, y la curva S.

Tabla 3.10: Índice de desempeño del cronograma (SPI)

Indicadores	Índice de rendimiento de Costo (CPI); Índice de rendimiento de cronograma (SPI):
Responsables	Jefe de Oficina Técnica
Registro / Entregable	CPI, SPI, EAC

Fuente: Elaboración propia

SPI = que representa la relación entre el valor planeado y el valor ganado.

Los índices de desempeño deben ser cercanos a 1 o mayores que 1.

- ☞ Si $SPI = 1$, el proyecto se encuentra dentro del cronograma.
- ☞ Si $SPI > 1$, el proyecto está adelantado de acuerdo al cronograma.
- ☞ Si $SPI < 1$, el proyecto se encuentra atrasado de acuerdo al cronograma.

Tabla 3.11: Control del costo

Indicadores	Resultado Operativo
Responsables	Jefe de Oficina Técnica
Registro / Entregable	RO

Fuente: Elaboración propia

CPI = que representa la relación entre el valor ganado y el costo actual del trabajo ejecutado.

- ☞ Si $CPI = 1$, el proyecto se encuentra de acuerdo a lo planeado.
- ☞ Si $CPI > 1$, se espera que el EAC termine siendo menor al presupuesto original del proyecto.
- ☞ Si $CPI < 1$, se espera que el EAC termine siendo mayor al presupuesto original del proyecto.

Tabla 3.12: Control de la venta

Indicadores	Obra ejecutada no valorizada (OENV)
Responsables	Jefe de Oficina Técnica
Registro / Entregable	Valorización Mensual / Reporte de Venta real ejecutada / Provisión de venta mensual

Fuente: Elaboración propia

La venta reportada en el RO puede tener diferencias respecto a la valorización comercial (mensual y acumulada). En efecto, se podría tener el caso de la obra valorizada no ejecutada —poco común— y de obra ejecutada no valorizada (OENV) lo que se reporta en los ISP semana a semana con su respectivo acumulado.

Tabla 3.13: Control del contrato principal y alcance

Indicadores	OEPC (Obra ejecutada por contratar); OENV (Obra ejecutada no valorizada) y seguimiento de provisión de riesgo
-------------	---

Fuente: Elaboración propia

Porcentaje de actividades completadas (PAC) o % de PPC

El PAC se obtiene de dividir el número de actividades completadas durante la semana dividido entre el número total de actividades asignadas en el PSP inicial, tomando en cuenta únicamente las actividades que están 100 % completadas, sin considerar aquellas parcialmente completadas. Es importante y necesario especificar y cuantificar claramente los objetivos del PSP, para su seguimiento, control y medición. Con el PAC, no se busca precisamente medir el avance, sino la efectividad y confiabilidad del PSP, lo cual implica medir la calidad de la planificación tanto trisemanal como semanal.

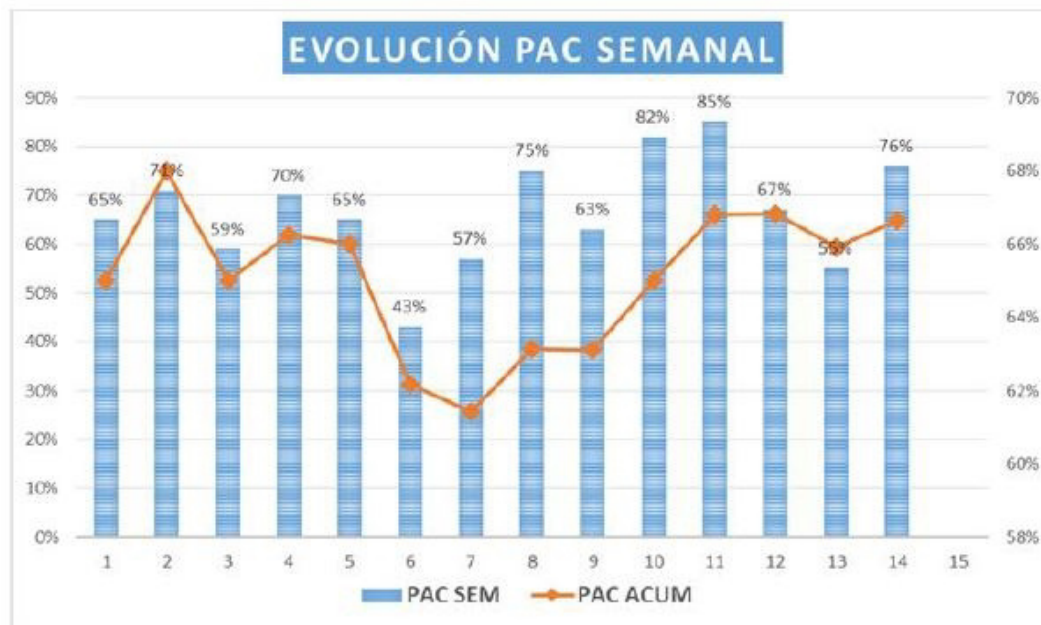


Figura 3.14: Análisis del PAC

Fuente: (Elaboración propia)

3.10.9.0 Recopilación de datos de gestión



Figura 3.15: Revisión de ingeniería por especialidades

Fuente: (Elaboración propia)

3.10.10 Lean construction y last planner

El **lean construction** es la cultura de respeto y mejora continua orientada a crear más valor para el cliente a la vez que identifica y elimina el desperdicio en la construcción. (Lean Construction Institute, 2017)

El **last planner** es la persona o grupo que realiza asignaciones a trabajadores directos. (Lean Construction Institute, 2017)

El **last planner system (LPS)** es un sistema para la planificación y control de la producción del proyecto, cuyo objetivo es crear un flujo de trabajo que logre una ejecución confiable, desarrollado por Glenn Ballard y Greg Howell, con documentación de Ballard en el año 2000. LPS es el sistema de planificación colaborativo y basado en el compromiso que se integra con el deber de voluntad. Planificación planificada: planificación de planificación anticipada con análisis de restricciones, planificación de trabajo semanal basada en promesas confiables y aprendizaje basado en análisis de PPC y Razones para la variación. (Lean Construction Institute, 2017)

3.10.10.0 Principios de la filosofía lean

El lean construction basa su filosofía en la gestión de los procesos de construcción siguiendo los principios de la mejora continua. Uno de los elementos imprescindibles para que el sistema lean construction reduzca esfuerzos, tiempo y materiales no necesarios es la colaboración de todas las partes implicadas en un proyecto de construcción.



Figura 3.16: Los seis principios del LEAN

Fuente: ((Lean Construction Institute, 2017))

- ① Respeto por las personas
- ② Optimizar el conjunto
- ③ Generar valor
- ④ Eliminar los residuos
- ⑤ Enfoque en el flujo
- ⑥ Mejora continua

3.10.10.0 Sistema last planner (LPS)

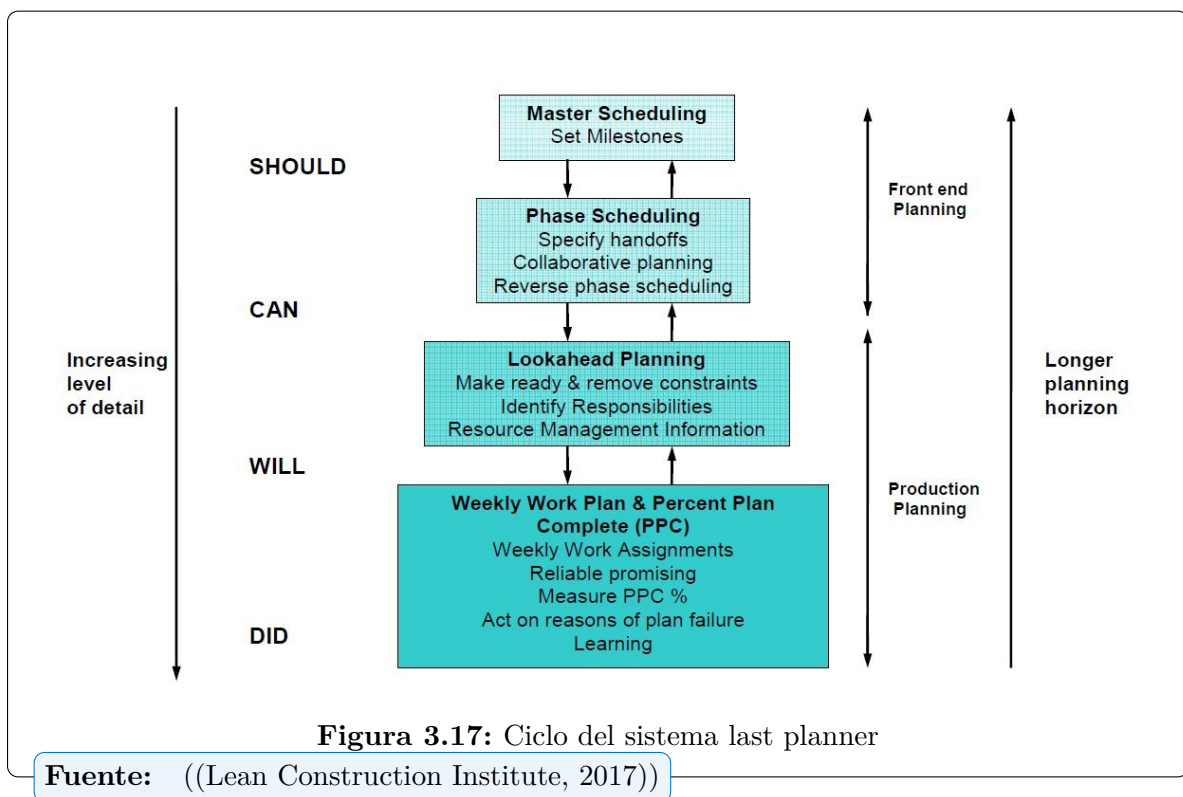
La metodología last planner system tiene las siguientes características:

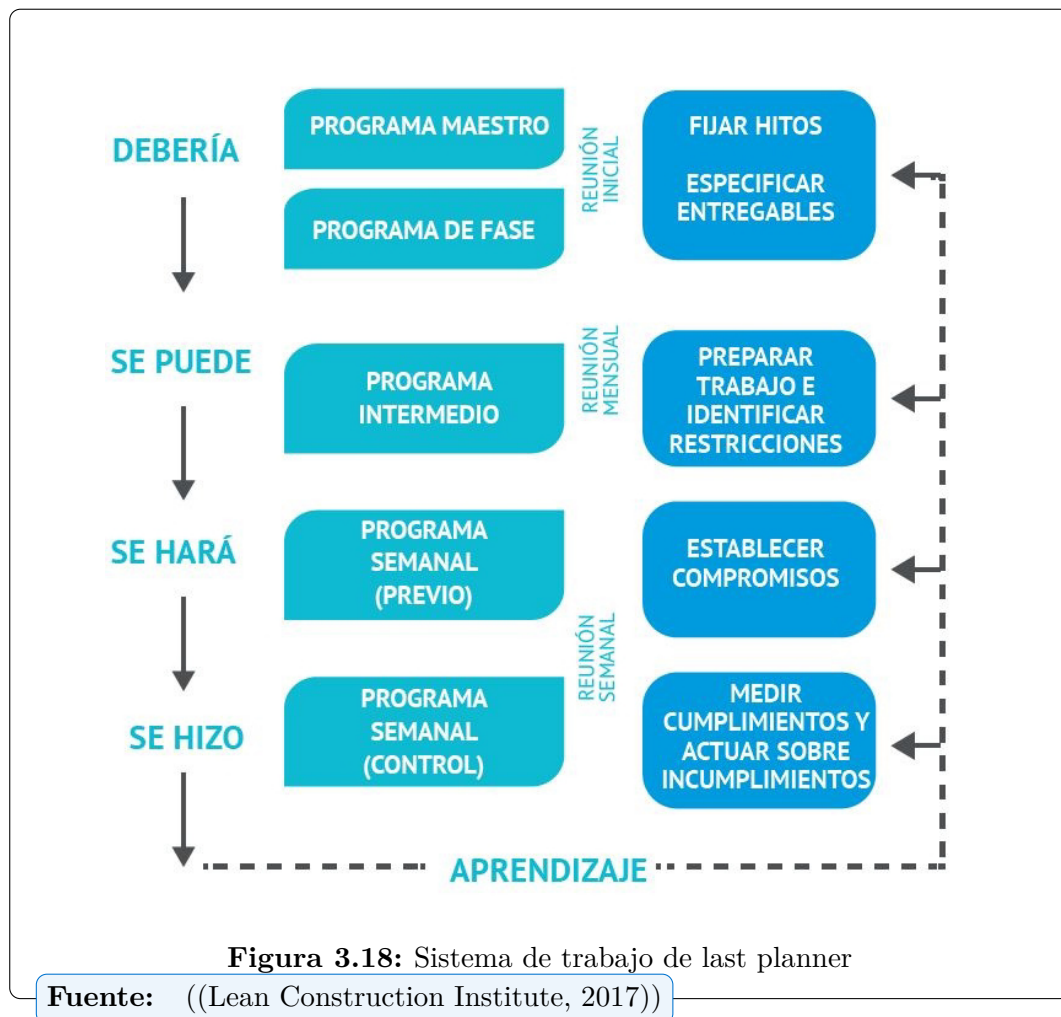
- ① El sistema busca incrementar la fiabilidad de la planificación y por consecuencia mejorar los desempeños.
- ② El sistema trabaja en base a restricciones, es decir todas las actividades tienen dificultades para poder ser realizadas, mientras más restricciones se liberen, mas actividades pueden ser ejecutadas.
- ③ El sistema entrega herramientas de planificación y control efectivas para proyectos complejos, inciertos y/o rápidos.
- ④ El sistema está diseñado para mejorar el control de la incertidumbre aumentando la confiabilidad de los planes.
- ⑤ El incremento de la confiabilidad del plan se realiza tomando acciones en diferentes niveles del sistema de planificación.
- ⑥ La esencia de este sistema es trabajar directamente con el último planificador, el cuál puede ser: capataz, jefe de obra, supervisor, subcontratista, administrador de terreno, entre otros.
- ⑦ El último planificador es quien define lo que será realizado y quien realizará el trabajo.

3.10.10.0 Elementos del last planner system

Los principales elementos son:

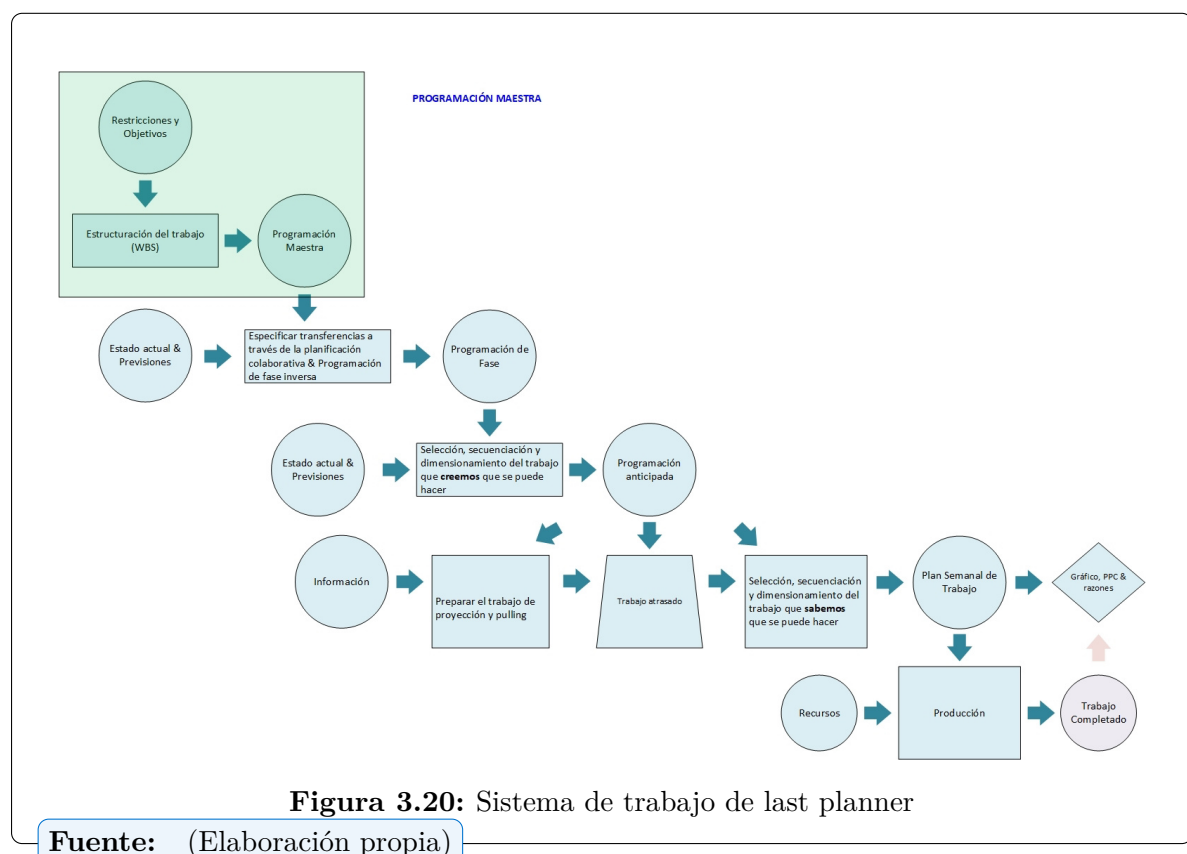
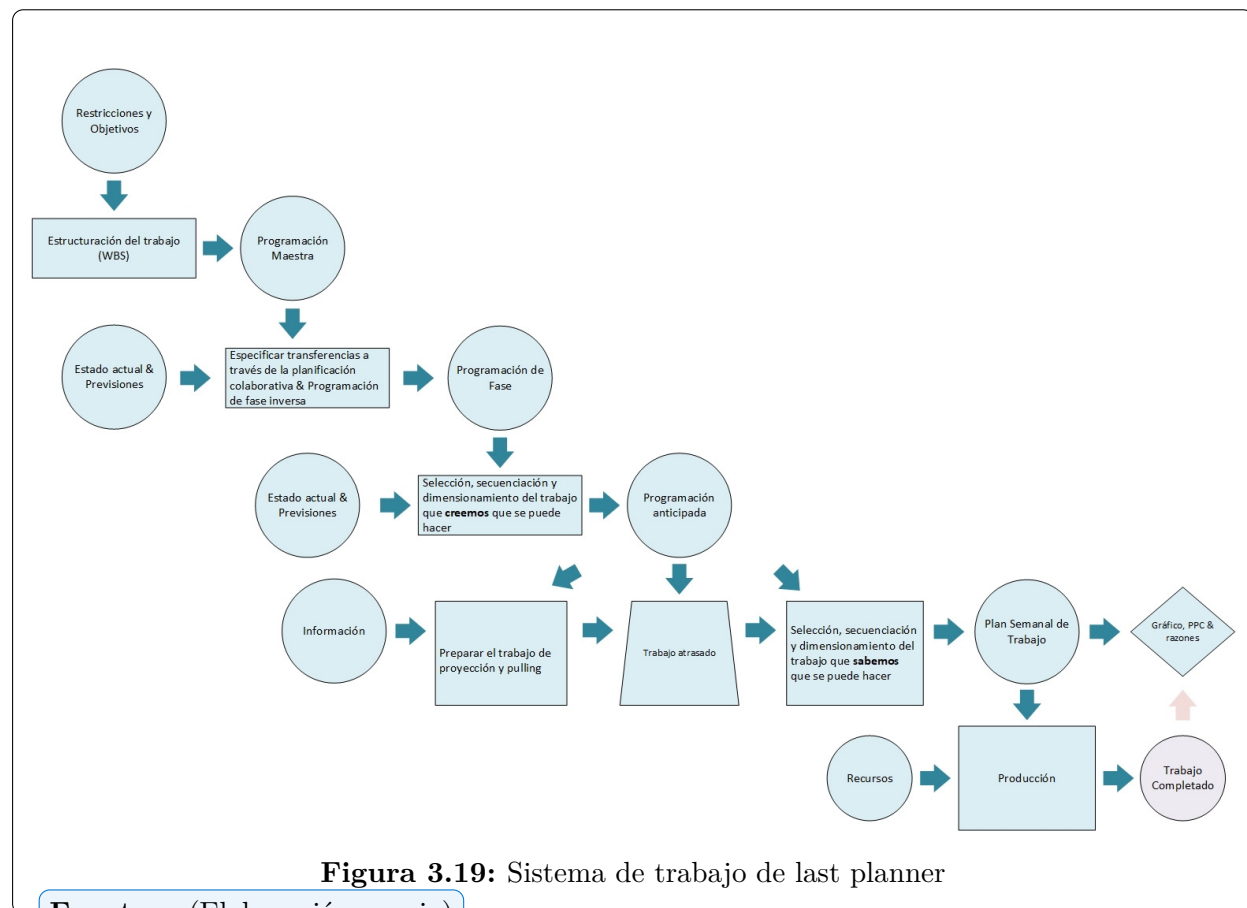
- ① **Programación maestra.** - Se establecen los hitos del proyecto
- ② **Programación de fase.** - Consiste en especificar los entregables del proyecto, de acuerdo a la planificación colaborativa con los stakeholders del proyecto, elaboración de la programación de fase inversa.
- ③ **Lookahead planning / programación anticipada.** - Preparar y eliminar las restricciones, identificar responsabilidades y controlar la información producto de la gestión de recursos (procura de materiales).
- ④ **Plan de trabajo semanal porcentaje de plan completado.** - Se identifica y controla las tareas semanales, se lleva el control diario mediante la medición del % PPC a su vez se realiza las acciones sobre las razones del plan de aprendizaje de fracaso.

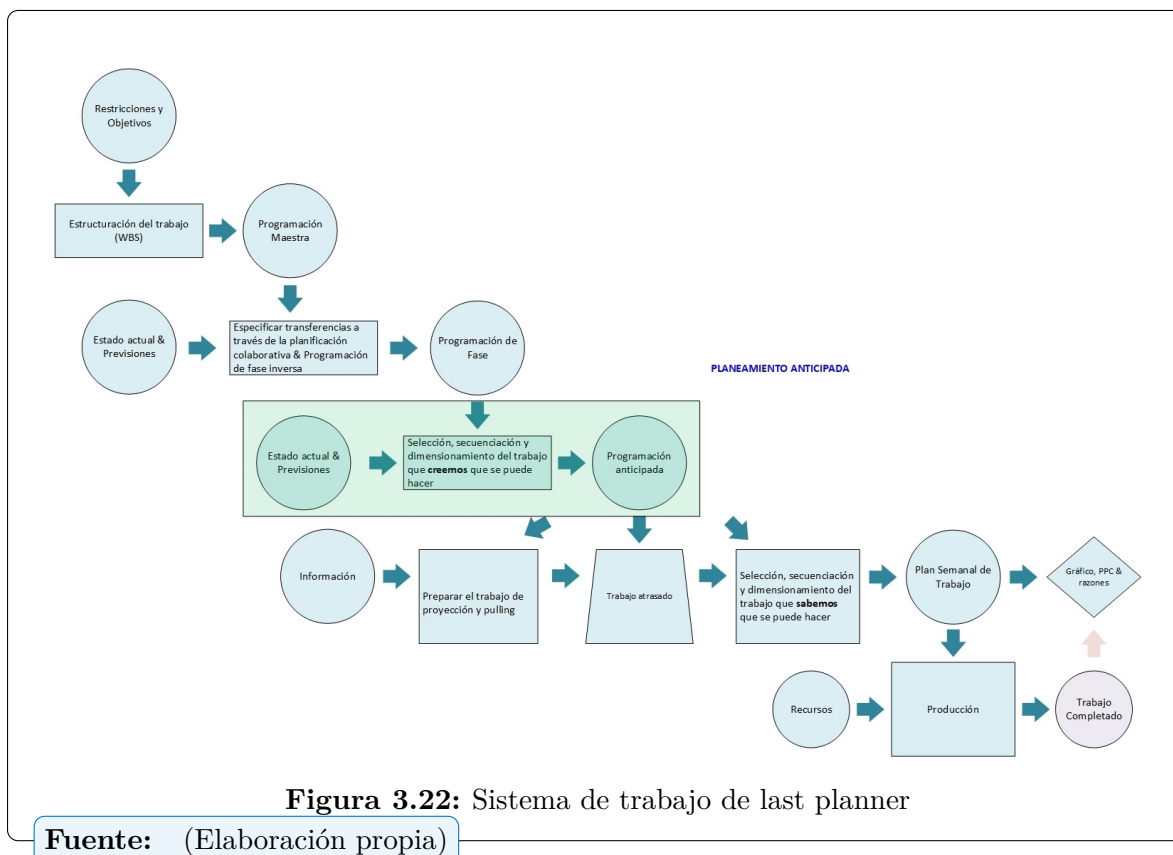
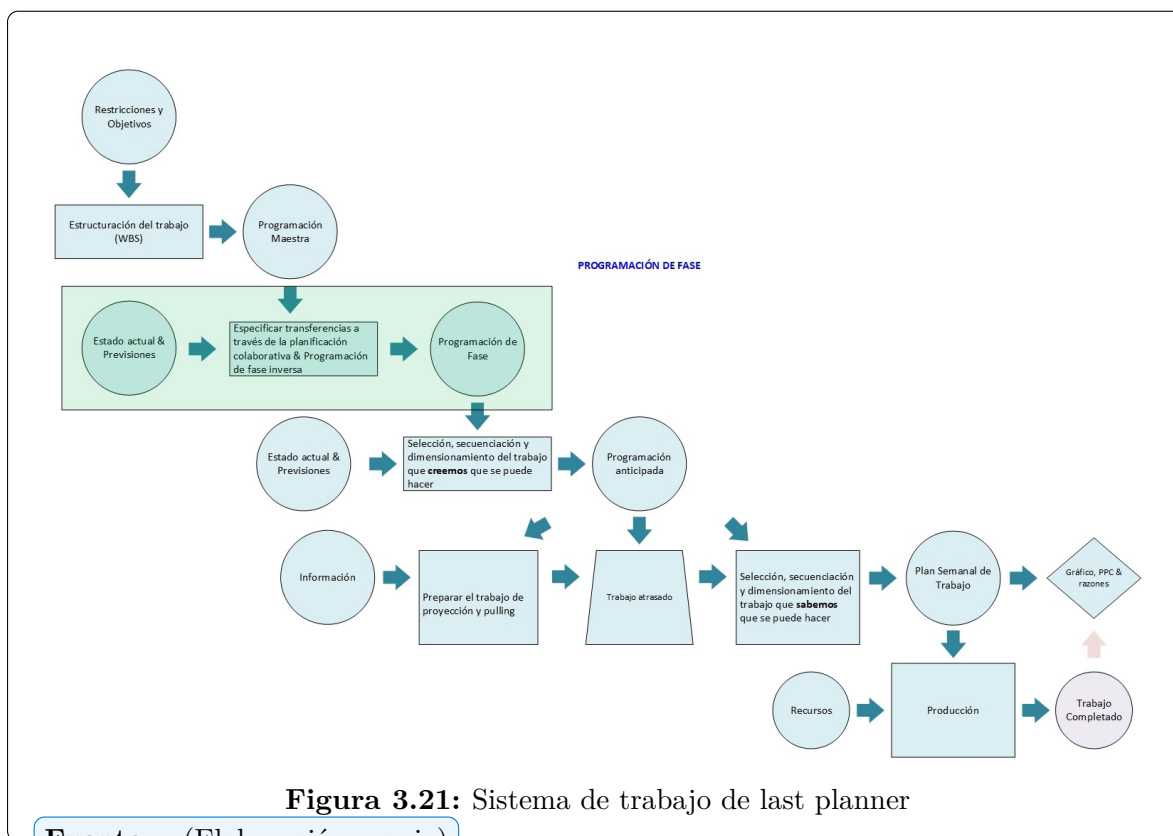


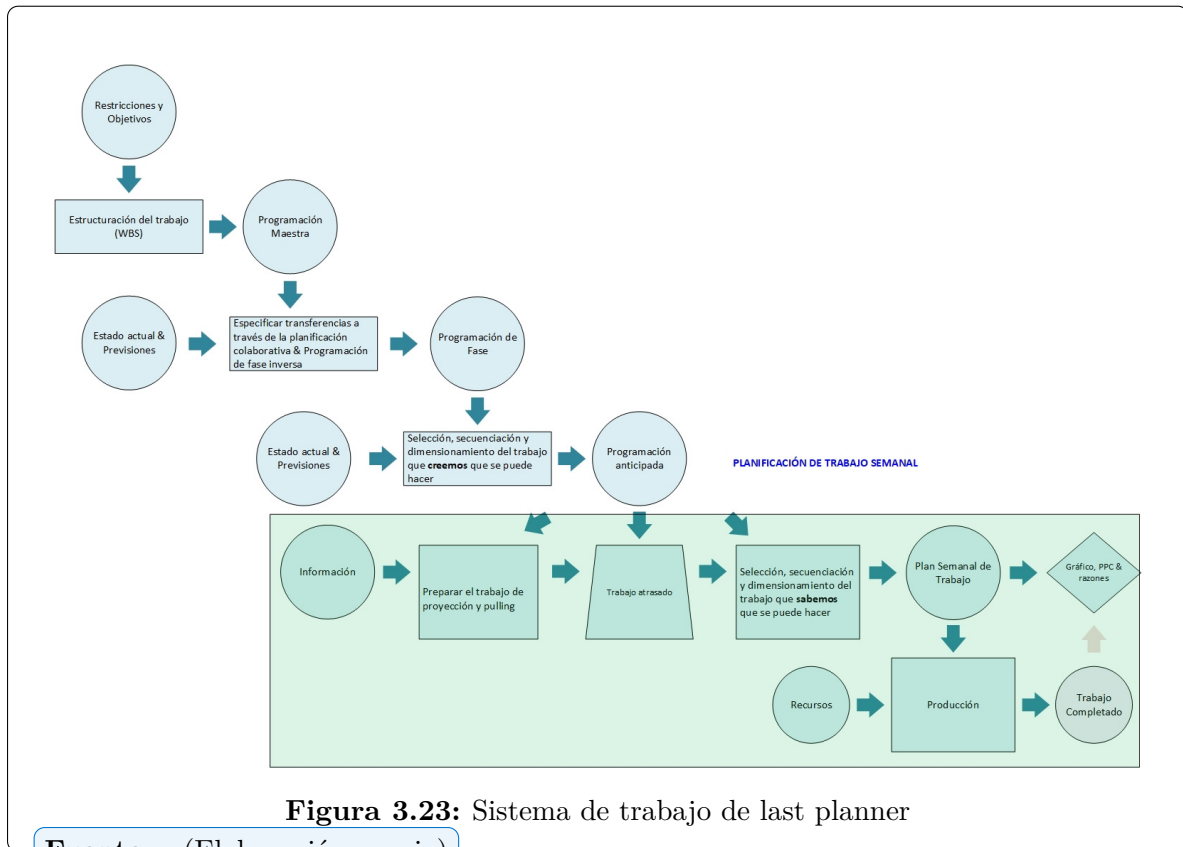


3.10.11 Funcionamiento del sistema last planner

El sistema last planner, basado en principios de construcción eficiente, tiene como objetivo aumentar la confiabilidad de la planificación y, por lo tanto, mejorar el rendimiento. El aumento de la confiabilidad del plan se realiza al actuar en varios niveles en el sistema de planificación. ((Lean Construction Institute, 2017))

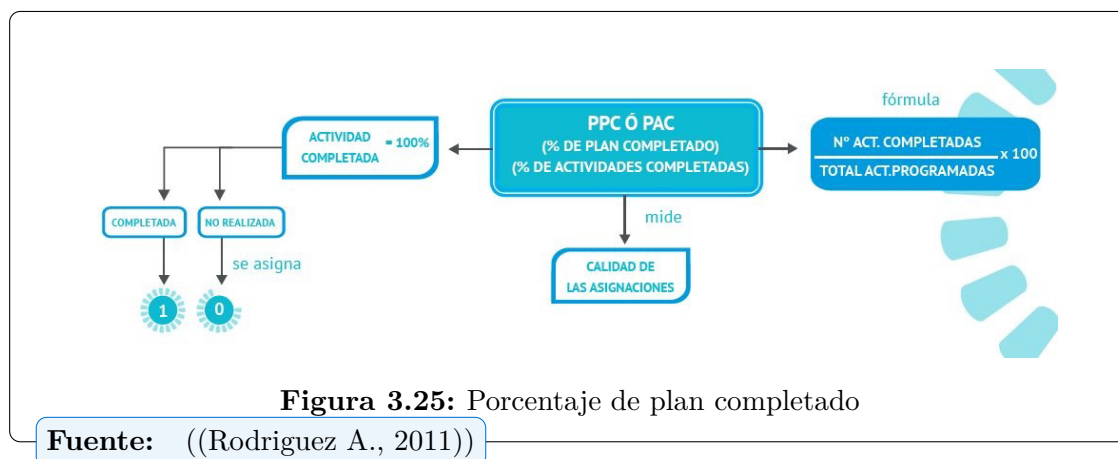
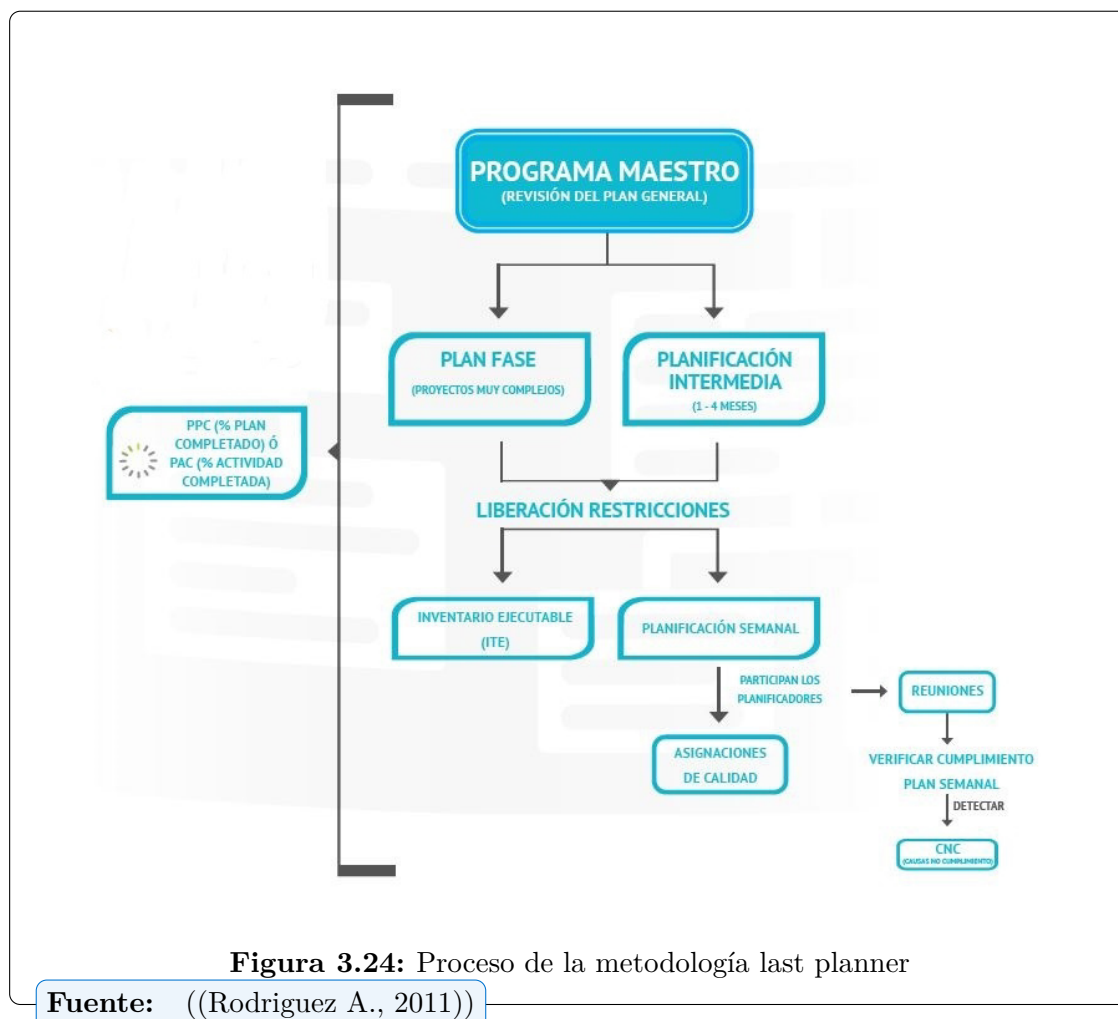




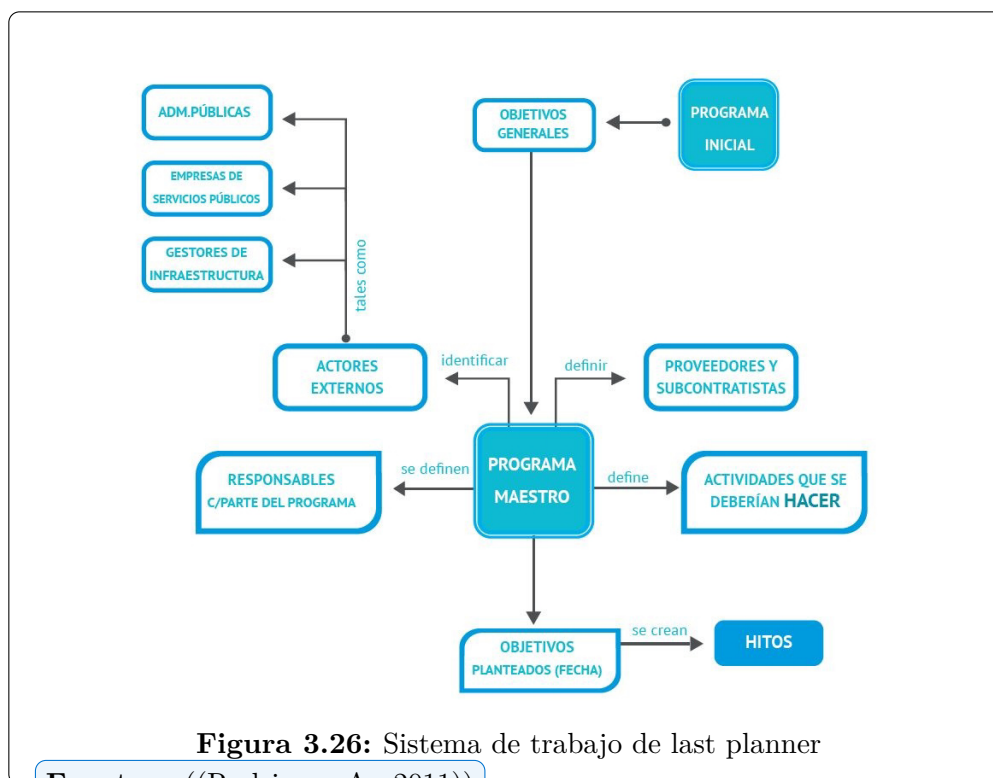


3.10.11.0 Indicadores del sistema last planner

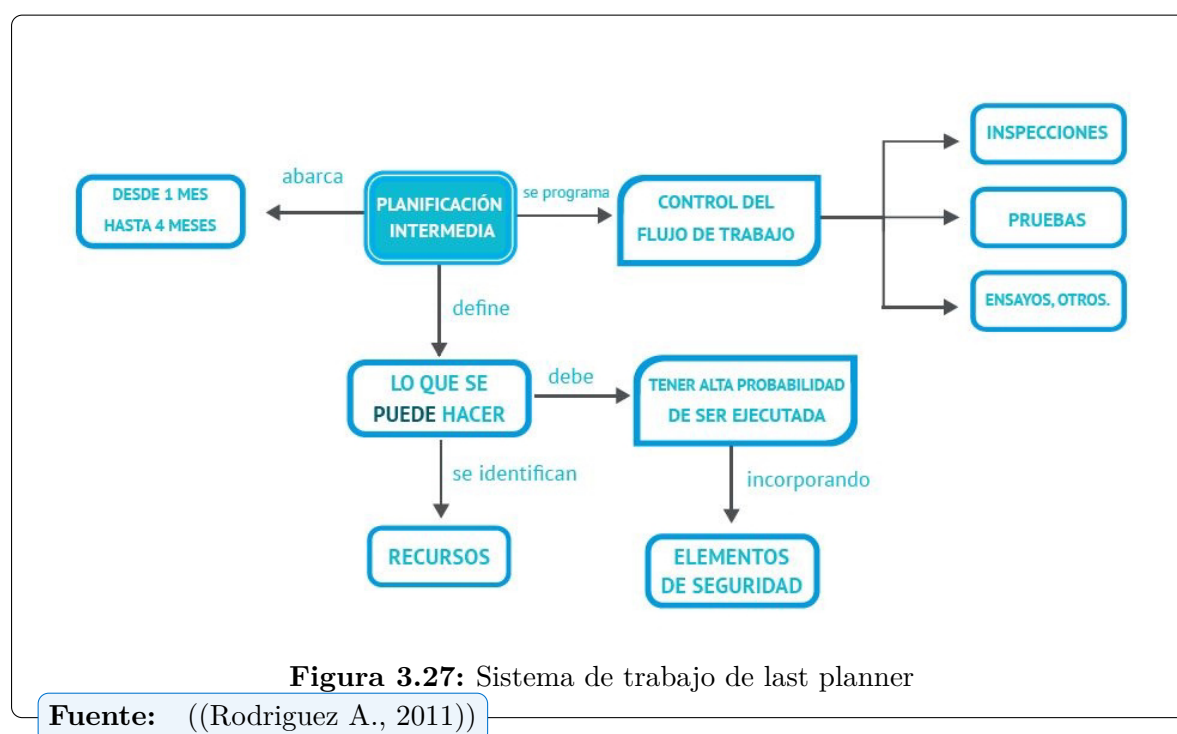
El principal indicador del sistema last planner es el porcentaje del plan completado (%PCC), el cual es un entregable que se verifica diariamente



3.10.11.0 Planificar hitos



3.10.11.0 Planificar en pull las fases



3.10.11.0 Planear el mediano plazo - lookahead

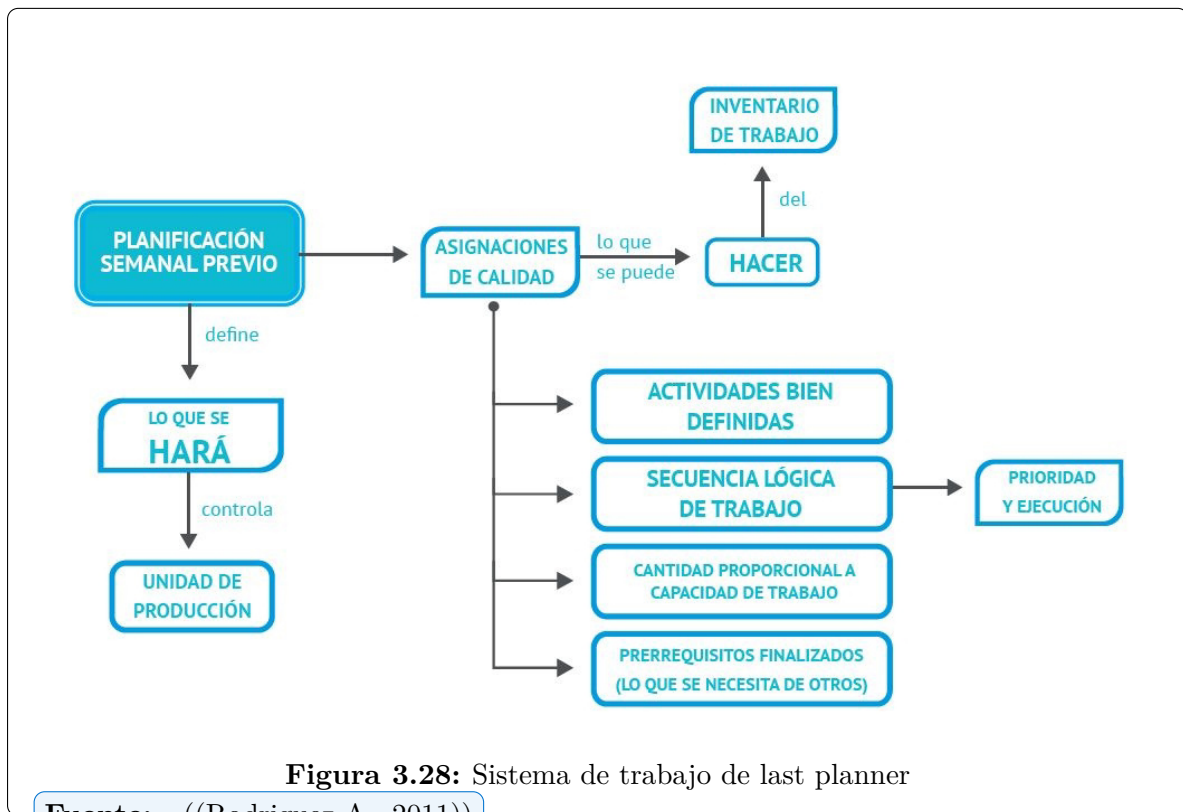


Figura 3.28: Sistema de trabajo de last planner

Fuente: ((Rodríguez A., 2011))

3.10.11.0 Planear el corto plazo - plan semanal

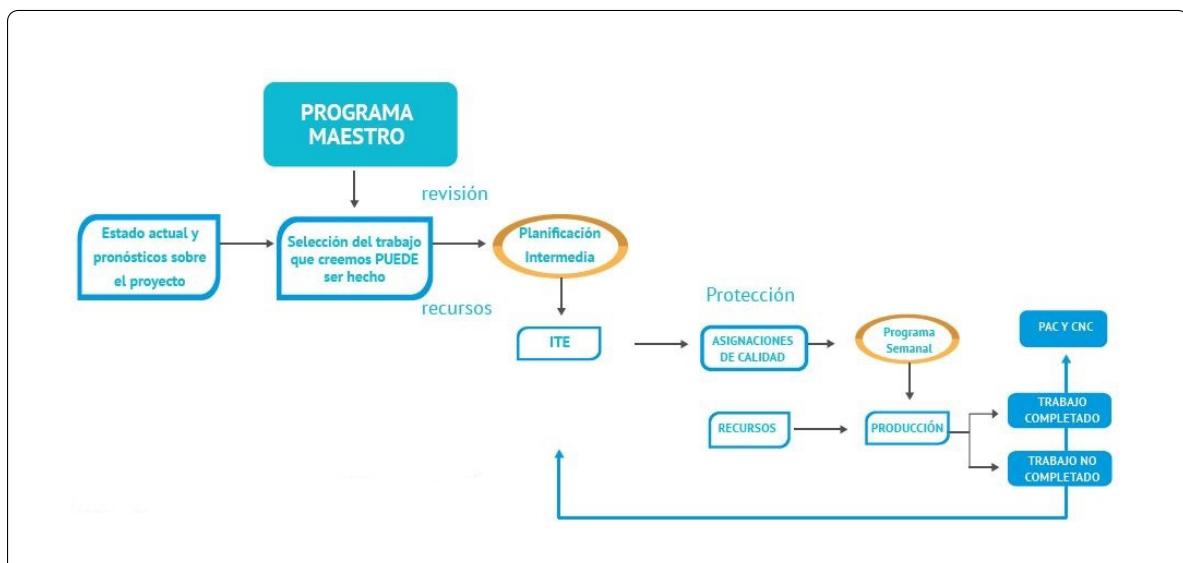


Figura 3.29: Sistema de trabajo de last planner

Fuente: ((Rodríguez A., 2011))

3.11 Desarrollo del trabajo de tesis

3.11.1 Aplicación: PE CC-101 movimiento de tierras y concreto

El proyecto “Expansión Toromocho CC-101 movimiento de tierras y concreto” se encuentra ubicado dentro del área geográfica de la mina Toromocho, en el distrito de Morococha, provincia de Yauli, departamento de Junín, pertenece a compañía minera Chinalco. El objetivo es ampliar la capacidad de la planta actual de 117 mil ton/día a 170 mil ton/día.

La ejecución del proyecto representó todo un reto, a pesar de su cercanía con la ciudad de Lima (aproximadamente 5 horas), debido a la altitud mayor a 4,500 m.s.n.m. y clima muy adverso durante la época de construcción: lluvias, nevadas y tormentas eléctricas.

El proyecto demandó la utilización de 875,781 horas hombre directas, siendo la cantidad de recursos humanos y de equipos de 561 personas y 40 equipos y/o maquinarias respectivamente; logrando una facturación final de S/. 50072,357 en 10 meses de plazo de ejecución de los trabajos.

3.11.1.0 Resumen de contrato

Tabla 3.14: Resumen de contrato CC-101 movimiento de tierra y concreto

Proyecto	CC-101 movimiento de tierra y concreto
Cliente / Proveedor	minera Chinalco Perú S.A.(MCP)
Supervisión	Minera Chinalco Perú S.A.(MCP) - FLUOR
Ubicación	↳ Departamento: Junín ↳ Provincia: Yauli ↳ Distrito: Morococha
Fecha de suscripción	24-Ene-18
Moneda	Soles
Monto	S/ 63,259,029.01
Adelanto	S/ 6,325,903.00
Control de Proyecto	Minera Chinalco Perú S.A.(MCP)
Aseguramiento de la Calidad	Minera Chinalco Perú S.A.(MCP)
Modalidad de Contrato	Precios Unitarios
Reajuste de Precios	No
Monto Estimado	S/. 63.26 M + IGV
Plazo total del contrato	283 días (9.4 meses) incluye movilización y desmovilización

Fuente: Elaboración propia

3.11.1.0 Alcance del proyecto

El proyecto consistió en la ejecución de trabajos de movimiento de tierras, obras civiles, piping y obras eléctricas, como parte de la expansión de la planta concentradora de cobre

– Toromocho. A continuación, se lista el detalle de las actividades ejecutadas:

- ☞ Movimiento de tierras en las áreas de: Plataformas de pebbles, molienda, flotación y espesadores.
- ☞ Construcción de un muro de tierra armada (maccaferri) en molienda.
- ☞ Obras civiles: Chancadora de pebbles, fajas de alimentación, molino SAG, molino de bolas, cajón alimentador, edificio de molienda, muros de contención y celdas rougher.
- ☞ Piping: reubicación de tuberías de acero al carbono, prefabricado y montaje de nuevas líneas de tuberías de acero al carbono, instalación de tuberías HDPE en reemplazo a tuberías de acero y recubrimiento de tuberías nuevas y existentes con polyguard y pintura.
- ☞ Obras eléctricas de instalación de pozos a tierra y tendido de malla a tierra.
- ☞ Obras complementarias de reubicación de buzones en molienda y flotación, construcción de acceso sur, construcción de plataforma de maniobras en molienda y construcción de módulos de SSHH en plataforma de contratistas.

Item	HITOS CONTRACTUALES	FECHAS (CONTRATO)	FECHAS FINALIZACIÓN				
			LB0	LB01	LB02	LB03	LB04
1	Start grinding earthworks	15-Mar-18					
2	Start concrete works for SAG Mill	TBD					
3	Finish concrete works for for SAG Mill	TBD	09-Jul-18	15-Jul-18	07-Ago-18	30-Ago-18	
4	Start concrete works for Ball Mill	TBD					
5	Finisch concrete works for Ball Mill	TBD	04-Ago-18	04-Ago-18	12-Ago-18	07-Set-18	
6	Finish concrete works for Rougher flotation cells	TBD	11-Ago-18	02-Ago-18	22-Ago-18	16-Ago-18	
7	Finish thickener earthworks	TBD					
8	Finish thickener concrete works	TBD					
9	Finish contract	02-Nov-18					
10	Finish concrete works for Pebble crusher circuit		24-Jul-18	29-Jul-18	10-Ago-18	29-Set-18	
11	Finish concrete works for Bulk cleaner flotation		23-Set-18				
12	Finish concrete works for Copper Concentrate General		11-Jul-18				
13	Finish Construction		23-Set-18	23-Set-18	23-Set-18	19-Nov-18	
14	Finish concrete works for Bulk concentrate Thickener			09-Jul-18	17-Set-18	29-Set-18	
15	Finish concrete works for SAG feed conveying & lime silo			25-Jul-18	05-Ago-18	05-Set-18	

Figura 3.30: Hitos contractuales del proyecto

Fuente: (Elaboración Propia)

3.11.1.0 Características geométricas y/o dimensionales de obra

La obra comprende 04 sectores principales: Chancado de pebbles, molienda, flotación y espesadores.

3.11.1.0 Chancado de pebbles

Chancado de pebbles, se construyó sobre un terreno de $2,538m^2$; conformado por un edificio de 15.2 m de largo, 12.1 m de ancho y 4.5 m de altura.

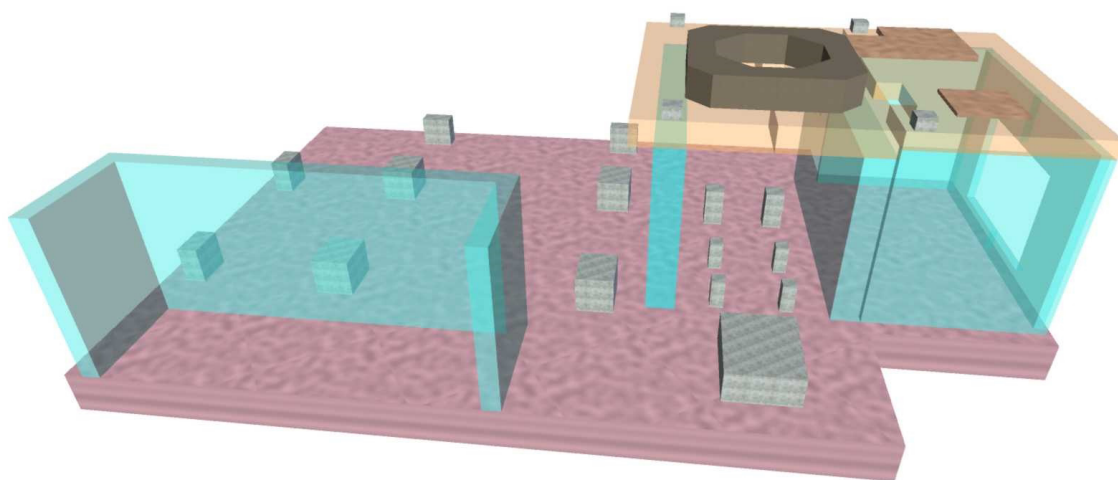


Figura 3.31: Área 2115 chancado de pebbles

Fuente: (Elaboración propia)

3.11.1.0 Molienda

Molienda, se construyó sobre un terreno de $6,397m^2$; conformado por:

- ☞ Molino bolas de 21.0 m de largo, 22.3 m de ancho y 19.3 m de altura
- ☞ Molino SAG de 12.4 m de largo, 16.5 m de ancho y 17.5 m de altura
- ☞ Cajón alimentador de 10.6 m de largo, 11.6 m de ancho y 12.4 m de altura
- ☞ 02 losas de pedestales de 27.3 m y 14.5 m de largo y 38.0 m de ancho.

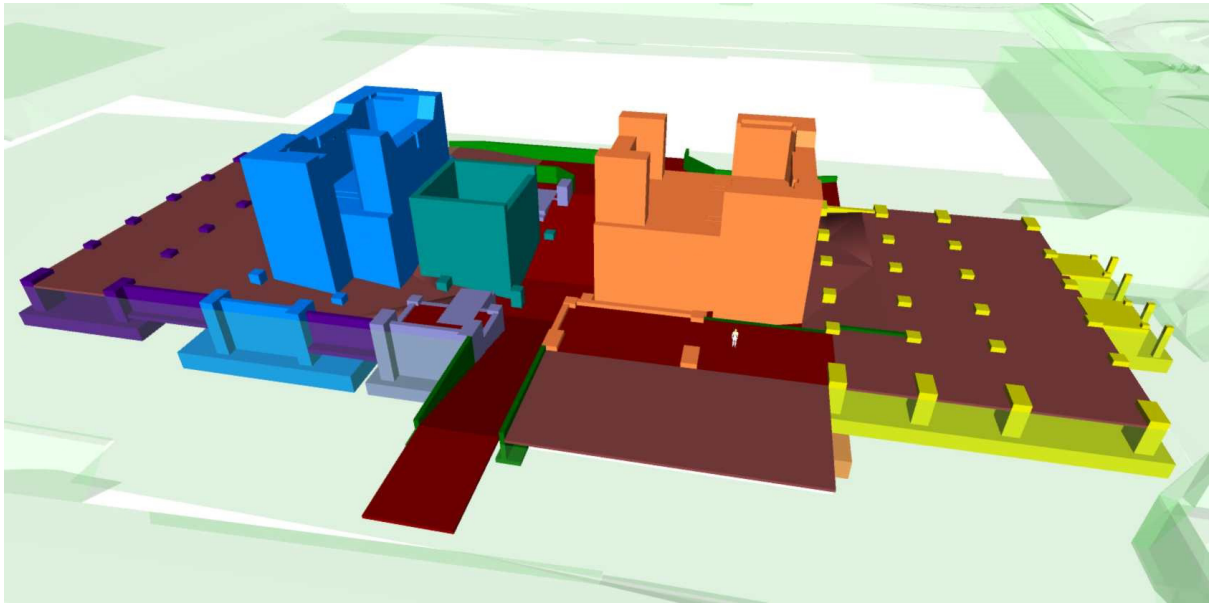


Figura 3.32: Molienda

Fuente: (Elaboración propia)

3.11.1.0 Flotación

Flotación, se construyó sobre un terreno de $3,380m^2$; conformado por:

- ☞ Celda norte de 65.0m de largo, 8.4m de ancho
- ☞ Celda sur de 65.0m de largo, 8.4m de ancho.

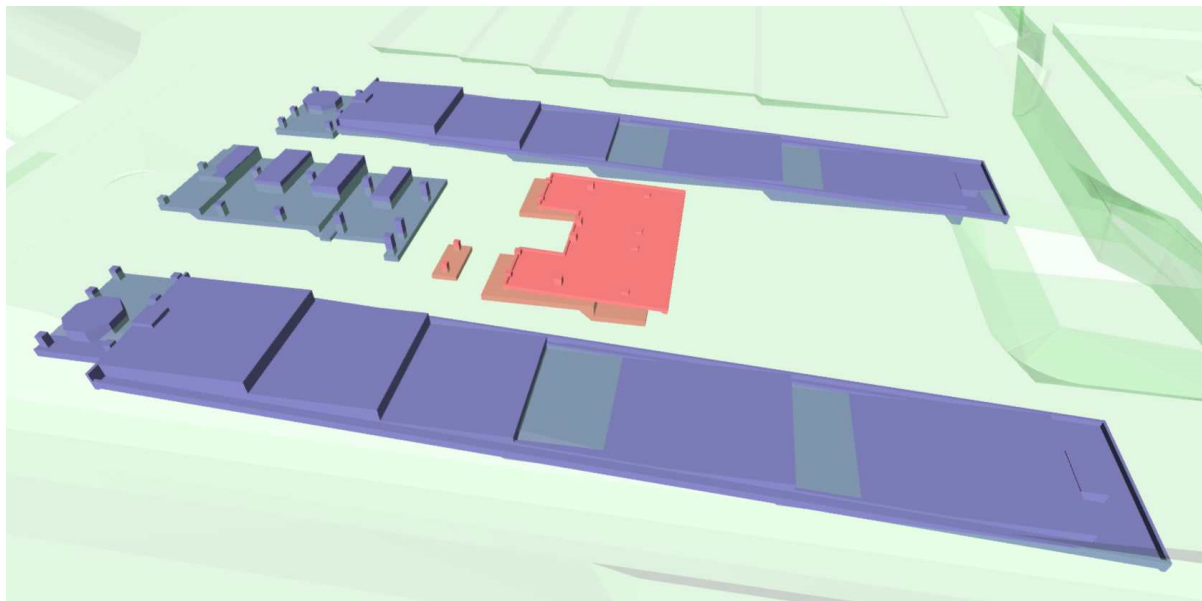


Figura 3.33: Flotación

Fuente: (Elaboración propia)

3.11.1.0 Espesadores

Espesadores, sólo se trabajó en el movimiento de tierras, en un área de $12,917m^2$, pues se retiraron las estructuras del alcance.

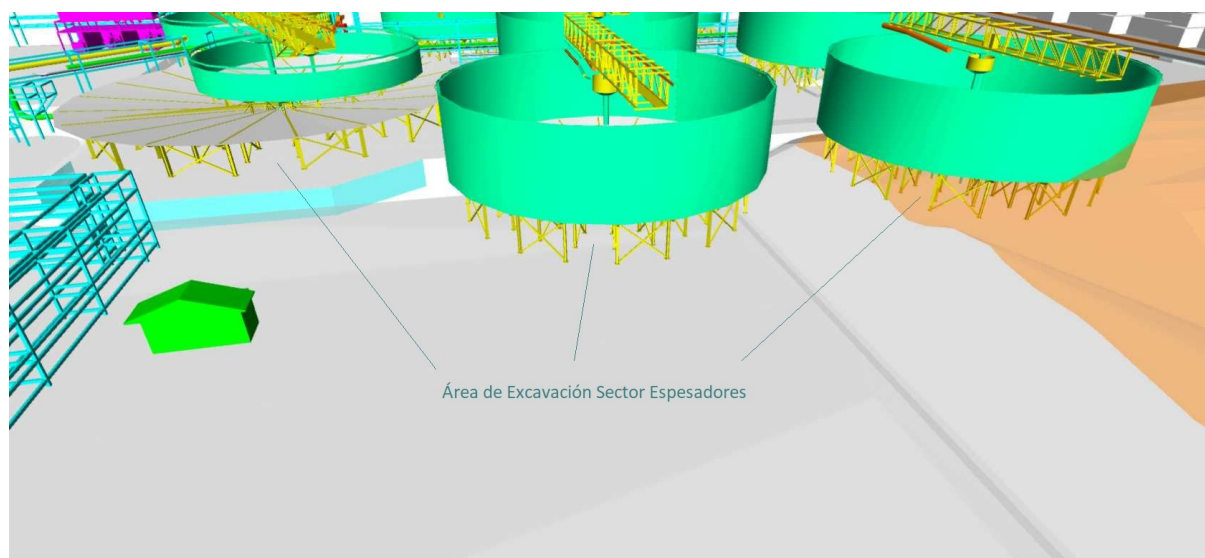
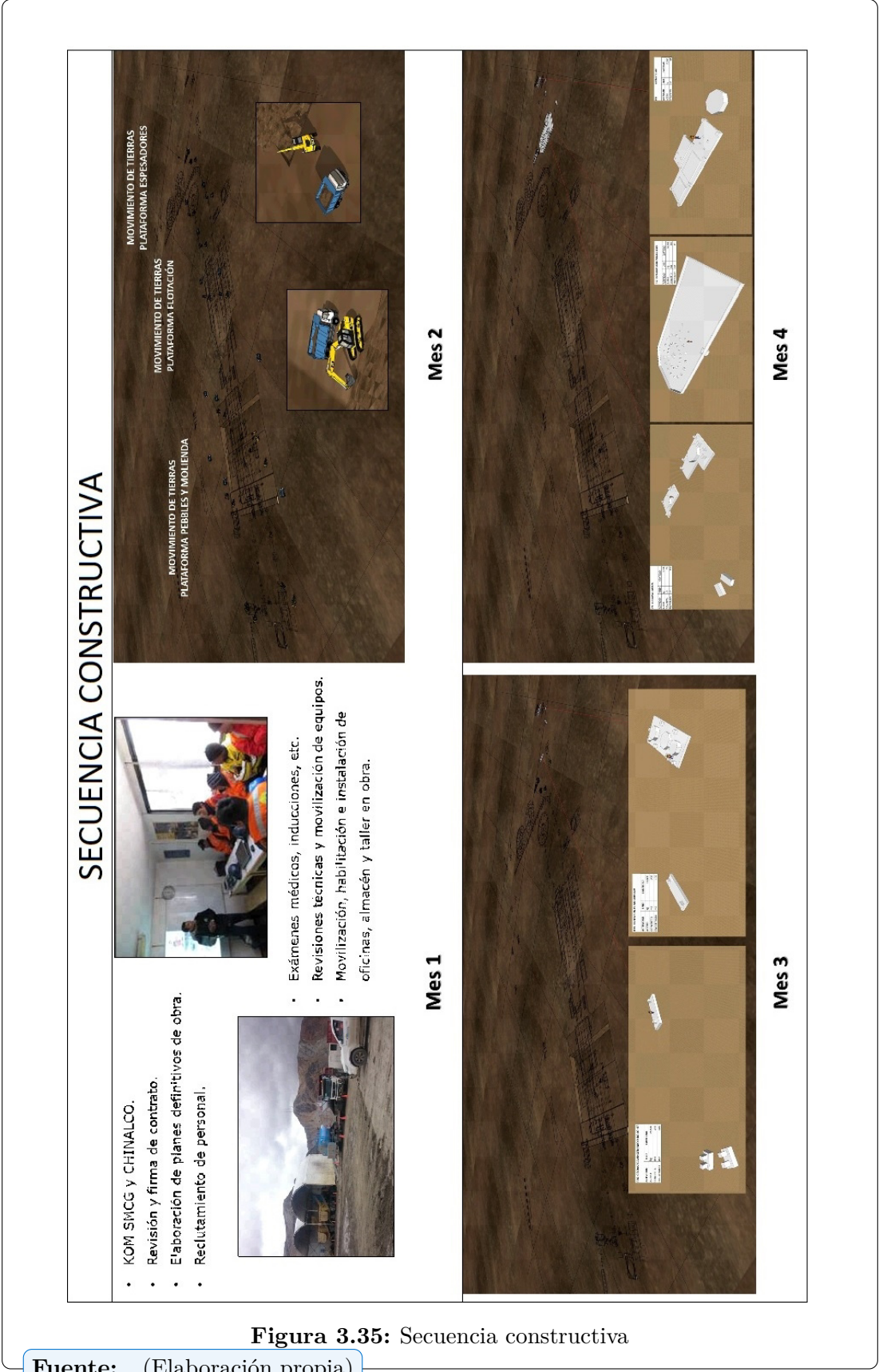
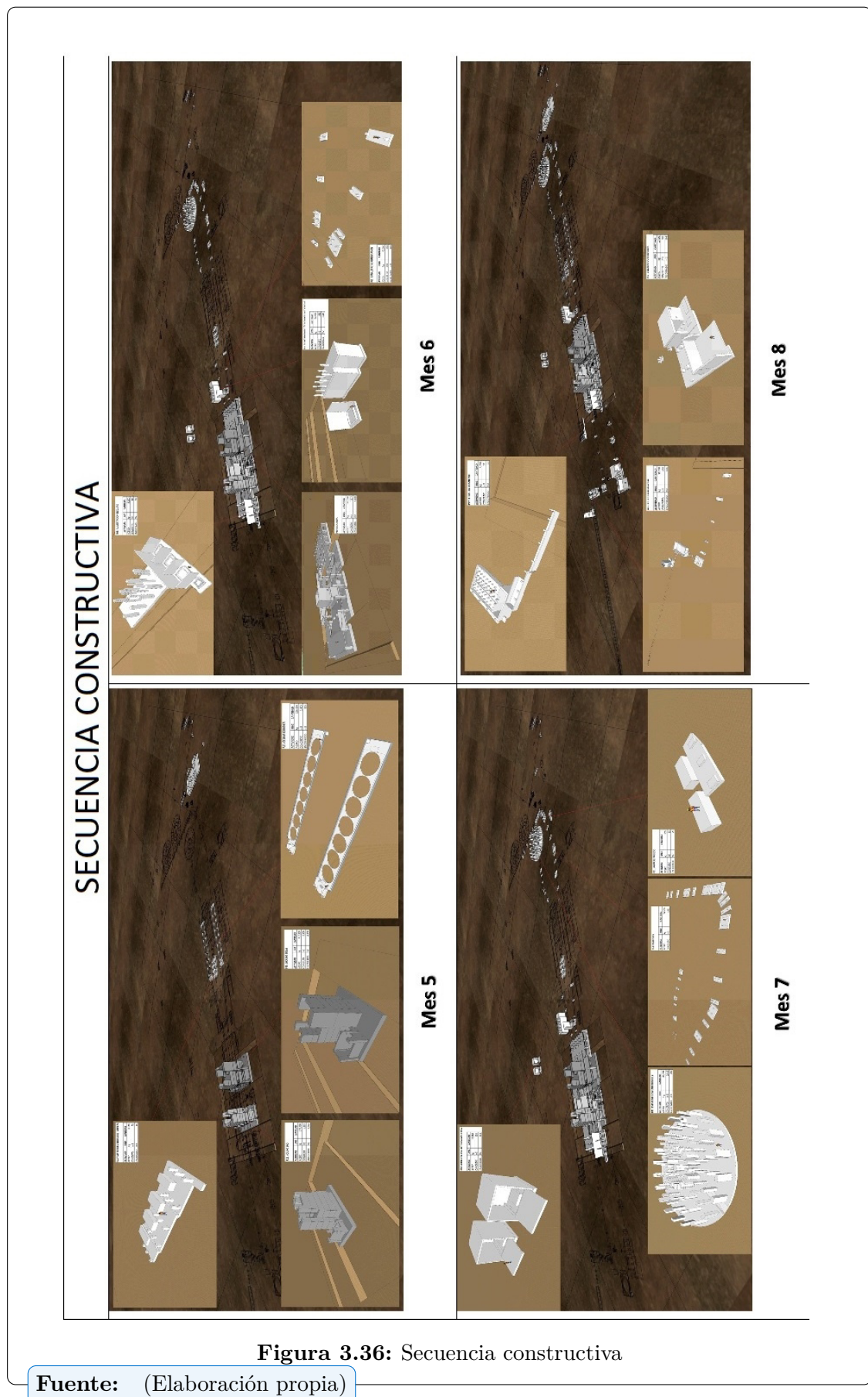


Figura 3.34: Sector espesadores

Fuente: (Elaboración Propia)

3.11.2 Ejecución del proyecto





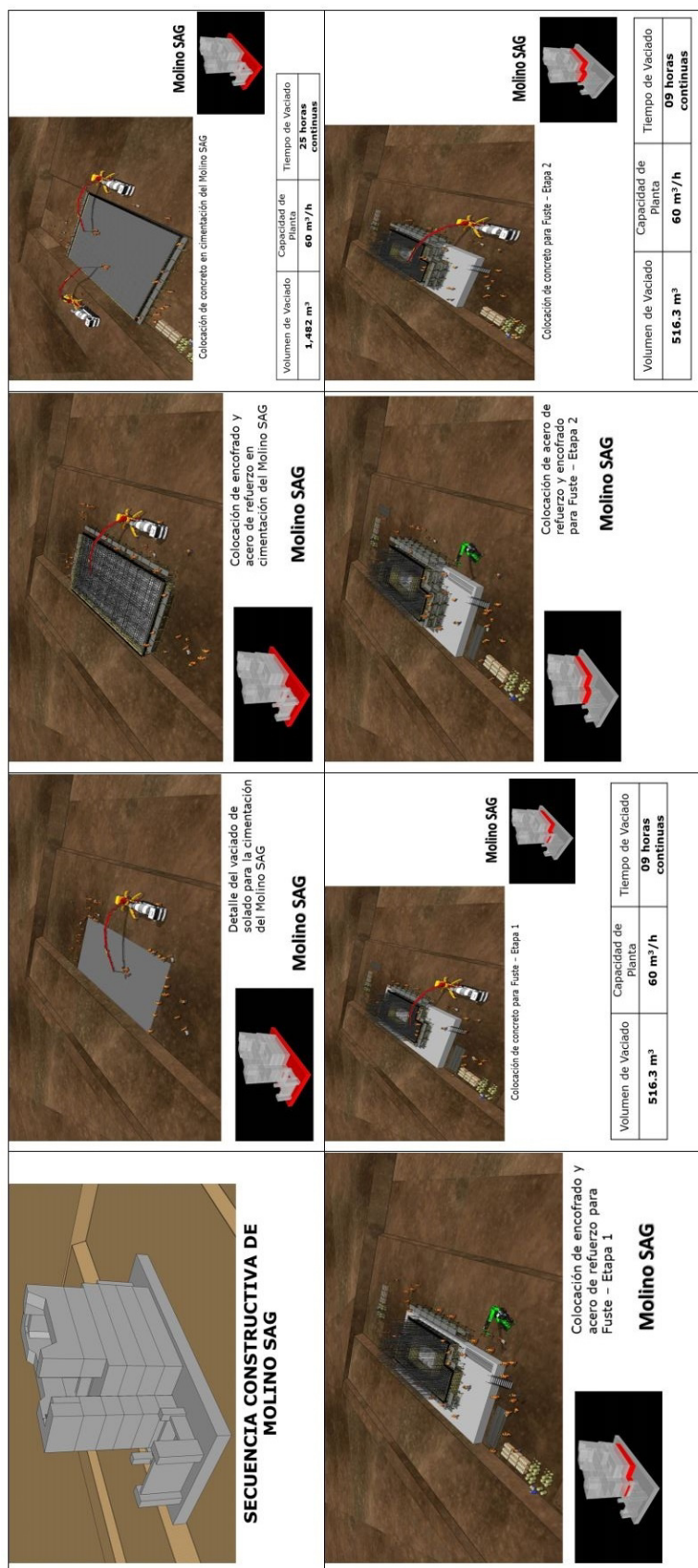


Figura 3.37: Secuencia constructiva

Fuente: (Elaboración propia)

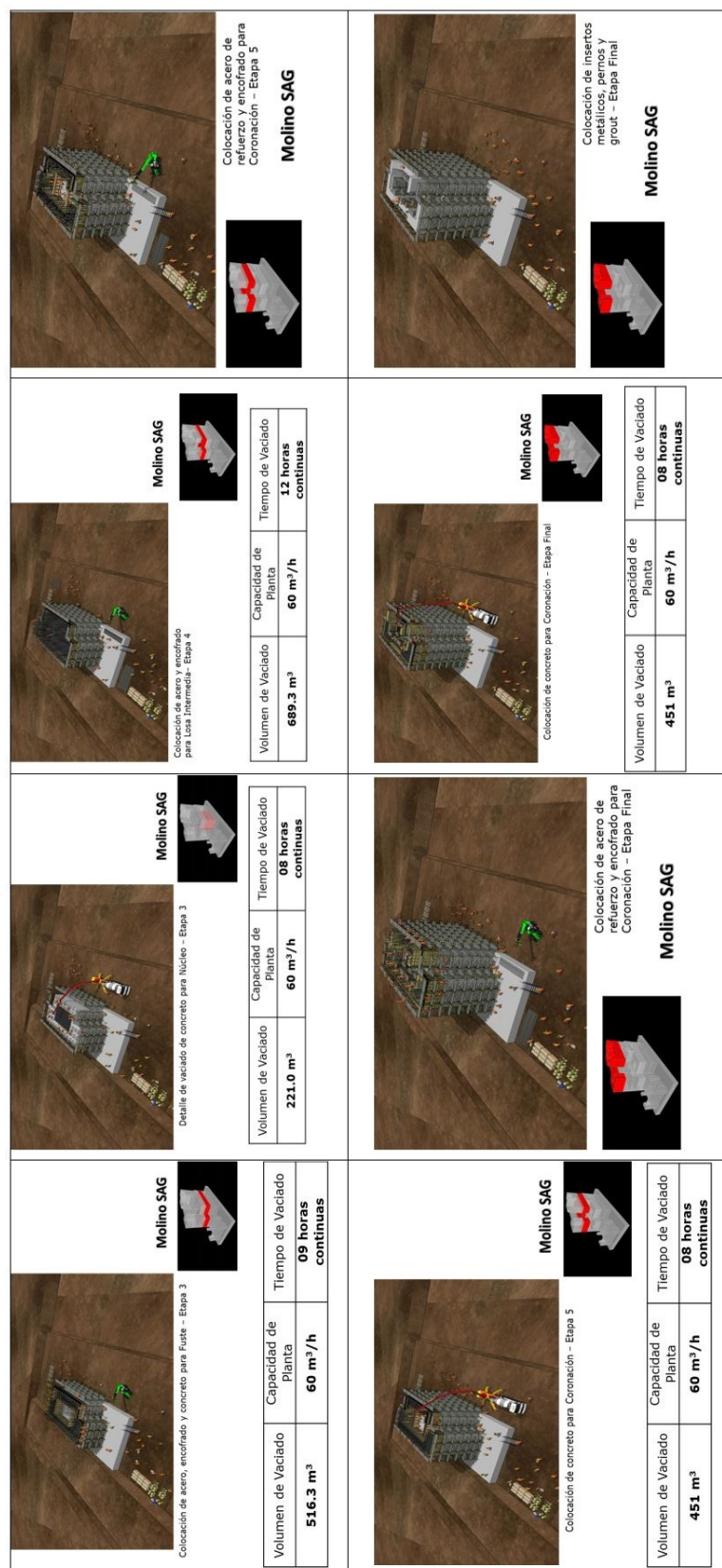


Figura 3.38: Secuencia constructiva

Fuente: (Elaboración propia)

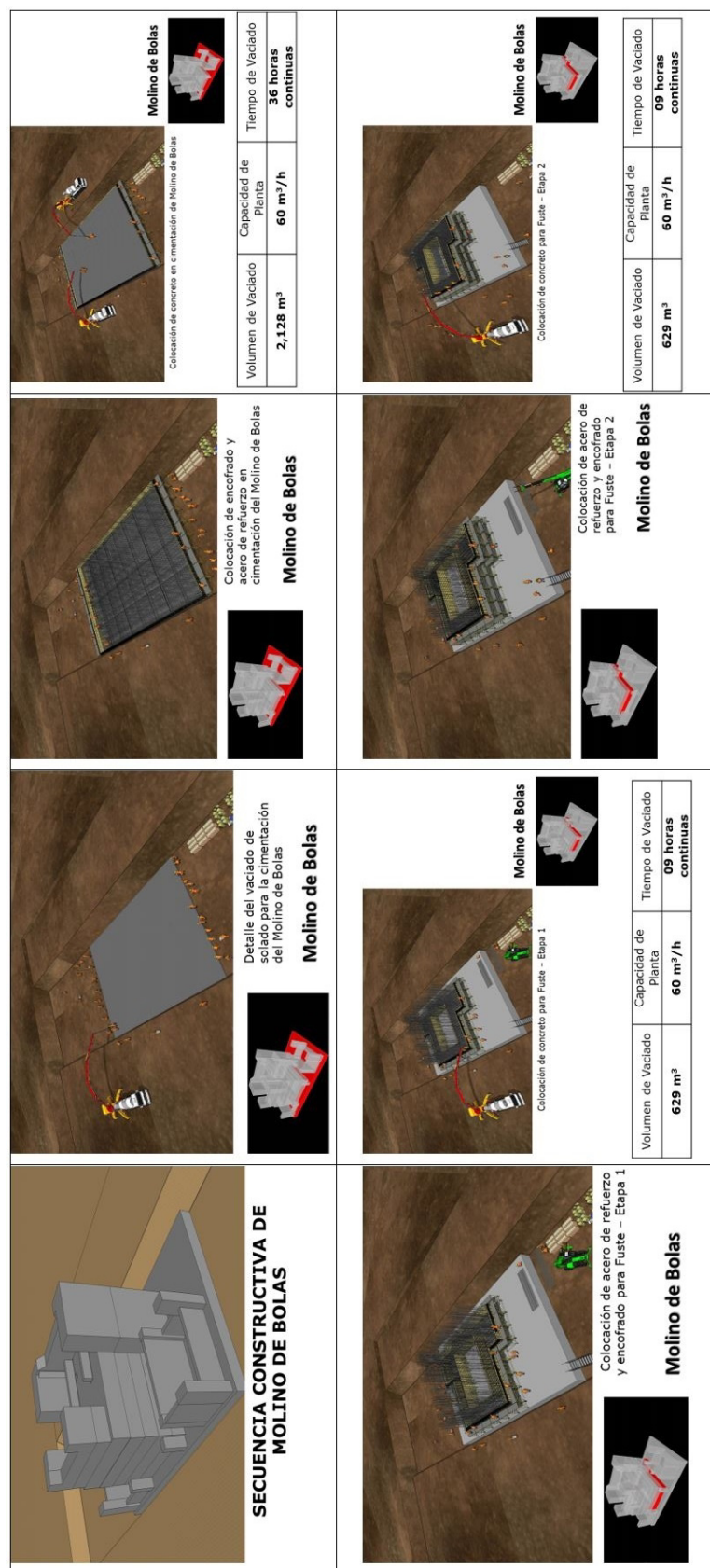


Figura 3.39: Secuencia constructiva

Fuente: (Elaboración propia)

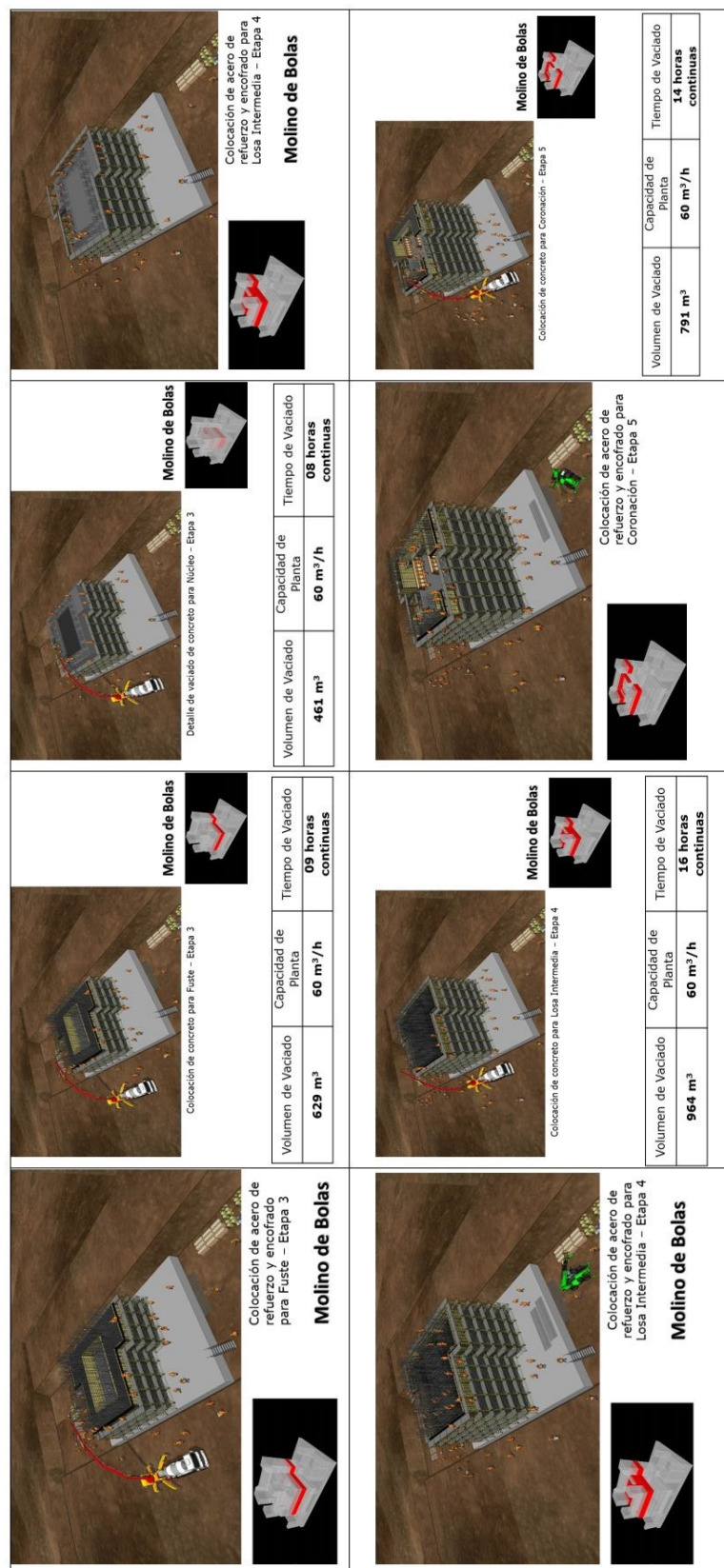


Figura 3.40: Secuencia constructiva

Fuente: (Elaboración propia)

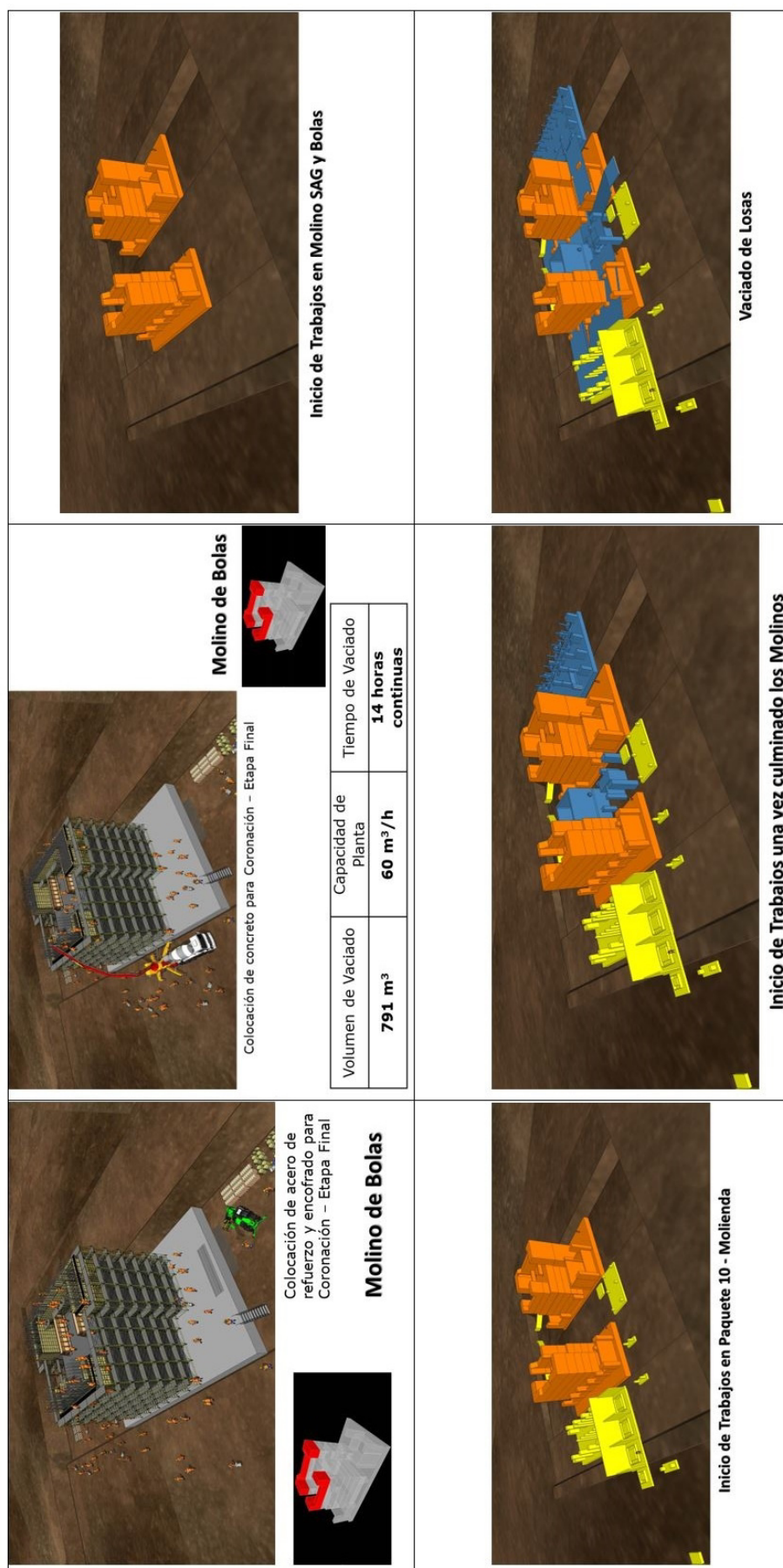


Figura 3.41: Secuencia constructiva

Fuente: (Elaboración propia)

3.11.3 Gestión del alcance del proyecto

Para la gestión del alcance se siguió los siguientes procesos:

- ☞ Planificar la gestión del alcance
- ☞ Recopilar los requisitos
- ☞ Definición del alcance
- ☞ Crear el EDT / WBS
- ☞ Validar el alcance
- ☞ Controlar el alcance

Paquete	Área	TAG	Descripción	Alcance
EW01	4010	4010-EW-001	Obras tempranas - plataforma de Pebbles (fase i - total) y molienda (fase I-a - parcial)	cc-101-obras tempranas-parte 2
EW02	4010	4010-EW-002	Reubicación de buzones molienda y flotación	cc-101 - adenda 1
EW03	4010	4010-EW-003	Obras tempranas - modificación de tuberías en chancado de Pebbles y molienda	cc-101-obras tempranas-parte 2
EW04	4010	4010-EW-004	Obras tempranas - accesos sur	cc-101-obras tempranas-parte 2
EW04A	4010	4010-EW-004A	Plataformas de maniobras y acceso norte	cc-101 - adenda 1
EW05	4010	4010-EW-005	Suministro eléctrico y servicios higiénicos para contratistas	cc-101 - adenda 1
EW06	23-Dec	4010-EW-006	Reubicación de tuberías en espesadores	cc-101 - adenda 1
EW07	23-Dec	4010-EW-007	Reubicación de línea aérea de 23kv en espesadores	cc-101 - adenda 1
EW08	23-Dec	4010-EW-008	Reubicación de ductos eléctricos en sopladores	cc-101 - adenda 1
GEN	10-Jan	GENERAL	General	cc-101
GR01	21-Aug	2060-GR-001	Malla a tierra - Recuperación pila de acopio	cc-101
GR02	10-Oct	2110-GR-002	Malla a tierra - Molienda	cc-101
GR03	11-Oct	2111-GR-003	Malla a tierra - Alimentación Sag	cc-101
GR04	12-Oct	2112-GR-004	Malla a tierra - molienda - molino Sag	cc-101
GR05	13-Oct	2113-GR-005	Malla a tierra - molienda - molino de Bolas	cc-101
GR06	14-Oct	2114-GR-006	Malla a tierra - molienda - hidrociclones y subestaciones	cc-101
GR07	15-Oct	2115-GR-007	Malla a tierra - molienda - chancado de Pebbles	cc-101
GR08	18-Jan	2210-GR-008	Malla a tierra - Flotación - General	cc-101
GR09	19-Jan	2211-GR-009	Malla a tierra - Flotación - Flotación Rougher	cc-101
GR10	3-Jan	2560-GR-010	Malla a tierra - espesador de relaves - sala eléctrica	fuera del alcance del cc-101

Figura 3.42: Alcance proyecto expansión Toromocho CC-101 movimiento de tierra y concreto

Fuente: (Elaboración propia)

Paquete	Área	TAG	Descripción	Alcance
GR11	4-Jan	2561-GR-011	Malla a tierra - espesador de relaves	fuera del alcance del cc-101
GR12	5-Jan	2562-GR-012	Malla a tierra - espesador de relaves - bombeo de relaves	fuera del alcance del cc-101
GR13	22-Feb	2610-GR-013	Malla a tierra - reactivos	fuera del alcance del cc-101
GR14	27-Feb	2615-GR-014	Malla a tierra - planta lechada de cal	fuera del alcance del cc-101
GR15	13-Apr	2660-GR-015	Malla a tierra - sistema de aire	fuera del alcance del cc-101
GR16	14-Mar	7013-GR-016	Malla a tierra - suministro de energía eléctrica - filtro de armónicos	fuera del alcance del cc-101
GR17	6-Dec	8011-GR-017	Malla a tierra - suministro de agua - agua de proceso	fuera del alcance del cc-101
P06	21-Aug	2060-ZS-006	Acopio y recuperación	fuera del alcance del cc-101
P07	10-Oct	2110-BL-007	Oficinas de MCP	fuera del alcance del cc-101
P08	10-Oct	2110-ZC-008	Alimentación eléctrica molinos Sag	cc-101
P09	10-Oct	2110-ZC-009	Alimentación eléctrica molino de Bolas	cc-101
P10	10-Oct	2110-BL-010	Molienda	cc-101
P10A	10-Oct	2110-BL-010A	Molienda - posterior a montaje de estructuras	fuera del alcance del cc-101
P11	10-Oct	2111-BL-011	Fajas de alimentación	cc-101
P12	12-Oct	2112-ZC-012	Molino Sag	cc-101
P13	13-Oct	2113-ZC-013	Molino de Bolas	cc-101
P15	15-Oct	2115-ZC-015	Fajas de rechazo	retirado parcialmente
P16	15-Oct	2115-BL-016	Chancado Pebbles	cc-101
P17	10-Oct	2110-BL-017	Torre de enfriamiento	fuera del alcance del cc-101
P19	10-Oct	2110-ZC-019	Alimentación eléctrica molienda	retirado parcialmente
P21	19-Jan	2211-BL-021	Canaletas de alimentación	fuera del alcance del cc-101
P22	19-Jan	2211-BL-022	Celdas Rougher	cc-101
P23	20-Jan	2212-BL-023	Celdas limpieza	fuera del alcance del cc-101
P24	19-Jan	2211-BL-024	Sopladores Rougher / Limpieza	fuera del alcance del cc-101
P26	21-Jan	2213-BL-026	Celdas Scavenger / Moly Rougher	fuera del alcance del cc-101
P27	22-Jan	2214-BL-027	Columnas limpieza	fuera del alcance del cc-101
P28	13-Apr	2660-BL-028	Sistema de aire	fuera del alcance del cc-101
P29	18-Jan	2210-BL-029	Sala eléctrica flotación	fuera del alcance del cc-101
P30	28-Apr	2310-BL-030	Flotación de Molibdeno	fuera del alcance del cc-101
P35	6-Aug	2410-ZC-035	Espesador concentrado cobre	fuera del alcance del cc-101
P41	20-Jan	2212-ZC-041	Espesador concentrado Bulk	cc-101
P51	4-Jan	2561-ZC-051	Espesador de relaves	fuera del alcance del cc-101
P52	5-Jan	2562-BL-052	Estación de bombeo	fuera del alcance del cc-101
P53	6-Jan	2563-ZC-053	Línea de descarga	fuera del alcance del cc-101
P54	3-Jan	2560-BL-054	Sala eléctrica espesador de colas	fuera del alcance del cc-101
P60	22-Feb	2610-BL-060	Reactivos	fuera del alcance del cc-101
P71	23-Dec	4010-BL-071	Plataforma de Pebbles y molienda	cc-101
P72	23-Dec	4010-BL-072	Plataforma flotación	cc-101
P73	23-Dec	4010-BL-073	Plataforma espesadores	cc-101
P74	23-Dec	4010-BL-074	Parrones	fuera del alcance del cc-101
P77	27-Feb	2615-BL-077	Planta lechada de cal	fuera del alcance del cc-101
P78	23-Dec	4010-BL-078	Plataforma línea de descarga	fuera del alcance del cc-101
P83	14-Mar	7013-BL-083	Filtros armónicos	fuera del alcance del cc-101
P91	6-Dec	8011-BL-091	Agua de Proceso	fuera del alcance del cc-101

Figura 3.43: Alcance del proyecto expansión Toromocho CC-101 movimiento de tierra y concreto

Fuente: (Elaboración Propia)

3.11.3.0 Monitoreo y control del proyecto

➡ En el molino SAG, para garantizar la correcta colocación de pernos, se dividió en la etapa de vaciado (muro después de la losa de techo). En resumen, después de la ejecución del techo del molino (etapa 05), se tiene el muro de la etapa 06 de 2.069m,

el muro de la etapa 07 de 4.16m, la etapa 08 de 2.675m y el concreto de nivelación de 45MPa como etapa 09.

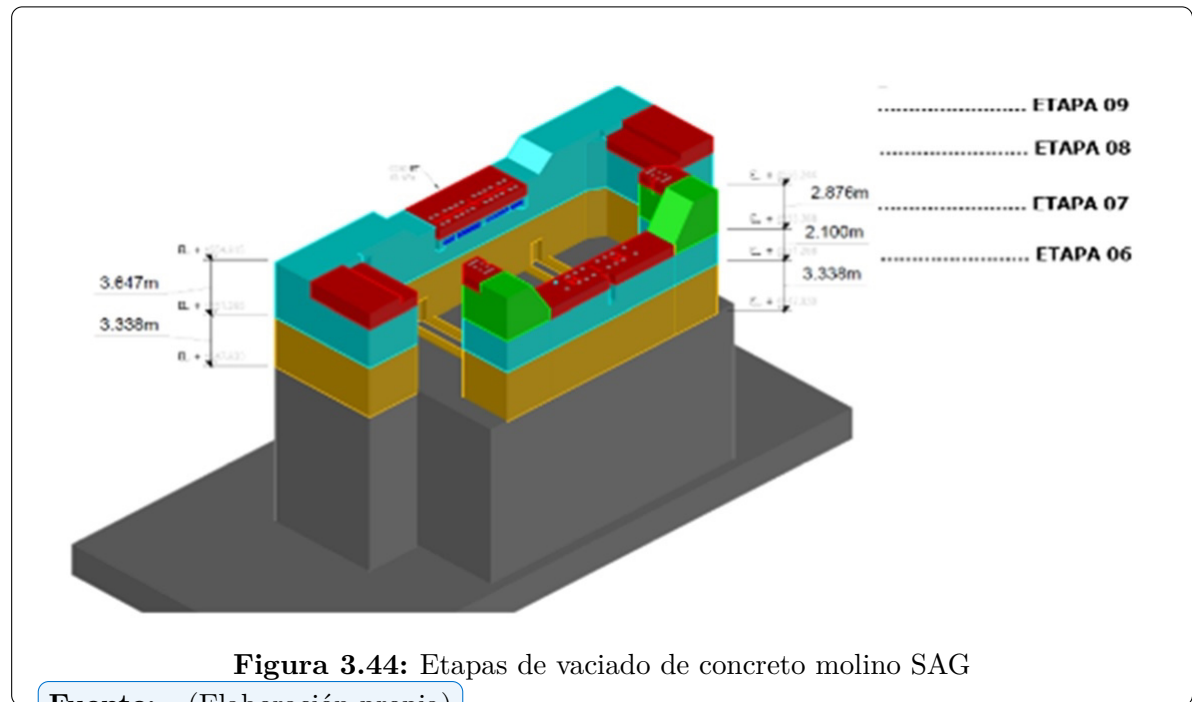


Figura 3.44: Etapas de vaciado de concreto molino SAG

Fuente: (Elaboración propia)

- ☞ En el molino de bolas, para garantizar la correcta colocación de pernos, se dividió la etapa del vaciado (muro después de la losa de techo). En resumen, después de la ejecución del techo del molino (etapa 05), se realizó el muro de la etapa 06 de 2.069m, el muro de la etapa 07 de 2.10m, la etapa 08 de 2.675m y el concreto de nivelación de 45MPa como etapa 09.

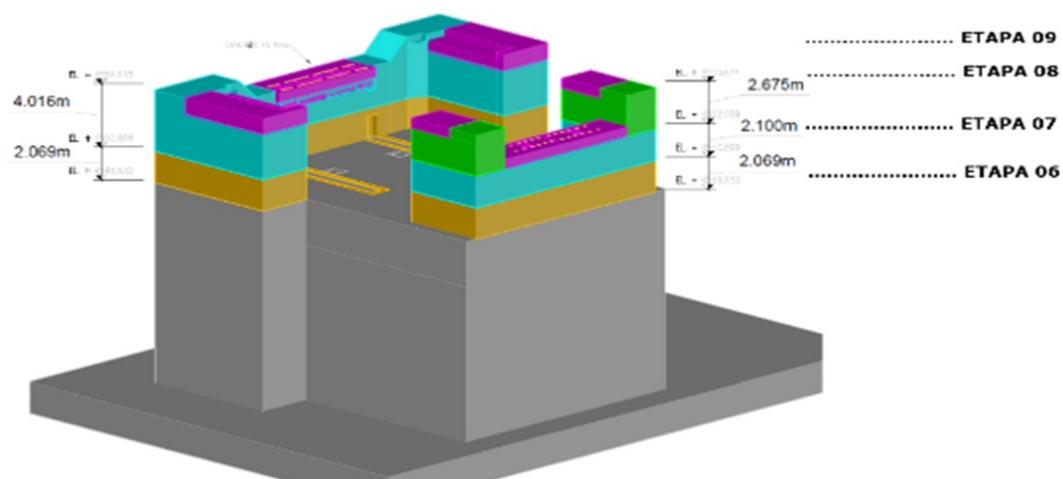


Figura 3.45: Etapas de vaciado de concreto molino bolas

Fuente: (Elaboración propia)

- ☞ Para mejorar la estabilidad de los pernos, se construyó una estructura tipo silla nivelante, mediante platinas, tuercas y contra tuercas.

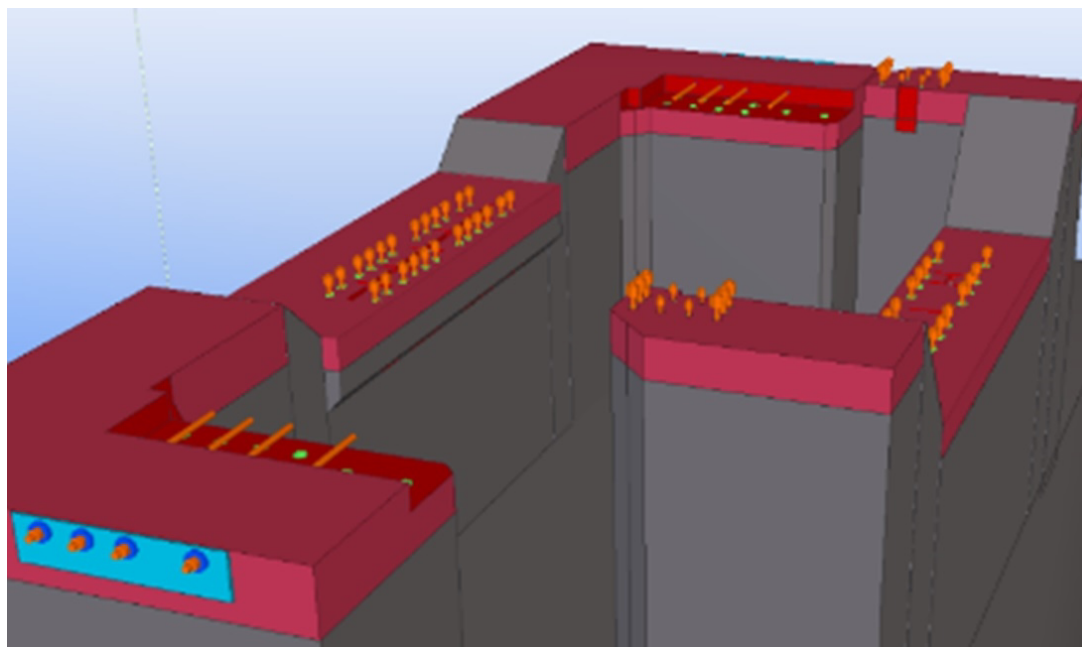
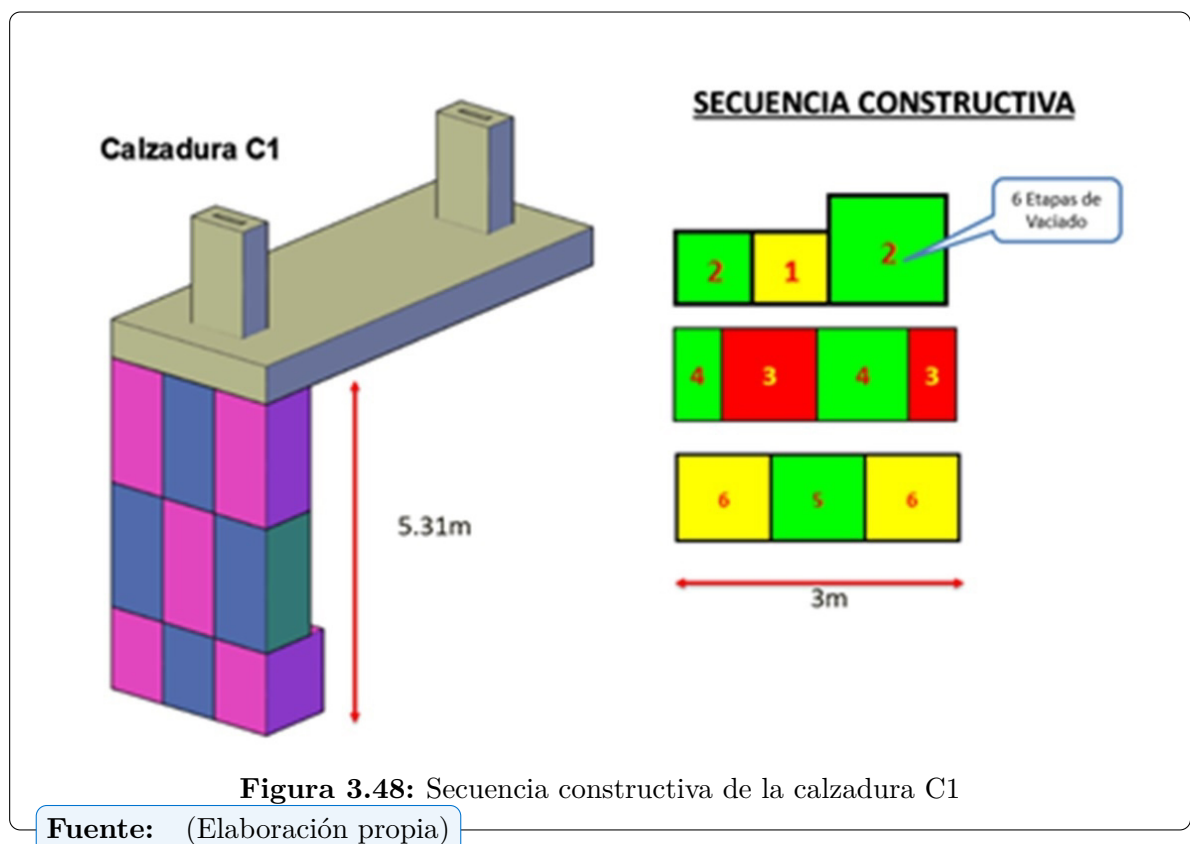
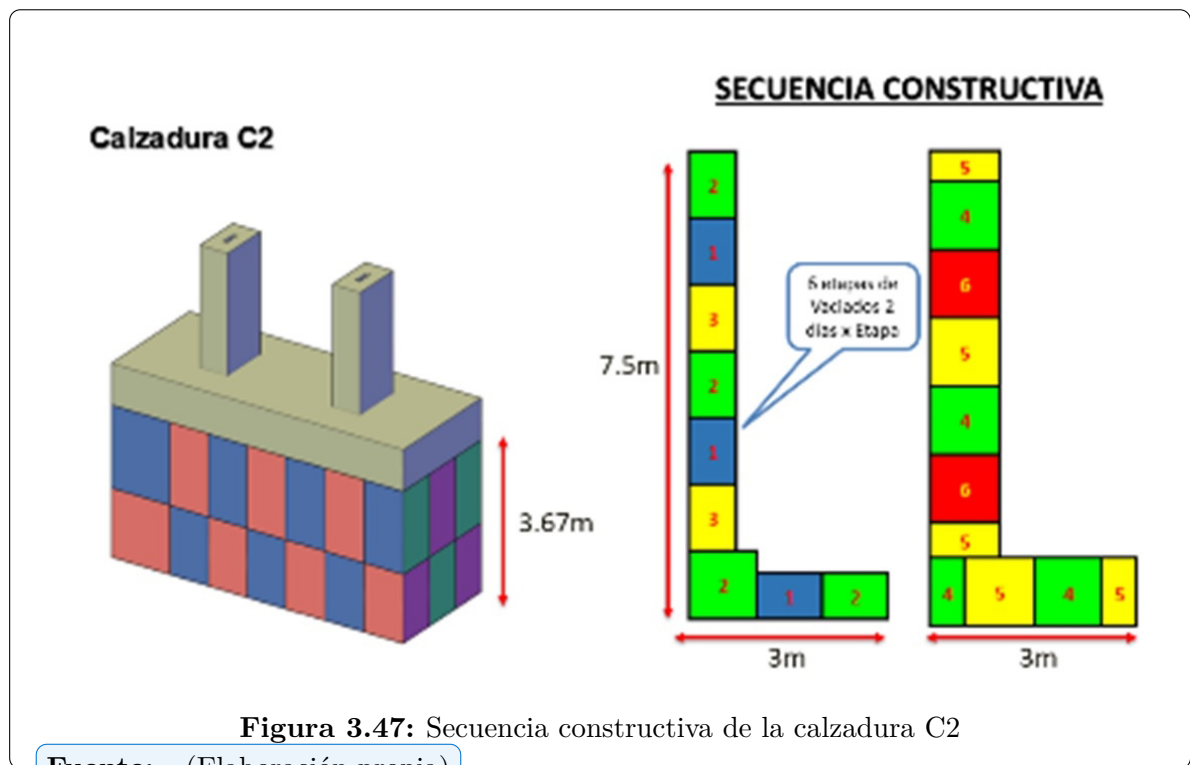


Figura 3.46: Etapas de vaciado de concreto molino bolas

Fuente: (Elaboración propia)

- ☞ La construcción de calzaduras se realizó de acuerdo a la siguiente secuencia.



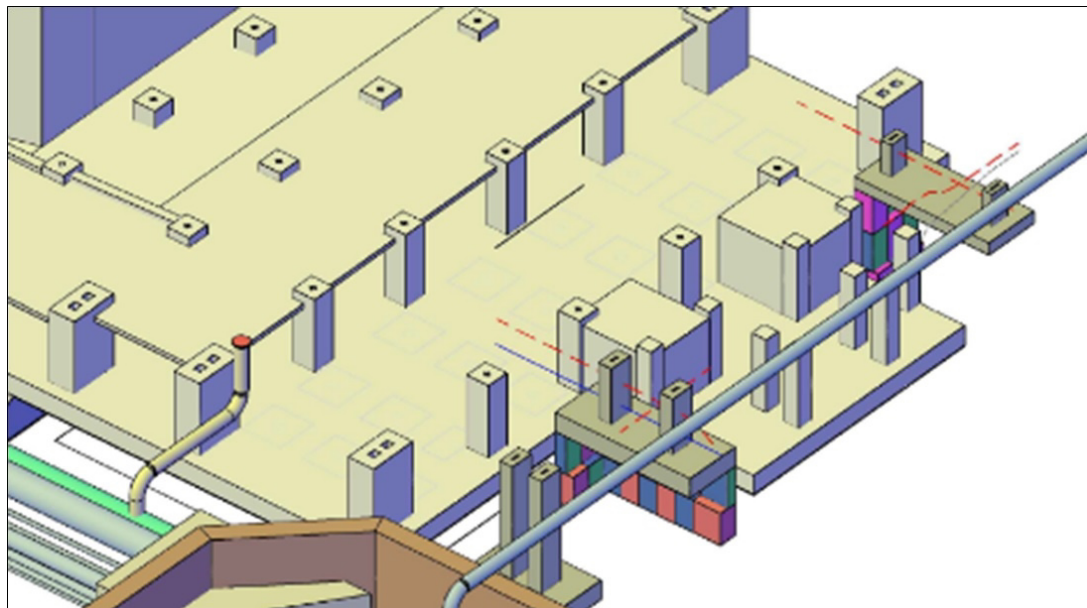


Figura 3.49: Vista final de la cimentación C4 y pedestales

Fuente: (Elaboración propia)

☞ Tuberías de pebbles y molienda

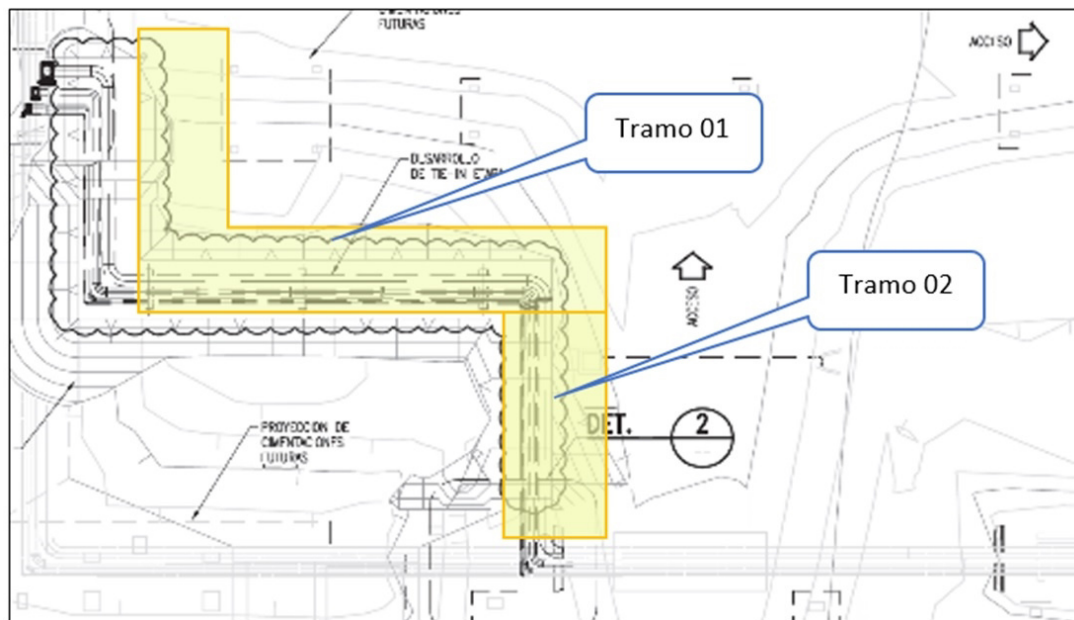


Figura 3.50: Tramo 01y 02 – pebbles

Fuente: (Elaboración propia)

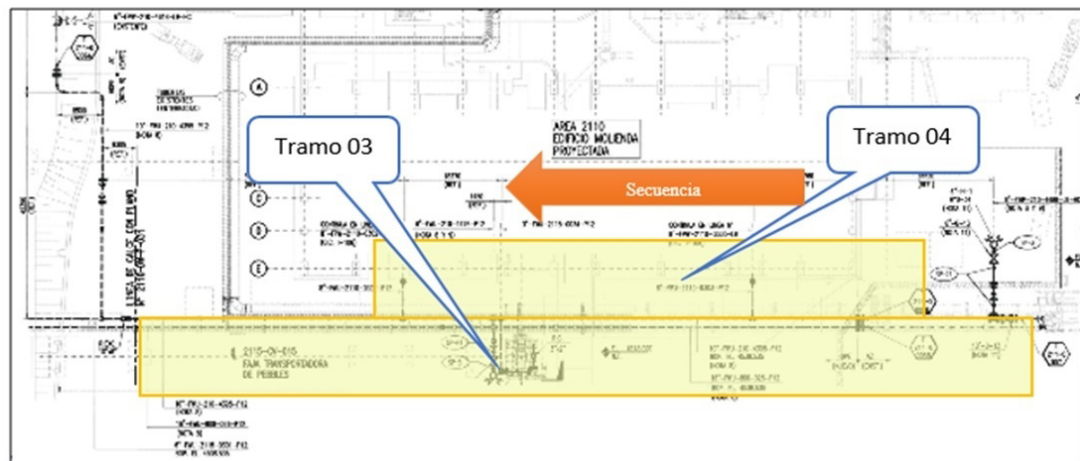


Figura 3.51: Tramo 03 y 04 – molienda

Fuente: (Elaboración propia)

🔍 Control de valorizaciones y facturación

N°	VAL	MES	PERIODO		TOTAL VALORIZADO	ACUM VALORIZADO	ADELANTO EFECTIVO	DEVOLUCIÓN ANTICIPO MENSUAL	SUB TOTAL	TOTAL FACTURA (incluye IGV)	FONDO DE GARANTIA	NETO A COBRAR	ORDEN DE FACTURAR (si corresponde)	
			DEL	AL									FECHA EMISION	No. FACTURA
1							6,325,902.9						02-may-18	7636
2	Real	Marzo	01-mar-18	31-mar-18	813,061.9	813,061.9			813,061.9	959,436.6	-81,308.2	878,128.4	02-may-18	7637
3	Real	Abril	01-abr-18	30-abr-18	3,563,134.3	4,376,216.2			3,563,134.3	4,204,498.5	-356,313.4	3,848,185.0	21-may-18	7813
4	Avance	Mayo	01-may-18	31-may-18		4,376,216.2	6,916,002.0		6,916,002.0	8,160,882.4		8,160,882.4	01-jun-18	7898
5	Real	Mayo	01-may-18	31-may-18	5,634,562.7	10,010,778.9		-6,916,002.0	-1,281,439.3	-1,512,098.3	-563,456.3	-2,075,554.6	10-ago-18	8411
6	Avance	Junio	01-jun-18	30-jun-18		10,010,778.9	5,975,107.6		5,975,107.6	7,050,627.0		7,050,627.0	12-jul-18	8189
7	Real	Junio	01-jun-18	30-jun-18	4,323,708.9	14,334,487.8		-3,891,336.0	432,370.9	510,197.7	-432,370.9	77,826.8	28-ago-18	8523
8	Avance	Julio	01-jul-18	31-jul-18		14,334,487.8	1,259,364.7		1,259,364.7	1,486,050.4		1,486,050.4	13-sep-18	8624
9	Real	Julio	01-jul-18	31-jul-18	5,719,978.1	20,054,465.8		-3,343,134.4	2,376,843.7	2,804,675.6	-571,997.8	2,232,677.8	18-sep-18	8644
10	Avance	Agosto	01-ago-18	31-ago-18		20,054,465.8	1,535,055.4		1,535,055.4	1,811,365.3		1,811,365.3	17-sep-18	8639
11	Real	Agosto	01-ago-18	31-ago-18	5,681,953.2	25,736,419.1		-1,535,055.4	4,146,897.8	4,893,339.5	-568,195.3	4,325,144.1	29-oct-18	9029
12	Avance	Setiembre	01-sep-18	30-sep-18		25,736,419.1	1,430,521.9		1,430,521.9	1,688,015.8		1,688,015.8	03-sep-18	9030
13	Real	Setiembre	01-sep-18	30-sep-18	4,108,136.4	29,844,555.4		-1,430,521.9	2,677,614.5	3,159,585.1	-410,813.6	2,748,771.5	26-nov-18	9281
14	Avance	Octubre	01-oct-18	31-oct-18		29,844,555.4	1,694,480.0		1,694,480.0	1,999,486.4		1,999,486.4	28-nov-18	9293
15	Real	Octubre	01-oct-18	31-oct-18	5,236,478.9			1,694,480.0	6,900,958.9	8,178,531.5	-523,647.9	7,654,883.6		
16	Avance	Noviembre	01-nov-18	30-nov-18			1,680,929.3		1,680,929.3	1,983,496.5	0.0	1,983,496.5		
SUBTOTAL REAL					35,081,034.3		20,491,460.9	-15,421,571.8	40,150,923.6	47,378,089.9		43,869,986.5		

Figura 3.52: Control de valorizaciones y facturación

Fuente: (Elaboración propia)

🔍 Histograma mano de obra directa y el histograma mano obra indirecta

Se presenta el histograma de la mano de obra de ejecución y de la mano de obra indirecta, con corte al 02 de diciembre (finalización de hito contractual).

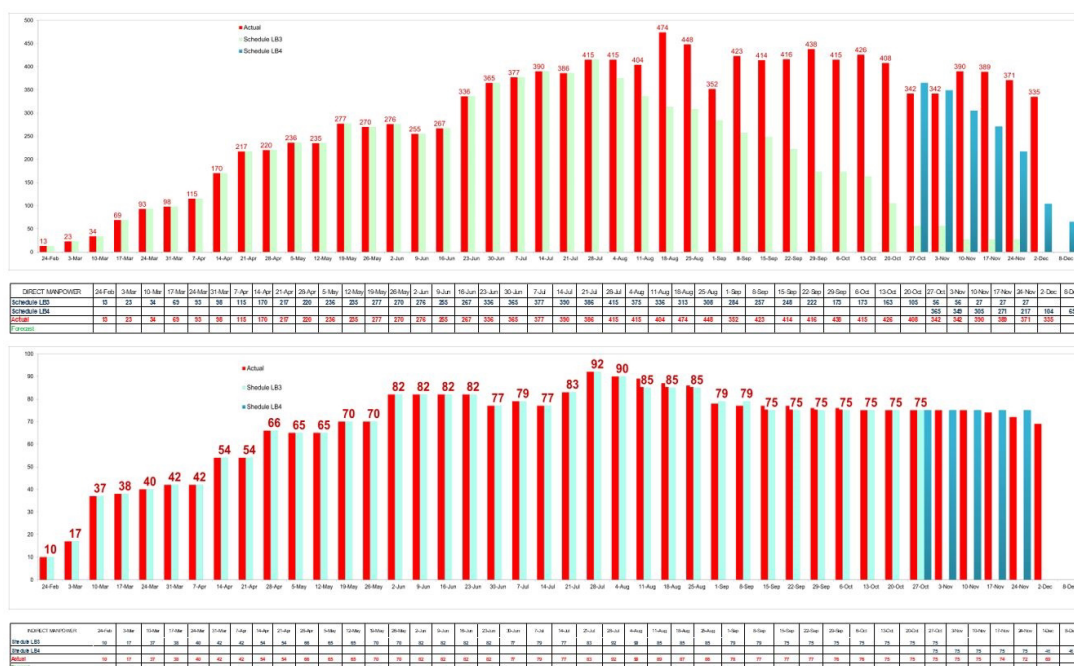


Figura 3.53: Histograma mano obra directa y el histograma mano obra indirecta
Fuente: (Elaboración propia)

📊 Histograma de equipos

Se presenta el histograma de equipos pesados, directos, con corte al 02 de diciembre (finalización de hito contractual).

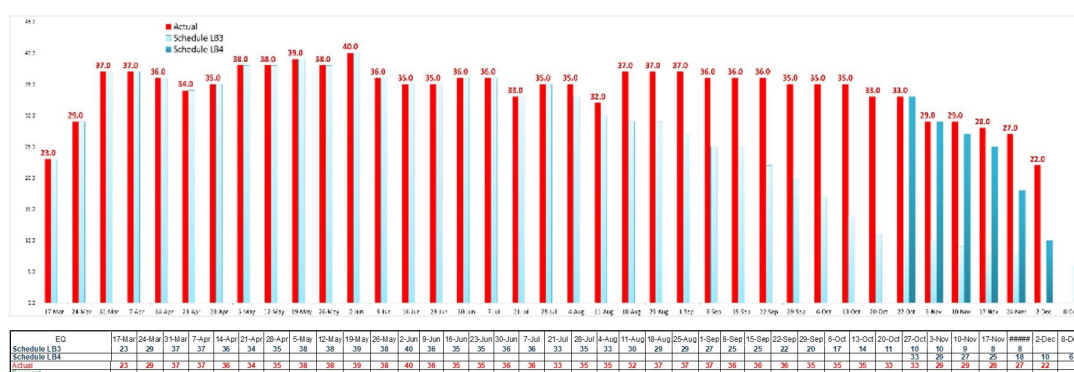
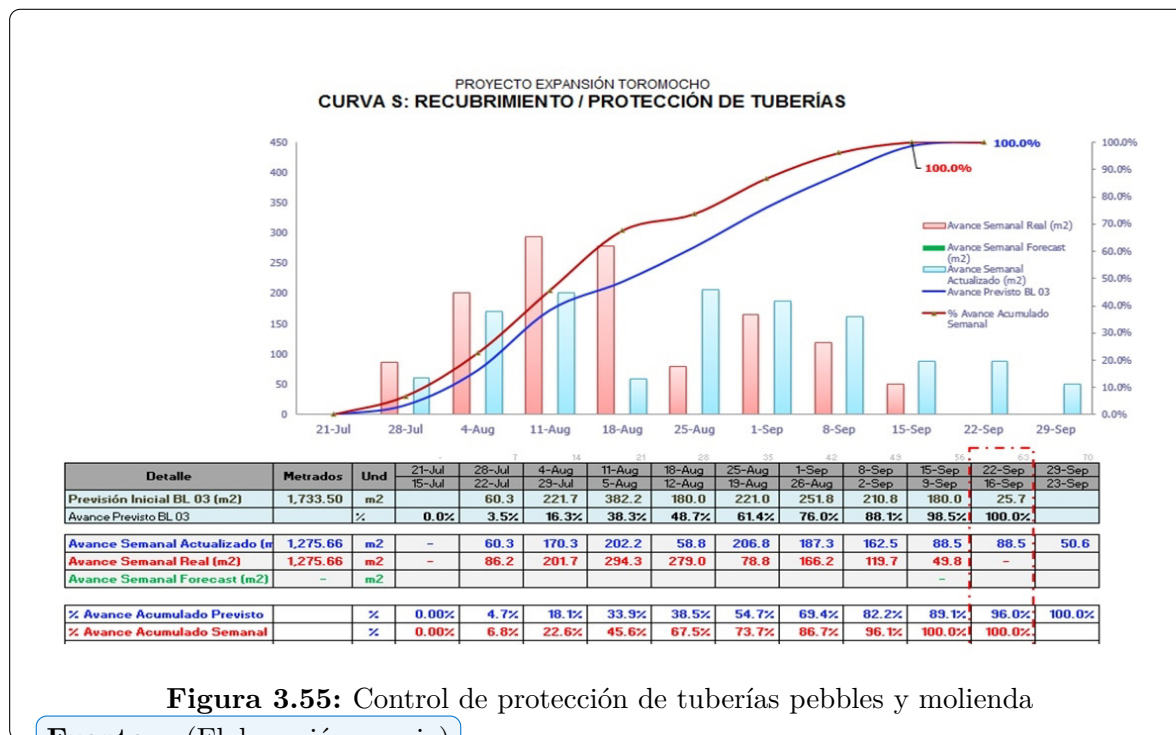


Figura 3.54: Histograma de equipos
Fuente: (Elaboración propia)

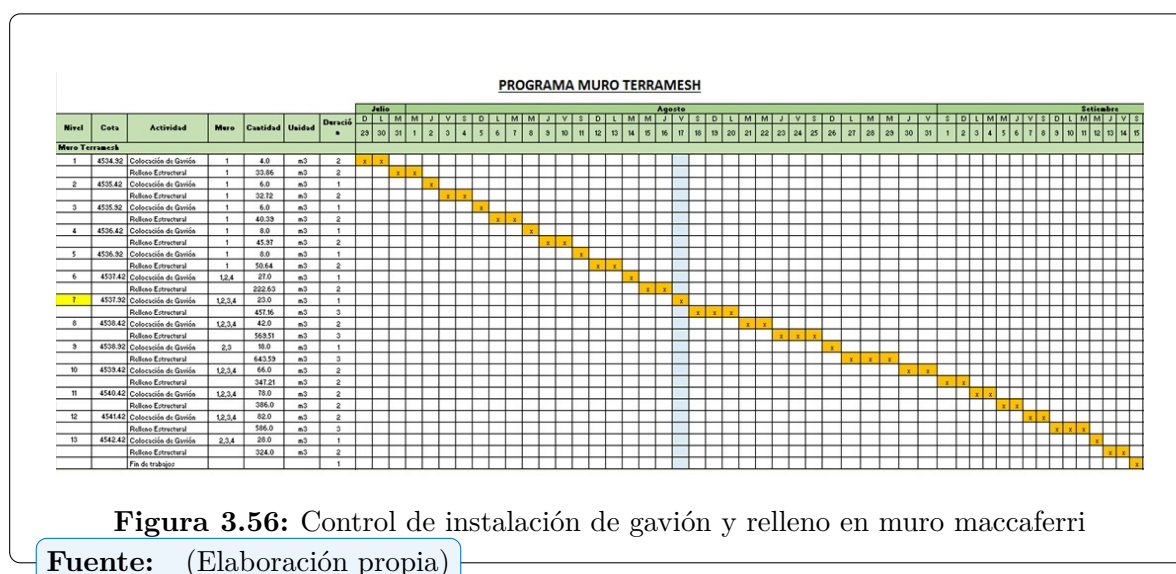
3.11.4 Gestión del cronograma

👉 Control de protección de tuberías pebbles y molienda



👉 Control de instalación de gavión y relleno en muro maccaferri

Se preparó un programa de construcción del muro terramesh, considerando los 13 niveles de muro con cotas.



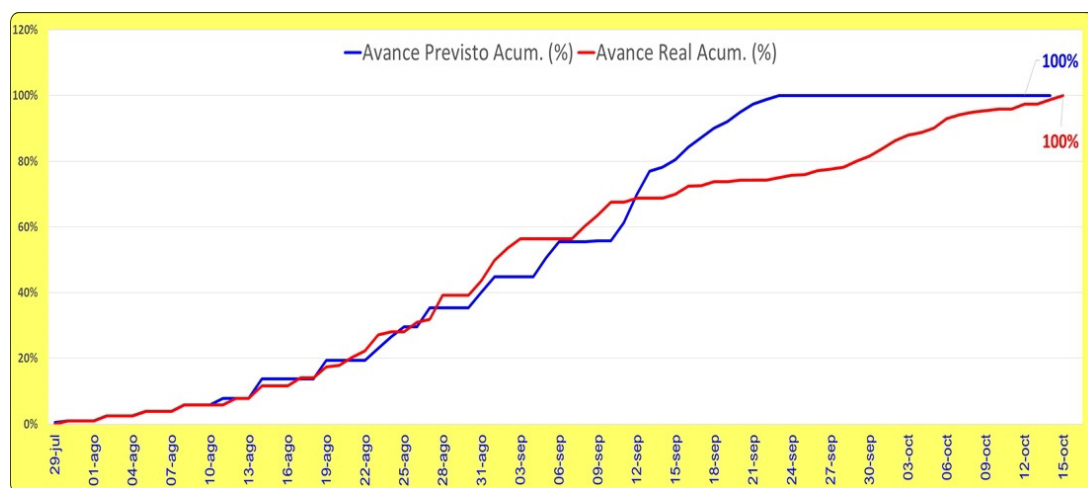


Figura 3.57: Curva S – muro maccaferri

Fuente: (Elaboración propia)

🔍 Control de cimentación calzaduras y cimentación C4

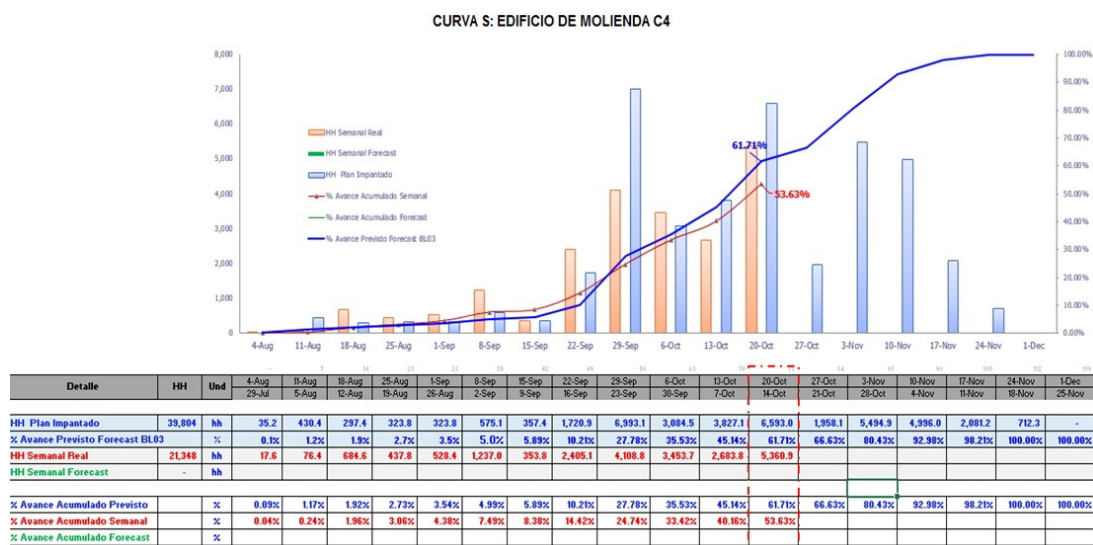


Figura 3.58: Control de cimentación calzaduras y cimentación C4

Fuente: (Elaboración propia)

🔍 Control de construcción de losas piso molienda

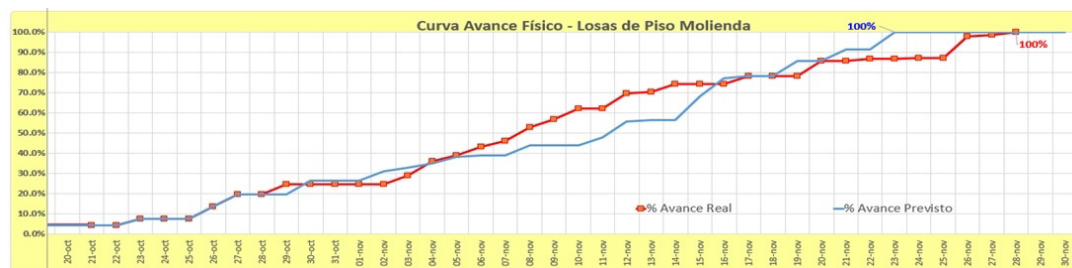


Figura 3.59: Control de construcción de losas piso molinera

Fuente: (Elaboración propia)

☞ Control de cimentación pedestales y losas C4

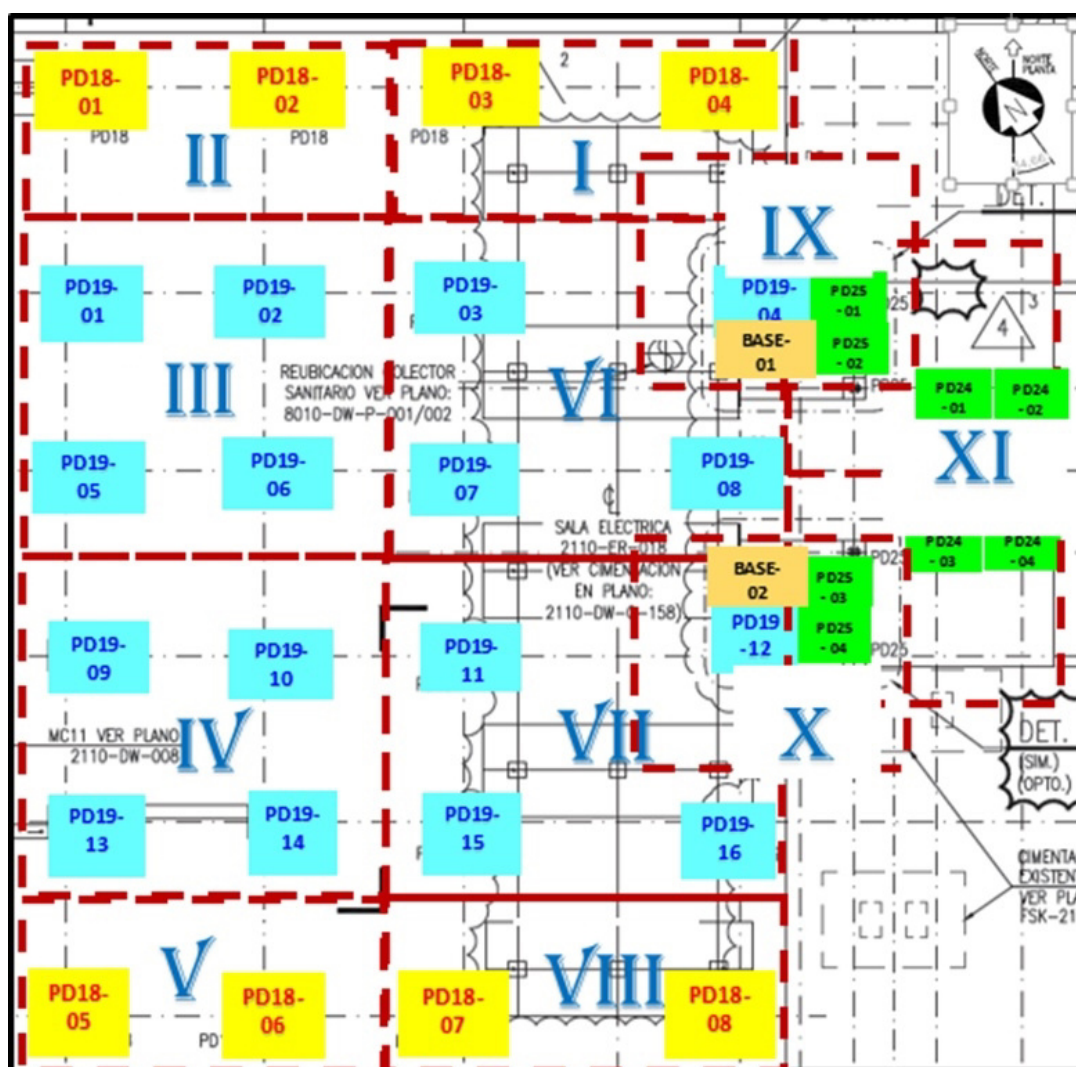
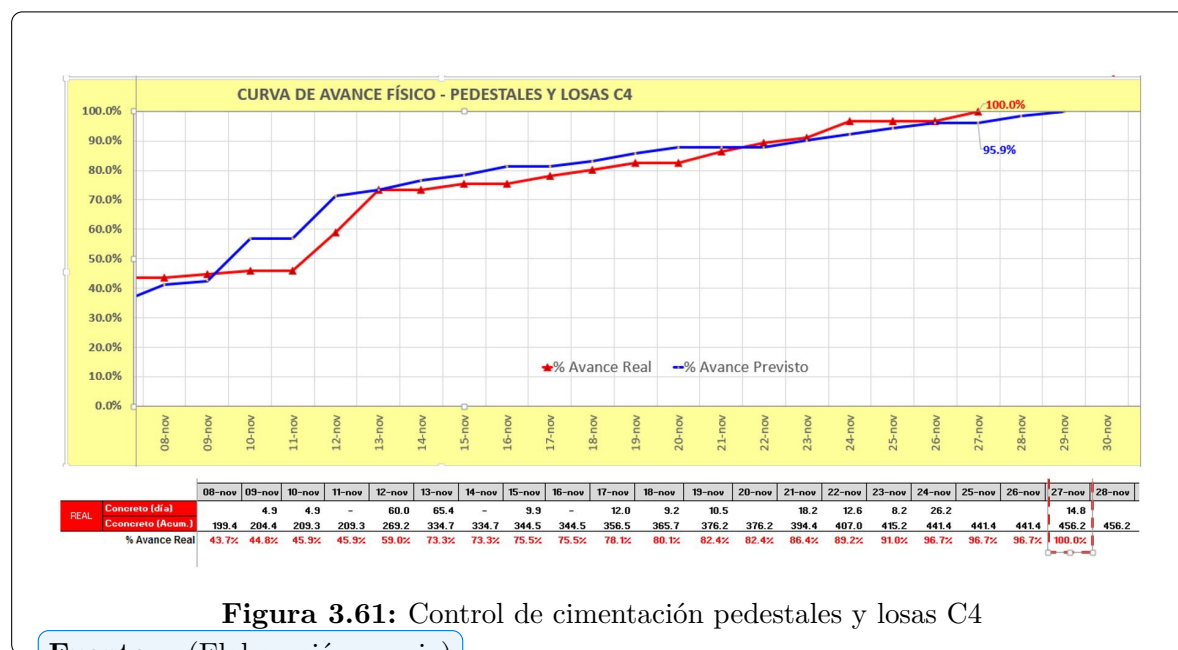


Figura 3.60: Control de cimentación pedestales y losas C4

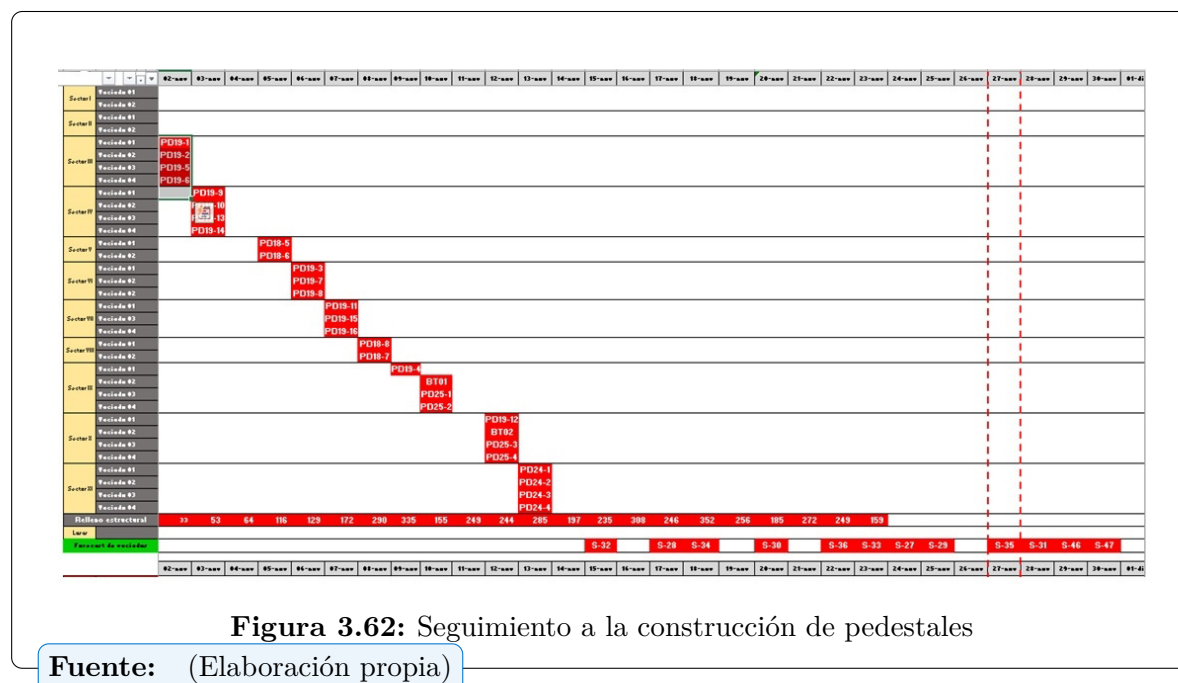
Fuente: (Elaboración propia)

☞ El seguimiento y control se realizó mediante una curva S de avance en medición de

concreto vaciado, como se muestra en el cuadro:



El seguimiento a la construcción de pedestales, relleno y construcción de losas se realizó de acuerdo a siguiente plan mostrado.



Control de construcción de celdas en flotación.

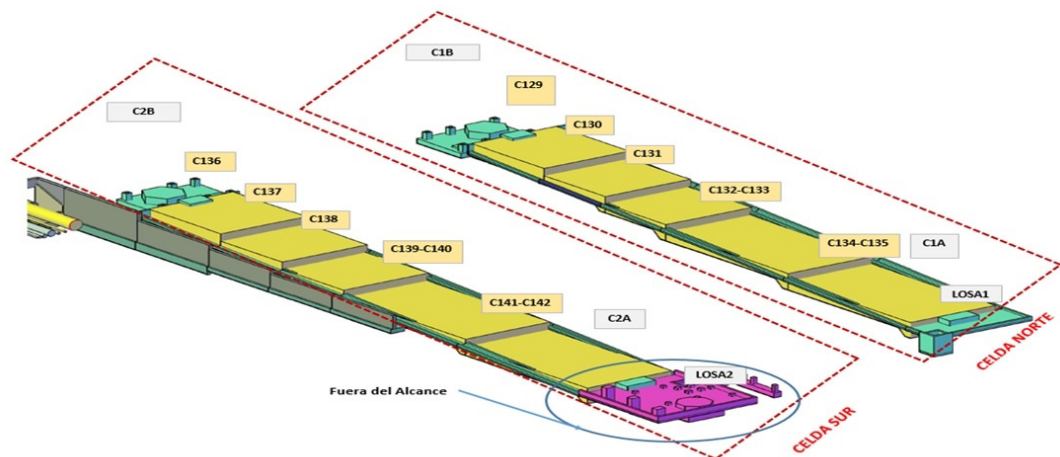


Figura 3.63: Control de construcción de celdas en flotación

Fuente: (Elaboración propia)

👉 Curva S de vaciados de concreto de las celdas sur

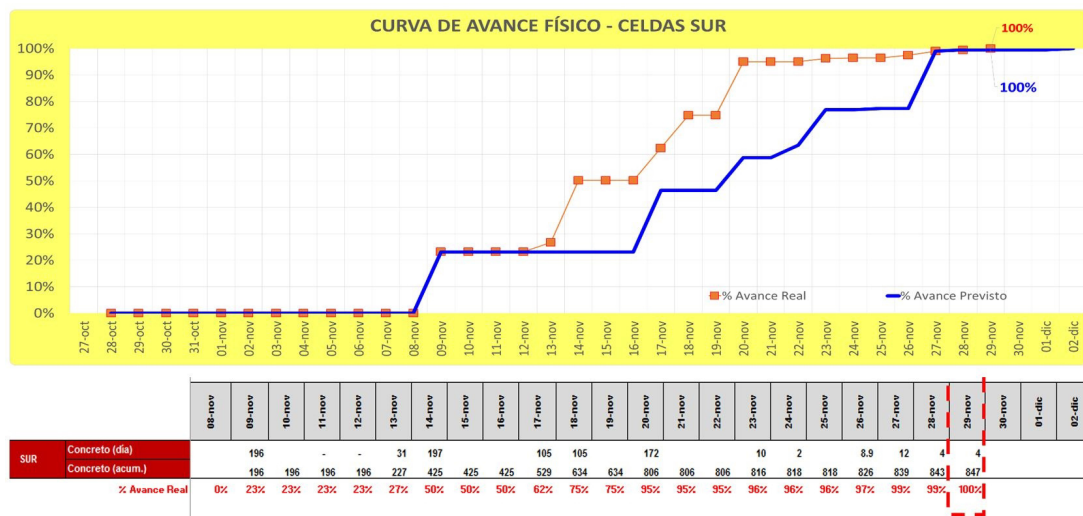


Figura 3.64: Curva S de vaciados de concreto de las celdas sur

Fuente: (Elaboración propia)

👉 Curva S de vaciados de concreto de las celdas norte

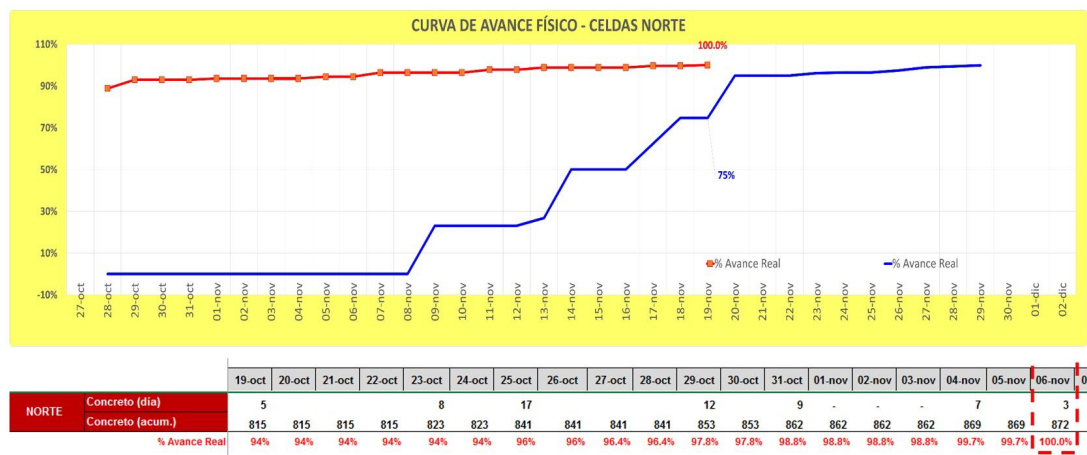


Figura 3.65: Curva S de vaciados de concreto de las celdas norte

Fuente: (Elaboración propia)

👉 Control de juntas

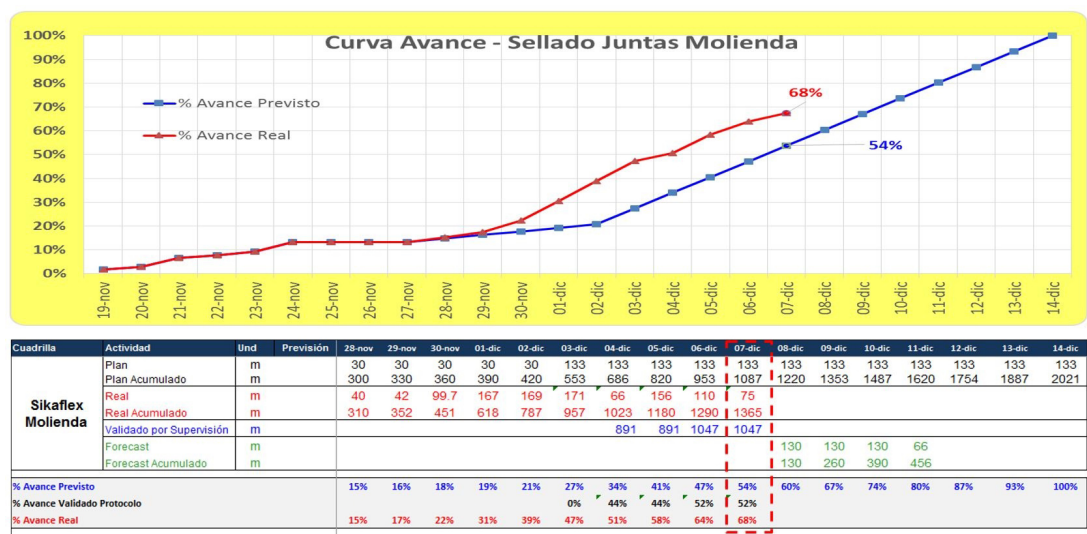


Figura 3.66: Control de juntas

Fuente: (Elaboración propia)

👉 Control de cierre puntos punch list

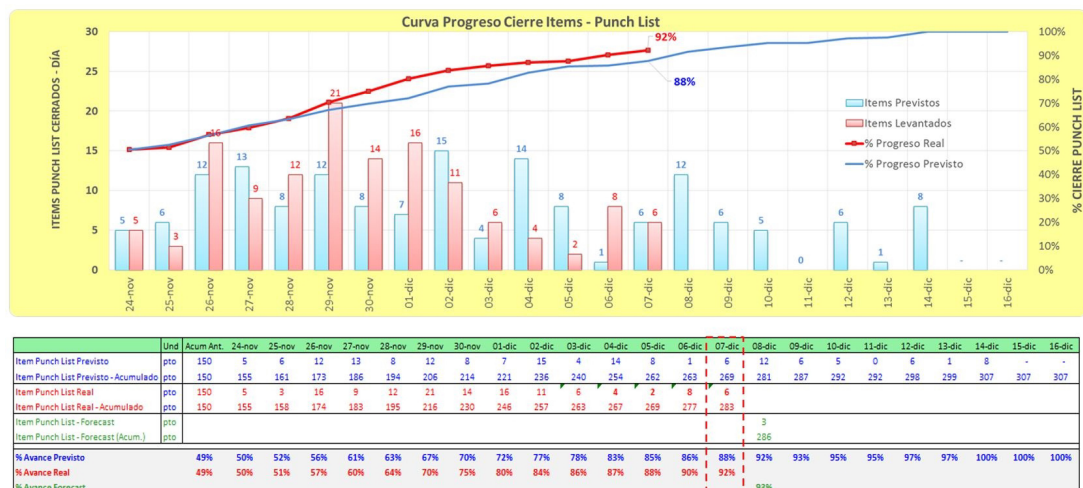


Figura 3.67: Control de cierre puntos punch list

Fuente: (Elaboración propia)

👉 KPI de construcción Durante la ejecución del proyecto se evaluó el indicador KPI de cumplimiento de plazo, que de acuerdo a la metodología del PMI vendría a ser el SPI con una variante del earned value management, en el que se evalúan el acumulado de las horas hombre (HH) previstas vs ganadas. Si el KPI (SPI) es mayor que 1, significa que el proyecto está adelantado en plazo, mientras que si el KPI <1, significa que la obra presenta retrasos.

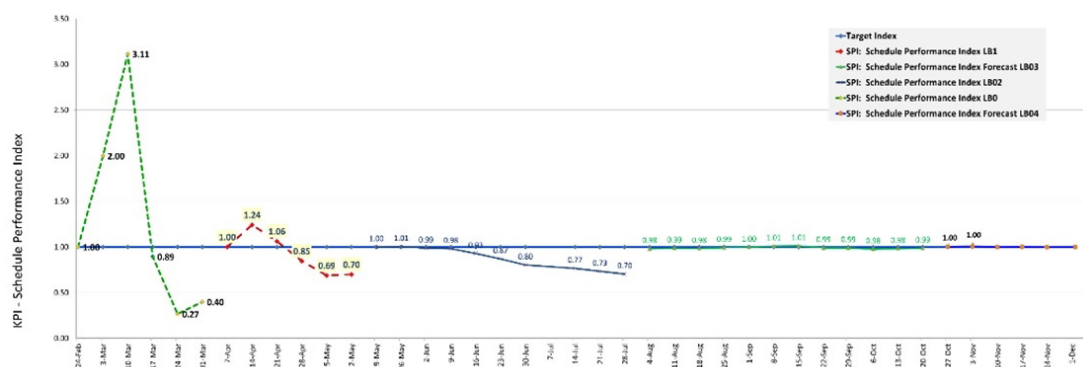


Figura 3.68: Control de cierre puntos punch list

Fuente: (Elaboración propia)

3.11.5 Programación maestra

Se desarrolló la programación maestra es un cronograma que identifica los principales eventos o hitos del proyecto (inicio, entrega al cliente, pedidos de componentes de entrega larga, movilización en el campo, diseño completo, revisiones gubernamentales, etc.) y su programación. Esta programación se usó la base para acuerdos contractuales entre el propietario y otros miembros del equipo. Se ve como una forma de identificar elementos de largo plazo, la viabilidad de completar el proyecto como se requiere actualmente, la base para definir hitos y fases, pero no siempre como una forma de controlar el proyecto.

3.11.5.0 Hitos

Para la presente investigación se estableció los siguientes hitos de acuerdo al cronograma inicial del proyecto:

Item	HITOS CONTRACTUALES	FECHAS (CONTRATO)	FECHAS FINALIZACIÓN				
			LB0	LB01	LB02	LB03	LB04
1	Start grinding earthworks	15-Mar-18					
	Inicio de trabajos de Movimiento de Tierra						
2	Start concrete works for SAG Mill	TBD					
	Inicio de trabajos de concreto en el Molino SAG						
3	Finish concrete works for for SAG Mill	TBD	09-Jul-18	15-Jul-18	07-Ago-18	30-Ago-18	
	Finalización de trabajos de concreto en el Molino SAG						
4	Start concrete works for Ball Mill	TBD					
	Inicio de trabajos de concreto en el Molino de Bolas						
5	Finisch concrete works for Ball Mill	TBD	04-Ago-18	04-Ago-18	12-Ago-18	07-Set-18	
	Finalización de trabajos de concreto en el Molino de Bolas						
6	Finish concrete works for Rougher flotation cells	TBD	11-Ago-18	02-Ago-18	22-Ago-18	16-Ago-18	
	Finalización de trabajos de concreto en el sector Flotación de las Celdas Rougher						
7	Finish thickener earthworks	TBD					
	Finalización de trabajos de Movimiento de tierras en el Sector Espesadores						
8	Finish thickener concrete works	TBD					
	Finalización de trabajos de concreto en el Sector Espesadores						
9	Finish contract	02-Nov-18					
	Finalización del Contrato						
10	Finish concrete works for Pebble crusher circuit		24-Jul-18	29-Jul-18	10-Ago-18	29-Set-18	
	Finalización de trabajos de concreto en el Sector Pebbles						
11	Finish concrete works for Bulk cleaner flotation		23-Set-18				
	Finalización de trabajos de concreto en el Sector Flotación						
12	Finish concrete works for Copper Concentrate General		11-Jul-18				
	Finalización de trabajos de concreto						
13	Finish Construction		23-Set-18	23-Set-18	23-Set-18	19-Nov-18	
	Finalización de Construcción						
14	Finish concrete works for Bulk concentrate Thickener			09-Jul-18	17-Set-18	29-Set-18	
	Finalización de trabajos de concreto en el Sector de Espesadores						
15	Finish concrete works for SAG feed conveying & lime silo			25-Jul-18	05-Ago-18	05-Set-18	
	Finalización de trabajos de concreto en el Sector de Molienda (Molino SAG, retroalimentación y silo de Cal)						

Figura 3.69: Lista de hitos contractuales

Fuente: (Elaboración propia)

3.11.5.0 WBS/EDT

ESTRUCTURA DE DESCOMPOSICIÓN		
WBS	CC-101 EXPANSIÓN TOROMOCHO	NIVEL
	SECTOR I - FAJAS Y PEBBLES	1
	MASIVO	2
	ADENDA 2 (EW01 - PLATAFORMA DE PEBBLES Y MOLIENDA)	2
	2111-P11-FAJAS DE ALIMENTACION	2
	2115-P15-FAJAS DE RECHAZO	2
	2115-P16-CHANCADO DE PEBBLES	2
	SECTOR II - MOLIENDA	1
	MASIVO	2
	ADENDA 1 (REUBICACIÓN DE BUZONES MOLIENDA Y FLOTACIÓN)	2
	ADENDA 2 (EW03 - MODIFICACIÓN DE TUBERÍAS EN CHANCADO DE PEBBLES Y MOLIEN	2
	2110-P12-MOLINO SAG	2
	2110-P13-MOLINO DE BOLAS	2
	2110-P10-MOLIENDA	2
	2211-P21-CANALETAS DE ALIMENTACIÓN	2
	2110-P8-ALIMENTACIÓN ELEC.SAG	2
	2110-P19-ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA MOLIENDA	2
	2110-P9-ALIMENTACIÓN ELÉCTRICAS MOLINO DE BOLAS	2
	2110-P17-TORRE DE ENFRIAMIENTO	2
	SECTOR III - FLOTACIÓN	1
	ADENDA 1 (REUBICACIÓN DE DUCTOS ELÉCTRICOS EN SOPLADORES)	2
	2211-P22-CELDA ROUGHER	2
	2211-P24-SOPLADORES ROUGHER/LIMPIEZA	2
	2310-P30-FLOTACION DE MOLIBDENO	2
	SECTOR IV - ESPESADORES	1
	MASIVO	2
	ADENDA 1 (REUBICACIÓN DE LÍNEA AÉREA DE 23kv EN ESPESADORES)	2
	ADENDA 1 (REUBICACIÓN DE TUBERÍAS EN ESPESADORES)	2
	2213-P26- CELDAS SCAVENGER/MOLY ROUGHER	2
	2410-P35-ESPESADOR CONCENTRADO COBRE	2
	2214-P27-COLUMNAS LIMPIEZA	2
	2212-P41-ESPESADOR CONCENTRADO BULK	2
	SECTOR V - VARIOS	1
	ADENDA 1 (PLATAFORMAS PARA MANIOBRAS Y ACCESO NORTE)	2
	ADENDA 1 (SUMINISTRO ELÉCTRICO Y SERVICIOS HIGIÉNICOS PARA CONTRATISTAS)	2
	ADENDA 2 (EW09 - MEJORAS AL SISTEMA DE LA BOMBA DRAGFLOW)	2
	ADENDA 02 (EW04 - ACCESOS SUR)	2
	2660-P28-SISTEMA DE AIRE	2
	7013-P83-FILTROS ARMONICOS	2
	4010-P74-PARRONES	2
	8011-P91-AGUA DE PROCESO	2

Figura 3.70: Estructura de desglose de trabajo

Fuente: (Elaboración propia)

3.11.6 Programación de fase

Los entregables desarrollados para la gestión del cronograma fueron el cronograma de obra actualizado de acuerdo a las nuevas líneas base, lookaheads, PPC.

Planeamiento colaborativo

Check List de Arranque de Proyecto					
ID	ENTREGABLE	AVANCE	INICIO PLAN	TERMINO PLAN	TERMINO REAL
	AVANCE TOTAL	 100%	29.Ene.18	30.Mar.18	27.May.18
1.00	GERENCIA DE PROYECTO	 100%			
1.01	Hoja de Gestión de proyecto - Difusion a Equipo de Obra.	 100%	29.Ene.18	24.Feb.18	23.Feb.18
1.02	Lookahead - ARRANQUE DE OBRA (6 semanas)	 100%	29.Ene.18	10.Feb.18	05.Feb.18
1.03	LAYOUT de las facilidades de obra	 100%	03.Feb.18	20.Feb.18	20.Feb.18
1.04	Planes de Gestión provisional (Arranque y Personal)	 100%	30.Ene.18	07.Feb.18	09.Feb.18
1.05	Matriz de Partidas Importantes de Obra	 100%	02.Feb.18	27.Feb.18	10.May.18
1.06	Planes de Gestión aprobados	 100%	29.Ene.18	25.Feb.18	26.Feb.18
1.07	RO preliminar	 100%	15.Feb.18	25.Mar.18	23.Mar.18
2.00	ADMINISTRACION DE CONTRATOS	 100%			
2.01	Asignar Administrador de Contratos	 100%	29.Ene.18	15.Feb.18	06.Feb.18
2.02	Seguros, Garantías (fiel cumplimiento, adelanto, garantía de	 100%	03.Feb.18	02.Mar.18	20.Abr.18
2.03	Carta de solicitud de Adelanto al Cliente (en caso aplique)	 100%	03.Feb.18	26.Feb.18	06.Abr.18
2.04	Contrato con Cliente firmado	 100%	03.Feb.18	05.Mar.18	07.Mar.18
2.05	Hoja Resumen de Contrato / Difusion al Equipo de Obra.	 100%	03.Feb.18	28.Feb.18	05.Mar.18
2.06	Lista de Entregables contractuales (Cliente)				
2.07	Procesos Contractuales Criticos / Difusion al Equipo de Obra	 100%	03.Feb.18	28.Feb.18	05.Mar.18
2.08	Matriz de absolucion de consultas / consideraciones	 100%	03.Feb.18	28.Feb.18	05.Mar.18
2.09	Plan de Gestión de Subcontratos	 100%	03.Feb.18	28.Feb.18	25.Feb.18
2.10	Análisis de Riesgos y Programa de Mitigación	 100%	03.Feb.18	27.Feb.18	25.Feb.18
2.11	Implementacion de Cuaderno de Obra (si aplica)	 100%	03.Feb.18	27.Feb.18	21.Mar.18
2.12	Carga de Contrato en SAP	 100%	03.Feb.18	30.Mar.18	20.Abr.18
3.00	PRODUCCION	 100%			
3.01	Asignar Jefe de Producción	 100%	29.Ene.18	10.Feb.18	10.Feb.18
3.02	Plan de Construcción	 100%	29.Ene.18	28.Feb.18	26.Feb.18
3.03	Definir Cuadrillas de Topografía (personal y equipos)	 100%	29.Ene.18	10.Feb.18	12.Feb.18
3.04	Procedimientos generales de construcción aprobados	 100%	29.Ene.18	28.Feb.18	28.Feb.18
3.05	Plan de Explotacion de Canteras y Produccion de Materiales				
3.06	Informe Inicial de Levantamiento Topográfico	 100%	29.Ene.18	03.Mar.18	02.Mar.18
4.00	OFICINA TECNICA	 100%			
4.01	Asignar Jefe de Oficina Técnica	 100%	29.Ene.18	15.Feb.18	07.Feb.18
4.02	Ingeniería de construcción aprobada	 100%	29.Ene.18	10.Mar.18	07.Mar.18
4.03	Metrados de obra	 100%	29.Ene.18	12.Mar.18	18.Mar.18
4.04	Histograma de EQP y MOD	 100%	29.Ene.18	08.Mar.18	06.Mar.18
4.05	Plan de Abastecimiento materiales	 100%	29.Ene.18	09.Mar.18	06.Mar.18
4.06	Presupuesto Meta (incluye APU's meta)	 100%	29.Ene.18	16.Mar.18	18.Mar.18
4.07	EDT (WBS)/ Partidas de control	 100%	29.Ene.18	27.Feb.18	04.Mar.18
4.08	Cronograma de Obra (Gantt) - LBO	 100%	29.Ene.18	07.Mar.18	06.Mar.18
4.09	Curva S	 100%	29.Ene.18	08.Mar.18	06.Mar.18
4.10	Cronograma valorizado	 100%	29.Ene.18	09.Mar.18	07.Mar.18
4.11	Carga de Presupuesto Meta en SAP	 100%	29.Ene.18	24.Mar.18	28.Mar.18
5.00	ADMINISTRACION DE OBRA	 100%			
5.01	ADMINISTRACION DE OBRA	 100%			
5.01.01	Asignar Administrador de Obra/ Jefe de Almacén	 100%	29.Ene.18	29.Ene.18	29.Ene.18
5.01.02	Asignar Comprador (Sólo para arranque)	 100%	29.Ene.18	29.Ene.18	29.Ene.18
5.01.03	Asignar Jefe de Personal	 100%	29.Ene.18	30.Ene.18	30.Ene.18
5.02	GESTION DE PERSONAL	 100%			
5.02.01	Organigrama de Proyecto	 100%	29.Ene.18	15.Feb.18	24.Feb.18
5.02.02	Check List de requisitos de ingreso de personal y equipos de	 100%	29.Ene.18	10.Feb.18	14.Feb.18
5.02.03	Plan de gestión MOD (incluye captación, selección, reclutamiento y contratación de personal local y transferencia	 100%	29.Ene.18	27.Feb.18	05.Feb.18
5.02.04	Convocatoria de Personal Empleado	 100%	29.Ene.18	10.Feb.18	05.Feb.18
5.02.05	Convocatoria de Personal Obrero para obras preliminares.	 100%	29.Ene.18	05.Feb.18	05.Feb.18

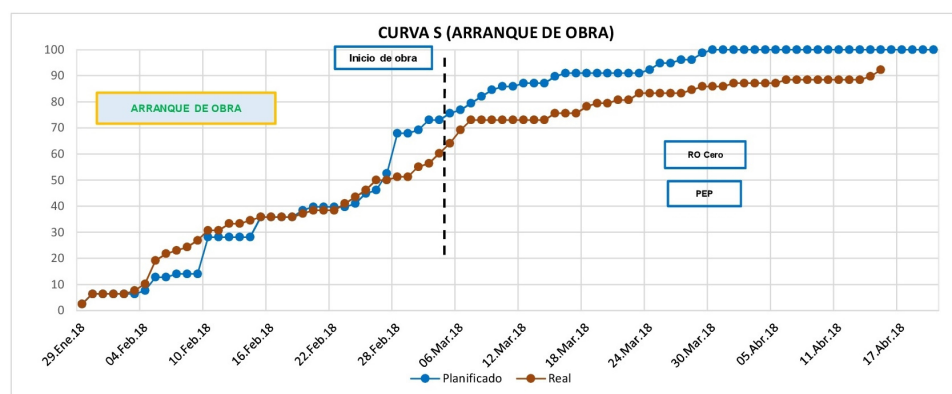
Figura 3.71: Planeamiento colaborativo

Fuente: (Elaboración propia)

Check List de Arranque de Proyecto					
ID	ENTREGABLE	AVANCE	INICIO PLAN	TERMINO PLAN	TERMINO REAL
5.03	ADMINISTRACION	100%			
5.03.01	Definición de Estándar de Habitabilidad (en caso aplique)				
5.03.02	Definir Locales y/o áreas para instalaciones (campamentos y	100%	29.Ene.18	15.Feb.18	15.Feb.18
5.03.03	Contratar Servicios para instalaciones (temporales y	100%	29.Ene.18	15.Mar.18	15.Abr.18
5.03.04	Adquirir de Sistema de Protección contra Rayos (Para-rayos)	100%	29.Ene.18	15.Mar.18	15.Mar.18
5.03.05	Adquirir Servicios de Comunicación	100%	29.Ene.18	28.Feb.18	02.Mar.18
5.03.06	Adquirir Servidor y Red Local	100%	29.Ene.18	05.Mar.18	19.Mar.18
5.03.07	Contratar Servicio de Combustible				
5.03.08	Adquirir Equipos de cómputo/comunicación y licencias de	100%	29.Ene.18	28.Feb.18	03.Mar.18
5.03.09	Módulo Pionero ATLANTIS y/o Repetidora Móvil SOLAR I	100%	29.Ene.18	28.Feb.18	02.Mar.18
5.03.10	Solicitud de Fondo Fijo	100%	29.Ene.18	25.Feb.18	04.Feb.18
5.03.11	Establecimiento SUNAT y emisión de Guías de Remisión	100%	29.Ene.18	15.Feb.18	14.Abr.18
5.03.12	Cuenta de Detracción y Cuenta Corriente				
5.03.13	Apertura de Planilla	100%	29.Ene.18	25.Feb.18	19.Feb.18
5.03.14	Certificados, permisos, autorizaciones, licencias (según Checklist				
5.04	LOGISTICA Y ALMACEN	100%			
5.04.01	Crear centro logístico en ERP	100%	29.Ene.18	05.Feb.18	05.Feb.18
5.04.02	Plan de Gestión de Compras				
5.04.03	Plan de Gestión de Almacén	100%	29.Ene.18	28.Feb.18	04.Mar.18
6.00	SSOMA - RS	100%			
6.01	Asignar Jefe de SSA	100%	29.Ene.18	30.Ene.18	30.Ene.18
6.02	Entrega y difusión del Reglamento Interno de Seguridad y Salud	100%	29.Ene.18	03.Mar.18	05.Feb.18
6.03	Coordinar con el cliente el Estándar de SSA para EPPS y	100%	29.Ene.18	05.Feb.18	05.Feb.18
6.04	Matrices IPERC y Estándares	100%	29.Ene.18	15.Feb.18	10.Feb.18
6.05	Procedimientos Escritos de Trabajo Seguro - PETS	100%	29.Ene.18	28.Feb.18	24.Feb.18
6.06	Protocolo de Exámenes Médicos y Clínicas Autorizadas	100%	29.Ene.18	05.Feb.18	03.Feb.18
6.07	Inducción interna y con el cliente de SSA al personal	100%	29.Ene.18	19.Feb.18	23.Feb.18
6.08	Plan de Seguridad	100%	29.Ene.18	10.Feb.18	06.Feb.18
6.09	Plan de Manejo Ambiental - PMA	100%	29.Ene.18	10.Feb.18	12.Feb.18
6.10	Plan de Responsabilidad Social	100%	29.Ene.18	10.Feb.18	04.Mar.18
7.00	CONTROL DE CALIDAD	100%			
7.01	Asignar Jefe de Control de Calidad	100%	29.Ene.18	04.Feb.18	04.Feb.18
7.02	Plan de Control de Calidad	100%	29.Ene.18	10.Feb.18	08.Feb.18
7.03	Instalacion de laboratorio y/o definicion de servicio de	100%	29.Ene.18	06.Mar.18	15.Abr.18
7.04	Equipos de medicion en proyecto (calibrados)	100%	29.Ene.18	03.Mar.18	01.Abr.18
7.05	Informe de Canteras (caracteristicas físicas, químicas, potencia,	100%	26.Feb.18	07.Mar.18	25.May.18
8.00	EQUIPOS	100%			
8.01	Asignar Jefe de Equipos	100%	29.Ene.18	30.Ene.18	30.Ene.18
8.02	Plan de Gestion de Equipos / Estrategia de contratacion de	100%	29.Ene.18	10.Feb.18	10.Feb.18
8.03	Listado de proveedores precalificados.	100%	29.Ene.18	10.Feb.18	09.Feb.18
8.04	Subcontratos de Alquiler de Equipos (para el arranque de obra)	100%	10.Feb.18	19.Feb.18	15.Mar.18
8.05	Movilización de Equipos	100%	20.Feb.18	28.Feb.18	26.Feb.18
9.00	PEP	100%			
9.01	RO Cero validado	100%	15.Mar.18	25.Mar.18	23.Mar.18
9.02	PEP Final (Elaborado por GP/GC)	100%	20.Feb.18	27.Mar.18	29.Mar.18
9.03	PEP aprobado (por GOUNC /GUNC)	100%	11.Mar.18	29.Mar.18	27.May.18
9.04	Difusion de PEP por GP/GC al equipo de proyecto	100%	13.Mar.18	29.Mar.18	27.May.18

Figura 3.72: Check list de arranque de proyecto

Fuente: (Elaboración propia)



* Para el gráfico, sólo se considera entregable cumplido (100%) y no completado (0%). No se referencia % de

Figura 3.73: curva S de arranque de obra

Fuente: (Elaboración propia)

Check list de cierre

ID	ENTREGABLE	¿APLICA?
CIERRE EXTERNO / CLIENTE		29
1.00 GERENCIA DE PROYECTO		1
1.01 Evaluación del Contratista.		SI
2.00 ADMINISTRACION DE CONTRATOS		5
2.01 Carta(s) Fianza devuelta(s)		SI
2.02 Relación de Correspondencia emitida y recibida		SI
2.03 No adeudo del Contratista a MCP (Combustible, indemnizaciones, penalidades, etc)		SI
2.04 Descargo del Contratista y Certificación de No Adeudo de Pagos.		SI
2.05 Compromiso / Garantía de Obra (Carta fianza)		SI
3.00 OFICINA TECNICA		5
3.01 Planos As-built		SI
3.02 Planos Red line		SI
3.03 Status de RFI cerrado		SI
3.04 Valorización Final Aprobada.		SI
3.05 Informe Final Aprobada.		SI
4.00 ADMINISTRACION DE OBRA		9
4.01 Constancia de no adeudo a subcontratistas y/o proveedores		SI
2.04 Repuestos / Herramientas / Equipos devueltos a almacén (SurPlus)		NA
2.05 Constancias de No Adeudo de subcont / proveedores al Contratista.		SI
2.06 Devolución de Fotochecks completado.		SI
2.07 Desactivación de accesos a Recursos Informáticos / Frecuencia de Radios / Devolución de equipos		SI
2.08 Constancia de presentación de información Laboral y no existencia de reclamos laborales.		SI
2.09 Liquidación de beneficios sociales de trabajadores cesados o carta de reubicación a otra operación firmada por el Representante Legal.		SI
2.10 Constancia del Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo certificando que el contratista no registra reclamo de índole laboral vigente. Dirección MTPE		SI
2.11 Exámenes médicos de salida		SI
2.12 Llaveros con código de barras para suministro de combustible		SI
5.00 SEGUR, SALUD Y AMBIENTE		4
5.01 Cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental		SI
5.02 Todo incidente/accidente de Seguridad resuelto		SI
5.03 Dossier de seguridad		SI
5.04 Dossier de Medio Ambiente		SI
6.00 EQUIPOS		1
6.01 Desmovilización Verificada y Aprobada		SI
7.00 CONTROL DE CALIDAD		4
7.01 Actas de cierre contractual y por entregable		SI
3.04 Información Vendor		SI
7.02 Listado final de observaciones levantadas-punch list		SI
7.03 Dossier de calidad técnica		SI
CIERRE INTERNO / SMCOSA		33
1.00 GERENCIA DE PROYECTO		4
1.01 Lista maestra de documentos cierre interno (SIG-FOR-024) Rev.0		SI
1.02 RO final Rev. 0 (para aprobación por GUNC)		SI
1.03 File final de lecciones aprendidas		SI
1.04 Memoria descriptiva Rev. 0 (para aprobación por GUNC)		SI
1.05 Propuesta final de Cálculo y Sustento de PREMIO de OBRA (para aprobación por GUNC & GG)		NA
2.00 ADMINIST DE CONTRATOS		8
2.01 Listado final de eventos contractuales (LEPCP)		SI
2.02 Seguimiento y Control de Valorizaciones (con el Cliente)		SI
2.03 Valorización final de subcontratos de OP y QC		SI
2.04 Plan de Gestion de Subcontratos y Seguimiento y control de subcontratistas- Liquidación		SI
2.05 Acta de cierre Contractual		SI
2.06 Acta de cierre de subcontratos OP y QC		SI
2.07 Evaluacion de desempeño proveedores de OP y QC - LOG-FOR-021		SI
2.08 Pedido de venta de valorizacion final de subcontratistas OP y QC (SAP)		SI
2.09 (CONSORCIO) Acta de Cierre del Consorcio suscrito por los socios.		NA
3.00 PRODUCCION		1
3.01 Informe final de producción		SI
4.00 OFICINA TECNICA		3
4.01 Presupuesto Meta vs Real Ejecutado (para aprobación de GP) Incluye: Análisis final de precios unitarios de obra		SI
4.02 Informe final de cierre de proyecto		SI
4.03 Cronograma final de obra (para MD)		SI
5.00 ADMINISTRACION DE OBRA		7
5.01 Conciliación de fondo fijo		SI
5.02 Evaluacion de desempeño proveedores de SSGG - LOG-FOR-021		SI
5.03 Cierre de inventario de almacen		SI
5.04 Pedido de venta de valorizacion final de subcontratistas SSG (SAP)		SI
5.05 Listado de Activos Fijos (Cierre de Almacén)		SI
5.06 Cese de todos los trabajadores (PDT 0)		SI
5.07 Pago de Liquidaciones a todos los trabajadores.		SI
5.08 Cuentas del Bco. de la Nación en Cero (detracciones)		NA
5.09 No existencia de deudas de impuestos (IGV, Renta de 5ta categoría, Renta de 3era Categoría, entre otros) ante la SUNAT.		NA
5.10 Estados Financieros de Cierre o Liquidación ante la SUNAT para dar de baja el RUC.		NA
6.00 SEGUR, SALUD Y AMBIENTE		3
6.01 Log y reporte de monitoreos de SSA		SI
6.02 Informe de cierre de seguridad y medio ambiente		SI
6.03 Informe de auditorías e inspecciones por el cliente (cerrados)		SI
7.00 CONTROL DE CALIDAD		2
7.01 Inventario de EQ de laboratorio		SI
7.02 Certificados de calibración (original)		SI
8.00 EQUIPOS		5
8.01 Certificado de liberación y no adeudo por cada equipo (propio o de terceros)		SI
8.02 Informe final de gestión de equipos (para MD - SM)		SI
8.03 Valorización final de subcontratos de EQ		SI
8.04 Evaluacion de desempeño proveedores de EQ - LOG-FOR-021		SI
8.05 OS y HES en SAP de Valorizacion final de subcntratistas EQ		SI
TOTAL DE DOCS CIERRE		62

Figura 3.74: Check list de cierre

Fuente: (Elaboración propia)

3.11.7 Lookahead planning (planeamiento anticipado)

Se elaboró los 4WLA (4 week lookahead) o las programaciones anticipadas de las 4 semanas siguientes, siendo actualizadas semanalmente de acuerdo a las restricciones encontradas en el proyecto. Los componentes del lookahead semanal son los siguientes:

- ❶ Lookahead (4WLA)
- ❷ Plan de trabajo semanal (PTS)
- ❸ Análisis de restricciones (AR)
- ❹ Porcentaje de plan completado (PPC)
- ❺ Gráficas de causas de no cumplimiento (CNC-S)
- ❻ Gráficas de causas de no cumplimiento (CNC-A)
- ❼ Trazabilidad Semanal del PPC
- ❽ Curva S avance proyectado / lookahead

3.11.7.0 Lookahead 4WLA

Se realizó el control del proyecto mediante la programación anticipada o lookahead, siendo actualizada semanalmente mediante reuniones de trabajo, evaluando las restricciones más críticas. Se consideró la programación del **último planificador** siendo en este caso los jefes de frente de cada sector (sector pebbles, sector molienda, sector flotación, sector espesadores)

La parte más importante del lookahead fue el análisis de las restricciones debido a la presencia de estructuras ya existentes (Pipping), el lookahead fue acompañado mediante el uso del PPC (porcentaje de plan completado), el cual se desarrolló diariamente mediante reuniones con las diferentes áreas del proyecto.

Se desarrollaron en total 36 lookaheads correspondientes a cada semana de trabajo.

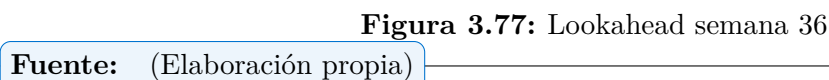
A continuación, se muestra la estructura del lookahead desarrollado correspondiente a la última semana de control.

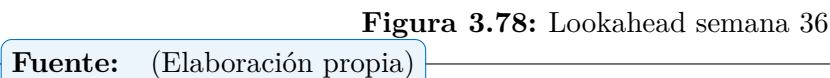


Fuente: (Elaboración propia)



Fuente: (Elaboración propia)







Fuente: (Elaboración propia)

Fuente: (Elaboración propia)

3.11.7.0 Análisis de restricciones (AR)

Item	Descripción de la Actividad	Detalle de las Restricciones	Fecha de Requerida	Fecha Propuesta (AS)	Prioridad	Area	Responsable Comentario
SECTOR I- AREA PEBBLES							
ACCESO NORTE	Planos constructivos	Se envió RFI solicitando la entrega de los planos constructivos del Acceso Norte, que cruza de la plataforma de Maniobras al coitado de la planta existente	05-Nov-18		●	Supervisión SMI	
	Guardavías en Pebbles y Molenda	Llegada de guardavías y señales de tránsito	14-Nov-18			OT	
CAJON ALIMENTADOR BOLAS							
Embebidos		Verificación de insertos y acero del Cajón Alimentador de Bolas	14-Nov-18			OT	Trabajo adicional
SECTOR II- MOLENDA							
BUZÓN MOLENDA							
Platado Tubería 36"		Compra de componentes de pintura de la Oroya, previa evaluación del subcontrato	05-Nov-18			Producción	
PLATAFORMA DE MANIOBRAS							
Refraseo Plataforma Maniobras		Ingreso de grúa de 200 ton de Vivago. Interferencias con actividades de transporte en plataforma de maniobra	15-Nov-18		●	Producción	Informativo
SECTOR III- FLOTACION							
MURO DE CONTENCIÓN							
Anchaje Muro Contención		Llegada de broca 1 1/4" para anclaje de aceros en el muro existente, para construir muro MC0	06-Nov-18			Almacén	
CELDAS ROUGHER							
Canaléas Flotación		Se envió RFI 355 el 01/11 solicitando el espaciamiento entre juntas de canaléa, ya que el plano indica un máximo de 17m.	05-Nov-18			Supervisión SMI	
Pedestal PD02		Se envió RFI 355 el 01/11 solicitando aprobación de los pernos PA01 (del pedestal PD02) de 1" con 150 mm de proyección y 450 mm de empotramiento. Por ser medida más desfavorable de las dos proyecciones	06-Nov-18			Supervisión SMI	

Figura 3.81: Lookahead semana 36: análisis de restricciones

Fuente: (Elaboración propia)

3.11.7.0 Porcentaje del plan completado (PPC)

PORCENTAJE DEL PLAN COMPLETADO (PPC)																					
Item	Descripción de la Tarea o Actividad	Unid	Método Placado	TIPO	SEMANA 35							S	V	J	M	M	L	D	ANÁLISIS DE CUMPLIMIENTO CAUSA DE NO CUMPLIMIENTO	TIPO	DETALLE CAUSA DE NO CUMPLIMIENTO
					28	29	30	31	01	02	03										
SECTOR I - AREA PERIFERIAS																					
CHANCADO DE PERIFERIAS																					
CEMENTACION C3																					
LOSA DE PRO																					
	Excavación	m3	25.00	Previsto	25.00																
		m3	25.00	Real	25.00																
	Colocación de Acero Lona de Piso	kg	2,000.00	Previsto		1,000.00	1,000.00														
		kg	2,000.00	Real		1,100.00	900.00														
	Pase drilado Lona de piso	m2	31.00	Previsto			31.00														
		m2	31.00	Real			31.00														
	Pernos y enclavados	kg	60.00	Previsto			60.00														
		kg	60.00	Real			60.00														
	Colocación de Concreto Lona de Piso	m3	21.00	Previsto							21.00										
		m3	-	Real							-										
VEREDAS																					
	Excavación	m3	25.00	Previsto							25.00										
		m3	25.00	Real							25.00										
	Colocación de Acero Lona de Piso	kg	2,000.00	Previsto																	
		kg	2,000.00	Real																	
BADEN DE CONCRETO																					
	Excavación	m3	12.00	Previsto							12.00										
		m3	-	Real							-										
	Colocación de Acero	kg		Previsto																	
		kg	-	Real																	
CUNEFAS DE DRENAJE																					
	Excavación	m3	13.00	Previsto			13.00														
		m3	13.00	Real			-														
	Perfilado manual	gdb	1.00	Previsto				1.00													
		gdb	1.00	Real				-													
BADEN DE CONCRETO																					
	Excavación y perfilado	m3	10.00	Previsto							5.00										
		m3	-	Real							-										
SECTOR II - MOLINERIA																					
RECTORIO MOLINERIA (M. BOLAS - LADO NOROCCIDENTAL)																					
	Actividades complementadas (A)	Real			19	30	28	25	35	34	149	114	149	114	149	114	149	114			
	Actividades programadas (B)	Previsto			19	31	33	31	42	42	167	29	167	29	167	29	167	29			
	% PAC = (A / B)				100%	97%	85%	81%	83%	81%	89%	255%	89%	255%	89%	255%	89%	255%			
	Avance Real (Día)	Avance Real (Día)			93.3%	93.3%	93.3%	94.2%	94.8%	94.8%	95.1%	89%	95.1%	89%	95.1%	89%	95.1%	89%			
	Avance Real (Acumulado)	Avance Real (Acumulado)			92.9%																
	Avance Previsto (Día)	Avance Previsto (Día)			92.7%	92.7%	92.7%	93.7%	94.7%	94.7%	94.9%	2.1%	94.9%	2.1%	94.9%	2.1%	94.9%	2.1%			
	Avance Previsto (Acumulado)	Avance Previsto (Acumulado)			92.7%																
	Variancia	Variancia			0.24%	0.08%	-0.00%	0.01%	0.00%	-0.07%	-0.14%		-0.14%		-0.14%		-0.14%				
	Variancia Acumulado	Variancia Acumulado			0.44%	0.52%	0.43%	0.44%	0.53%	0.46%	0.32%		0.32%		0.32%		0.32%				

Figura 3.82: Lookahead semana 36: 4WLA porcentaje de plan completado

Fuente: (Elaboración propia)

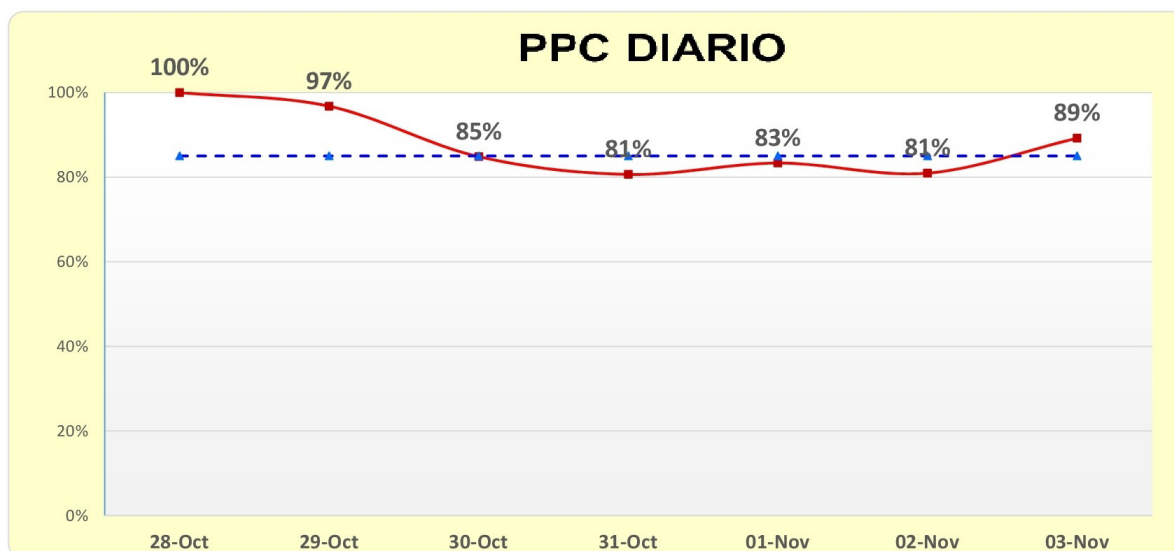


Figura 3.83: Lookahead semana 36: gráfica de porcentaje de plan completado diariamente (PPC)

Fuente: (Elaboración propia)

3.11.7.0 Gráfica de causas de no cumplimiento (CNC-S)

DETALLE CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO	AREA RESPONSABLE	FRECUENCIA
Actividad predecesora no culminada (SM)	Producción	2
Cambio de prioridades/ Tema de urgencia (SM)	Producción	6
Modificación en la programación (SM)	Producción	8
Descoordinación de campo, retrabajos (SM)	Producción	1
Interferencias en campo (SM)	Producción	1
Total		18
RESPONSABLE		FRECUENCIA
Producción		18
Total		18

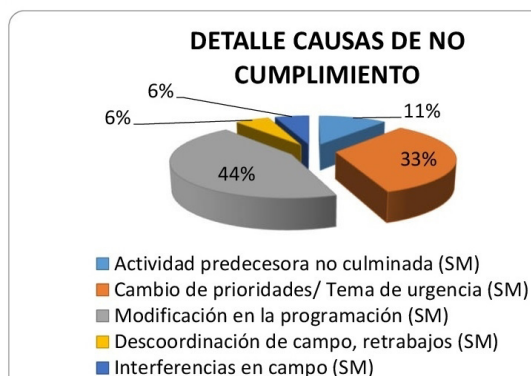


Figura 3.84: Lookahead semana 36: causas de no cumplimiento semanal (CNC-S)

Fuente: (Elaboración propia)

3.11.7.0 Gráfica de causas de no cumplimiento (CNC-A)

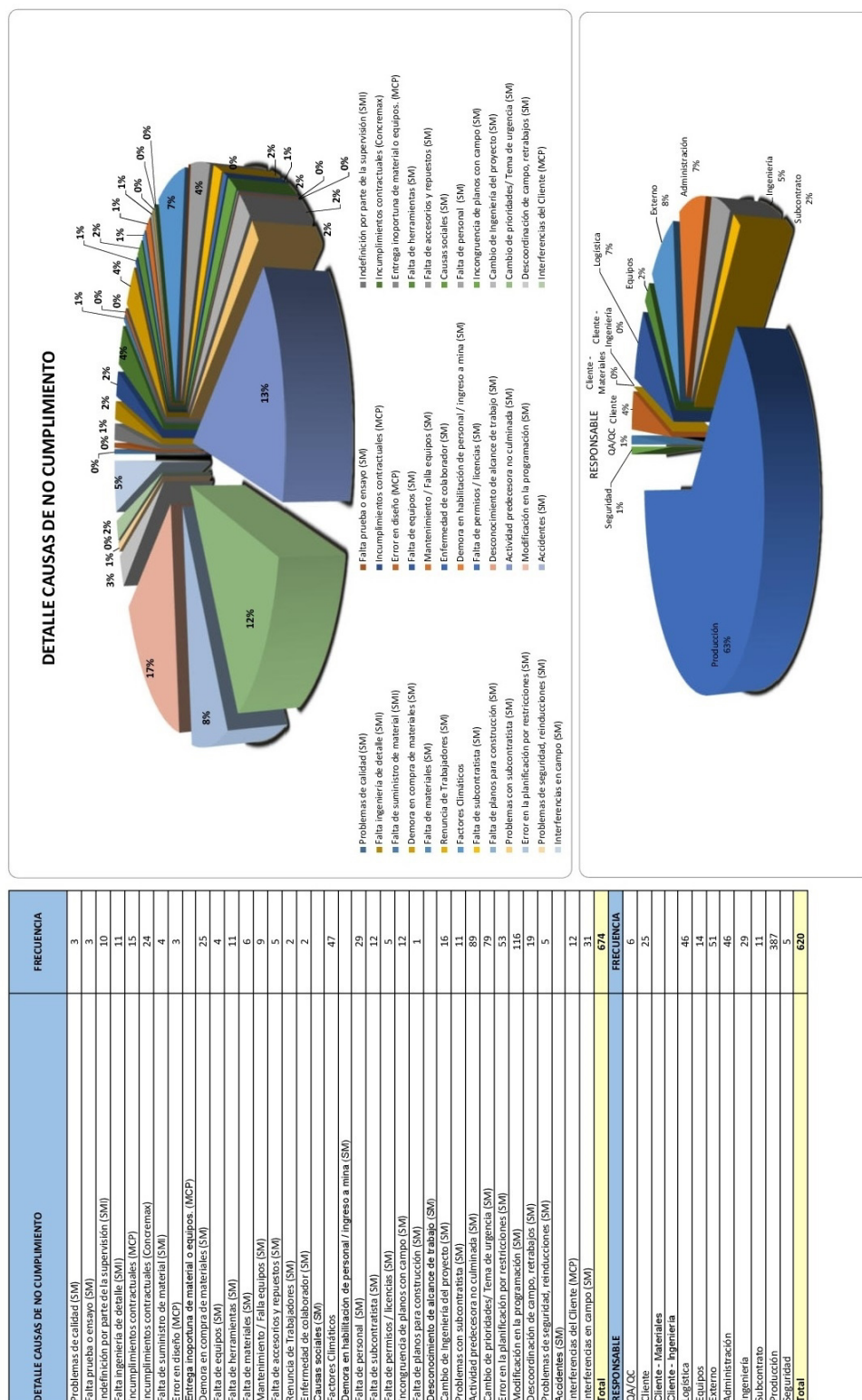


Figura 3.85: Lookahead semana 36: causas de no cumplimiento acumulada (CNC-A)

Fuente: (Elaboración propia)

3.11.7.0 Trazabilidad semanal del PPC

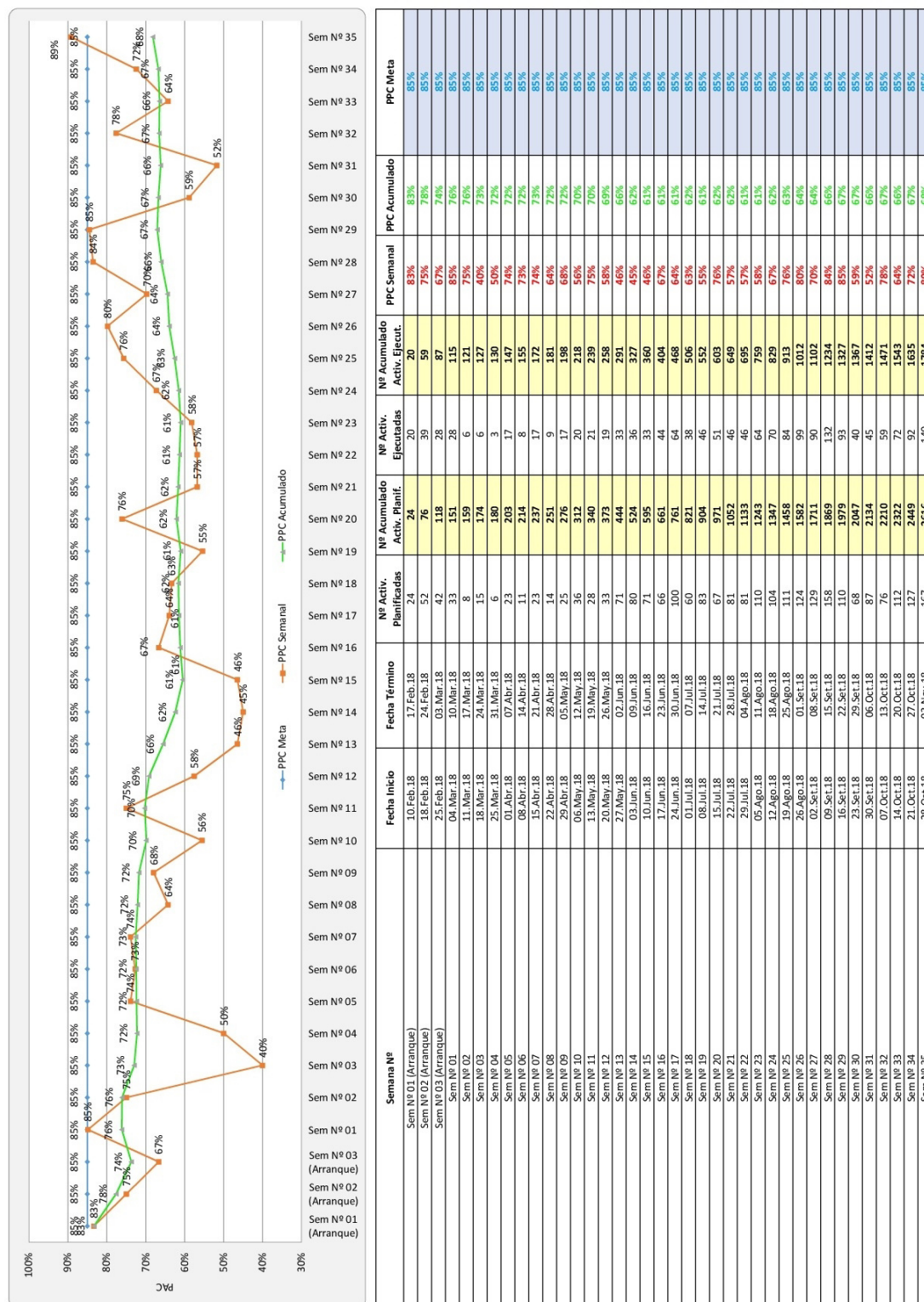


Figura 3.86: Lookahead semana 36: trazabilidad del porcentaje de plan completado

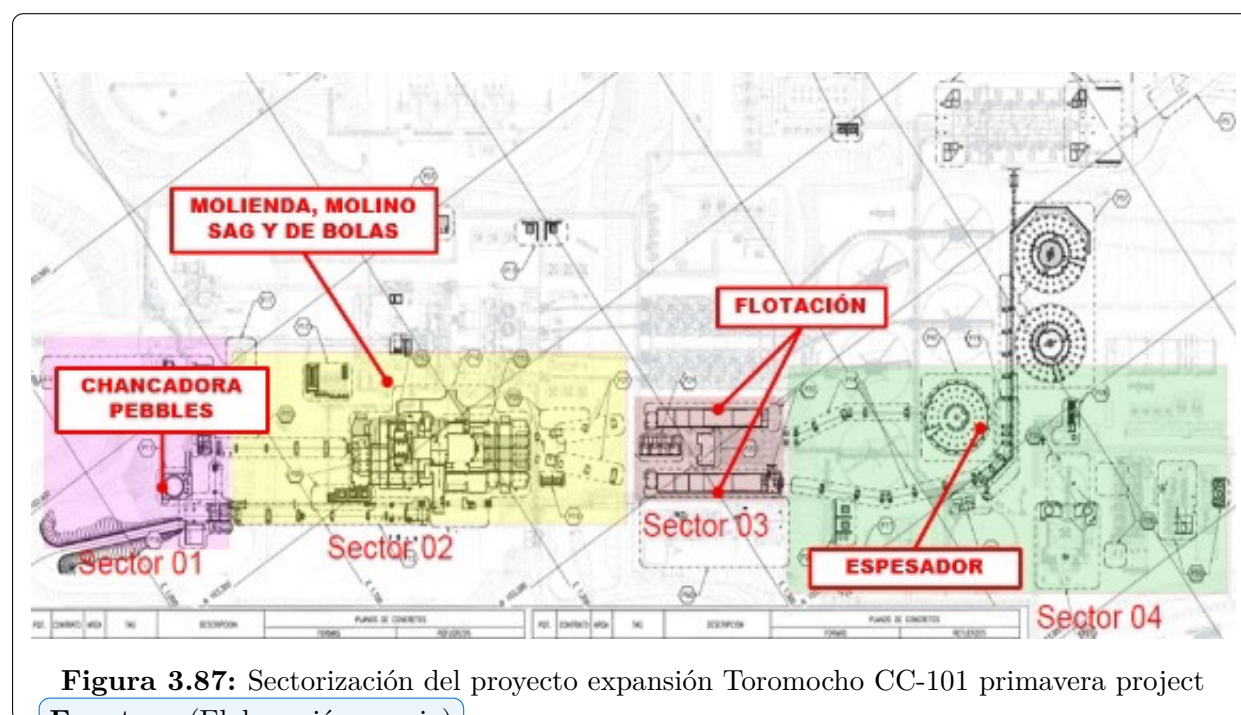
Fuente: (Elaboración propia)

3.11.8 Herramientas de monitoreo y control del cronograma

Para el monitoreo y control del cronograma bajo los lineamientos del PMI-PMBOK 6th se elaboró el cronograma del proyecto en el programa primavera project como se muestra en el anexo.

Sectorización de obra

Como estrategia de trabajo, y para una adecuada gestión de obra, se vio conveniente el dividir el proyecto en 04 sectores independientes inicialmente entre sí, estos sectores serían ejecutados de acuerdo al cronograma de trabajo presentado. Los sectores son: sector pebbles, sector molienda, sector flotación y sector espesadores.



Cronogramas línea base

El proyecto tuvo 05 líneas base, incluyendo la línea base 00 que corresponde al arranque. La línea base del cronograma de obra ha cambiado durante la ejecución del proyecto. Se elaboró el cronograma del proyecto ??

3.11.9 Gestión de costos

Para el control de la gestión de los costos del proyecto se utilizó la herramienta del método del resultado operativo (RO), el cual se utilizó para el cálculo de los márgenes de obra de cada mes, durante el proceso de ejecución del proyecto.

3.11.10 Grupo de procesos de planificación

Como parte del grupo de procesos de planificación, se elaboró el RO-0 de acuerdo a la línea base 0. Para la planificación del proyecto se desarrolló los siguientes procesos:

Grupo de procesos de planificación		Herramienta y técnica	Descripción de la implementación de la metodología
Gestión de costos	Planificar la gestión de los costos	RO	En el cual se definió la estructura de control de los costos.
	Estimar los costos	RO	Mediante el método del resultado operativo cero se estimó los costos y los márgenes de obra del proyecto.
	Desarrollar el presupuesto	RO	Como parte de la elaboración de los resultados operativos de cada mes, se desarrolló los presupuestos de ejecución de obra para cada mes.
Gestión del cronograma	Planificar la gestión del cronograma	LPS	Para la planificación del cronograma se implementó el sistema last planner.
	Definir las actividades	LPS	Las actividades se definieron en la programación maestra.
	Secuenciar las actividades	LPS	Las actividades se secuenciaron mediante la programación maestra y se reajustó en la programación del lookahead.
	Estimar la duración de las actividades	LPS	Para la estimación de la duración de actividades se empleó el lookahead y el PPC
	Desarrollar el cronograma	LPS	Se elaboró el cronograma de obra de acuerdo a las actualizaciones del lookahead.

Figura 3.88: Implementación de las herramientas y técnicas para la planificación del proyecto.

Fuente: (Elaboración propia)

3.11.11 Grupo de procesos de monitoreo y control

Para el monitoreo y control del proyecto se desarrolló los siguientes procesos:

Grupo de procesos de monitoreo y control		Herramienta y técnica	Descripción de la implementación de la metodología
Gestión de costos	Controlar los costos	RO	Como parte del control de los costos se calculó los márgenes de obra mediante el método del resultado operativo, así mismo se evaluaron los CPIs de cada mes mediante el análisis del valor ganado.
Gestión del cronograma	Controlar el cronograma	LPS	Para el control del cronograma se realizó el control de los PPC diarios, lookaheads, así como también se valoró los SPIs de cada mes mediante la metodología del valor ganado.

Figura 3.89: Implementación de las herramientas de monitoreo y control

Fuente: (Elaboración propia)

Resultado operativo cero - 2018

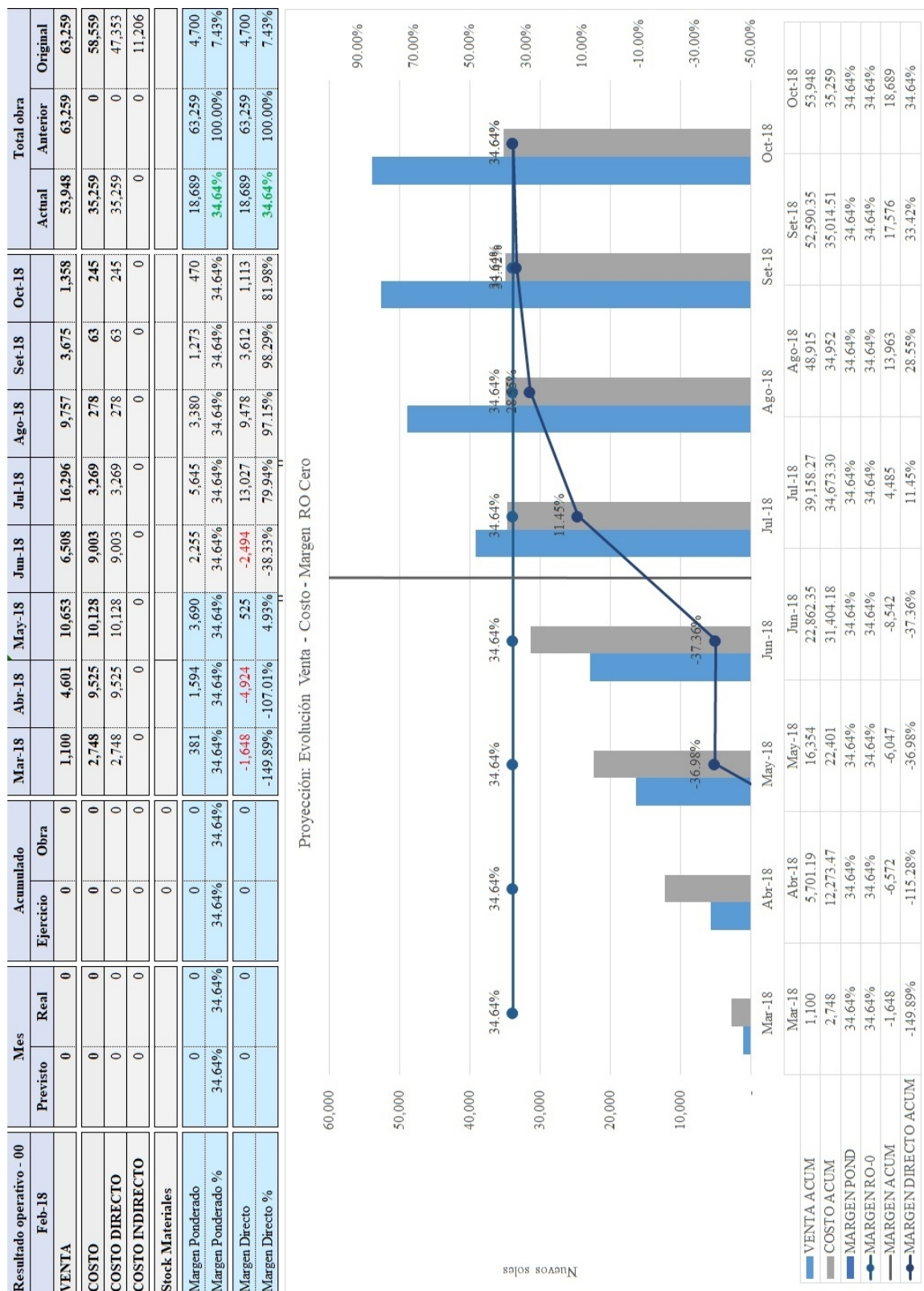


Figura 3.90: Resultado operativo cero

Fuente: (Elaboración propia)

Resultado operativo abril - 2018

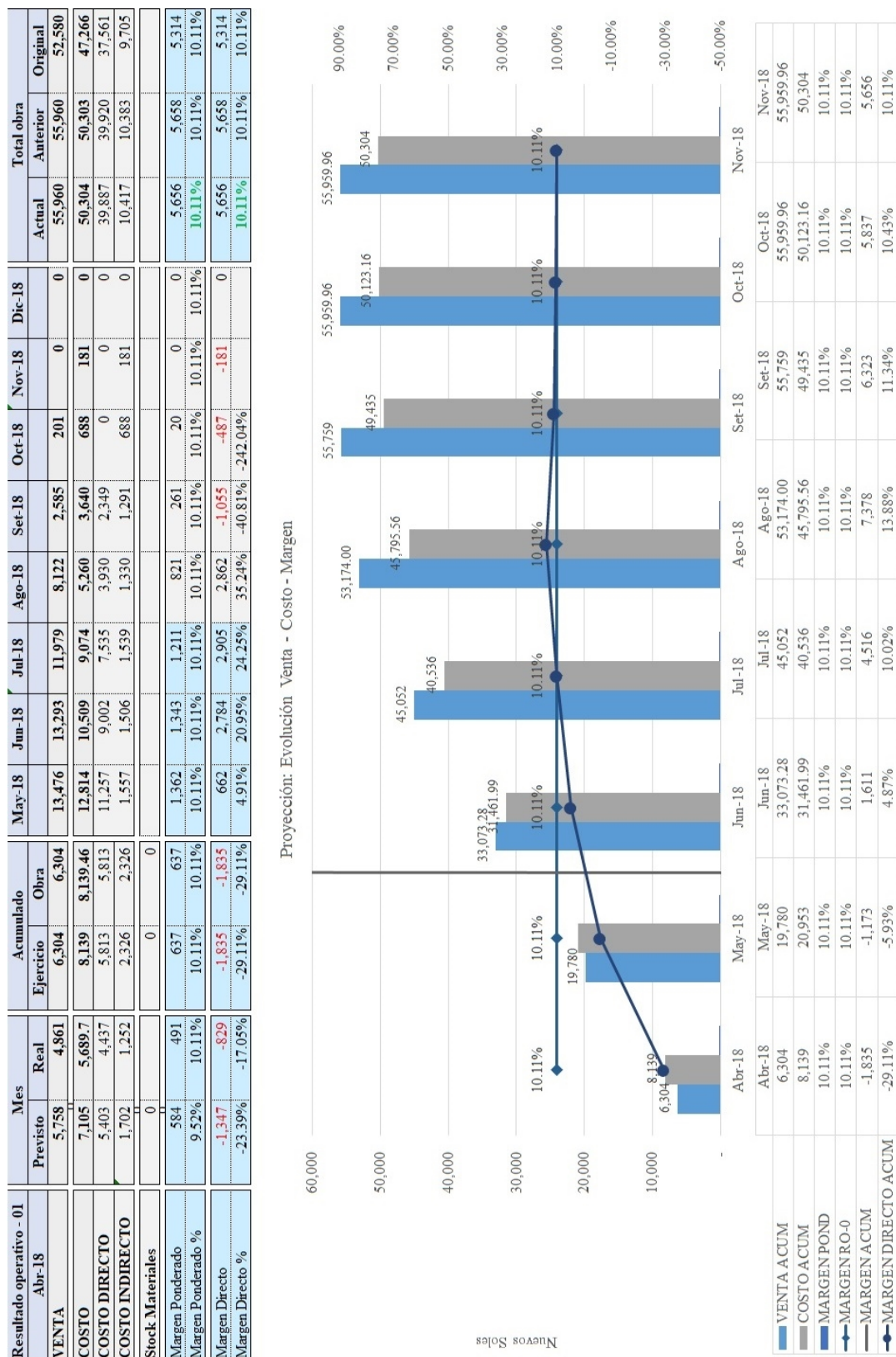


Figura 3.91: Resultado operativo - abril 2018

Fuente: (Elaboración propia)

Resultado operativo mayo - 2018

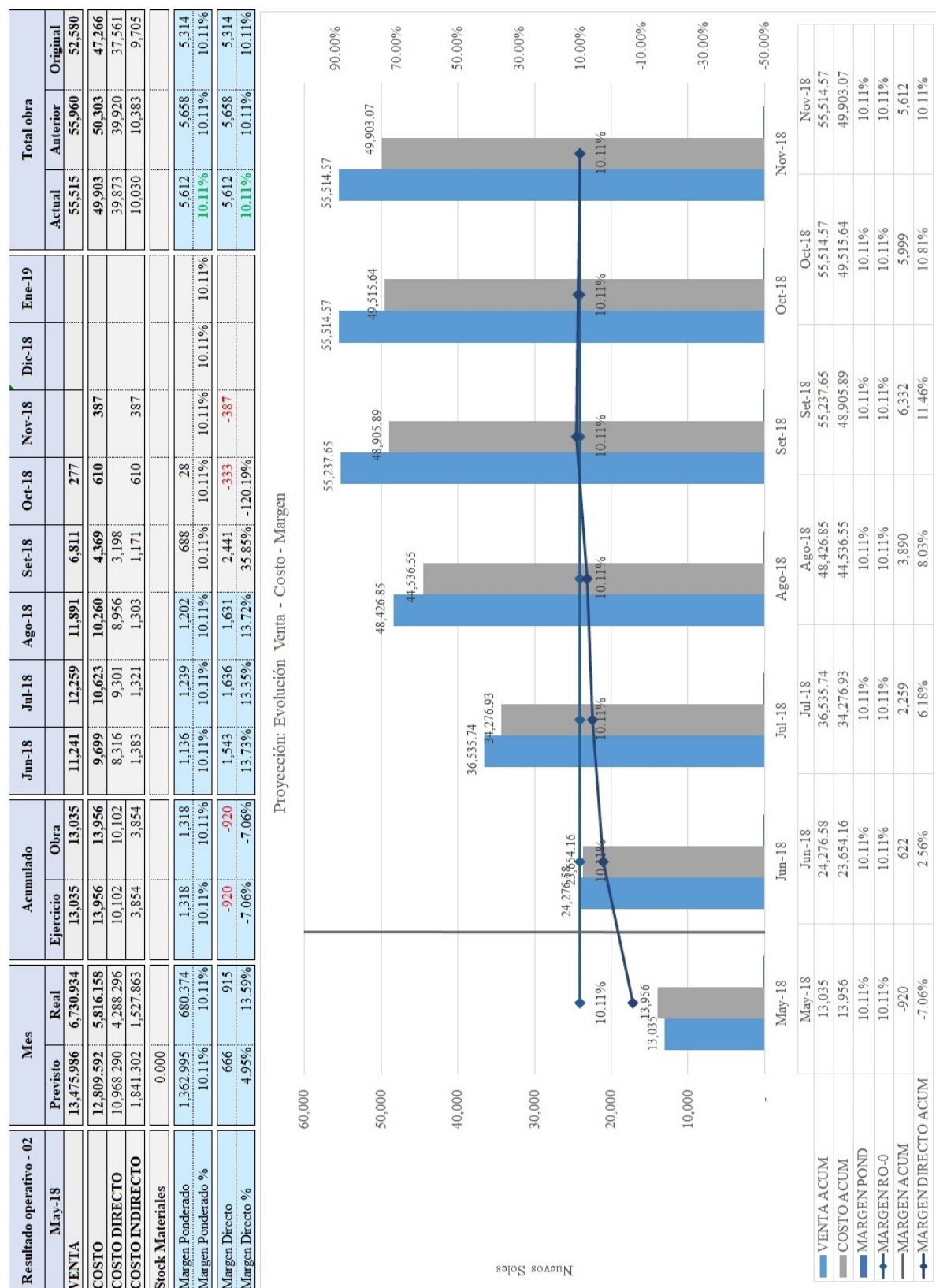


Figura 3.92: Resultado operativo - mayo 2018

Fuente: (Elaboración propia)

Resultado operativo junio - 2018

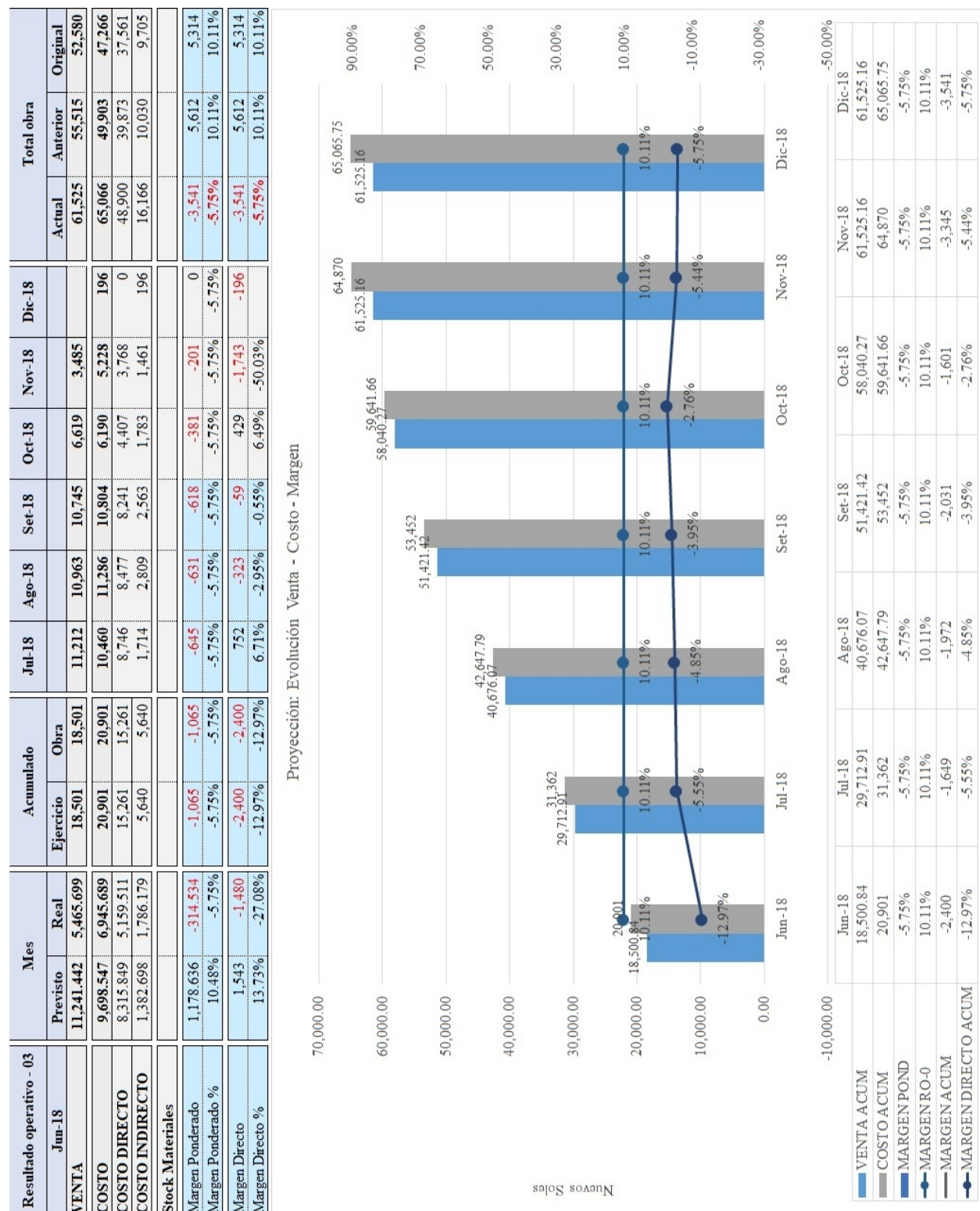


Figura 3.93: Resultado operativo - junio 2018

Fuente: (Elaboración propia)

Resultado operativo julio - 2018

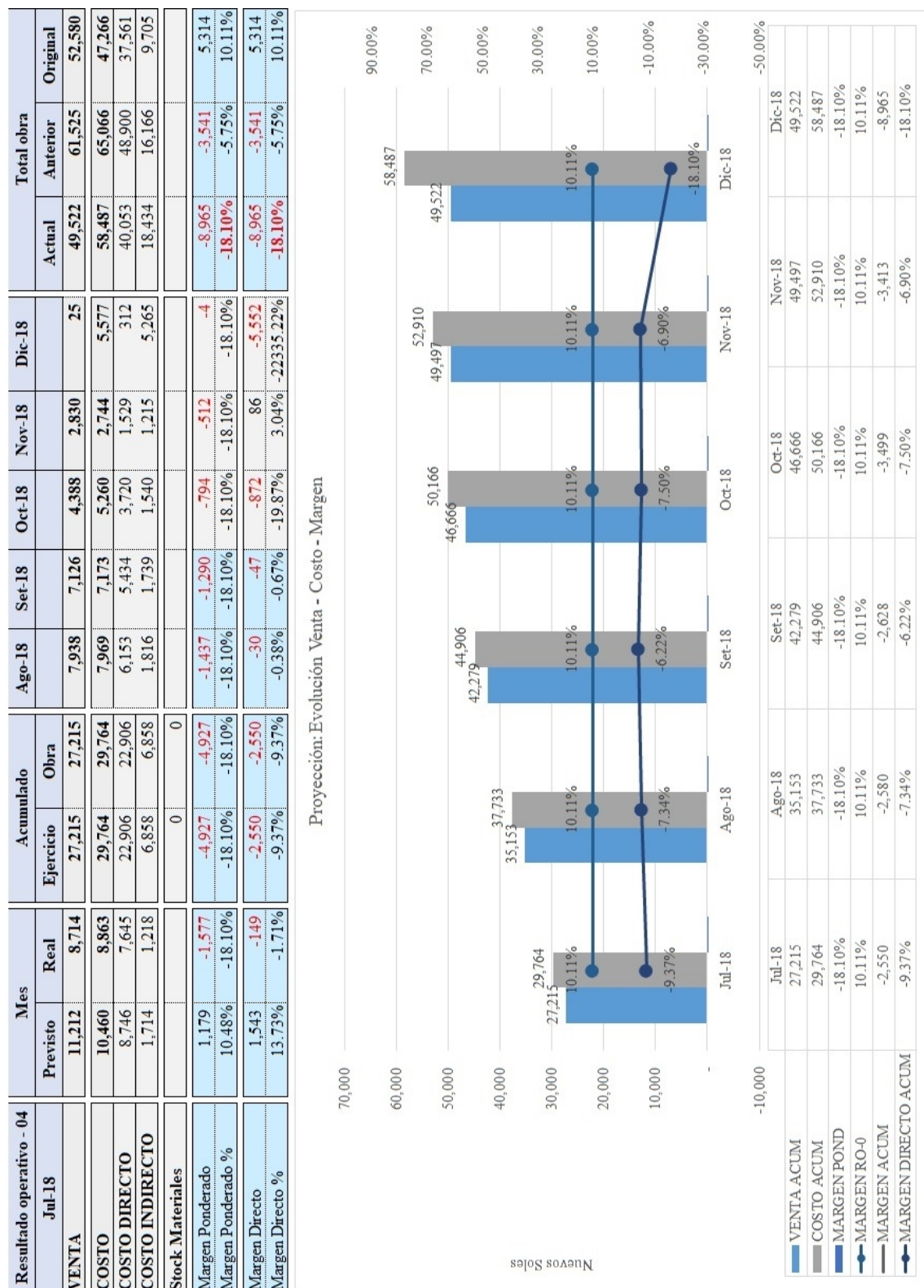


Figura 3.94: Resultado operativo - julio 2018

Fuente: (Elaboración propia)

Resultado operativo agosto - 2018

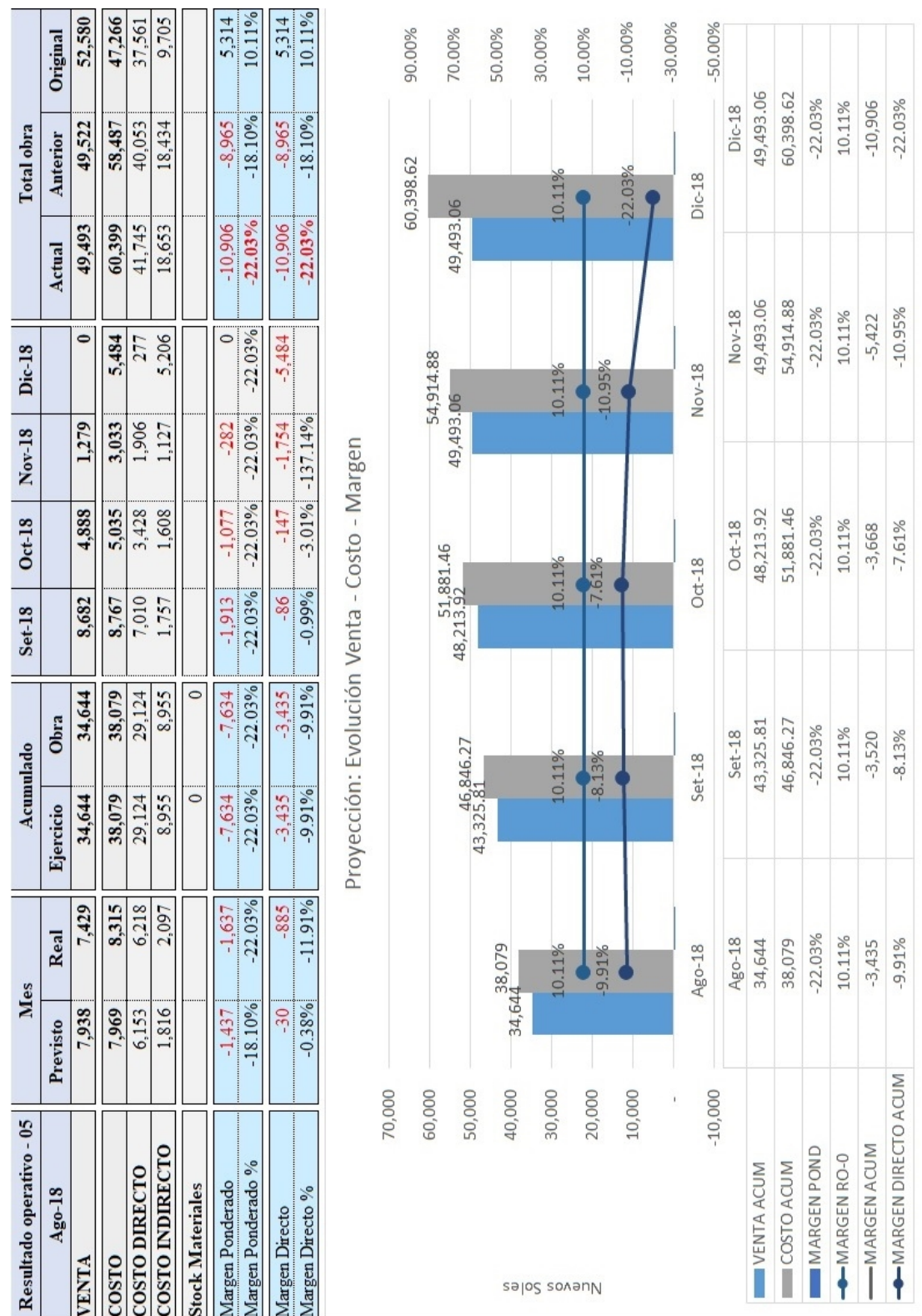


Figura 3.95: Resultado operativo - agosto 2018

Fuente: (Elaboración propia)

Resultado operativo setiembre - 2018

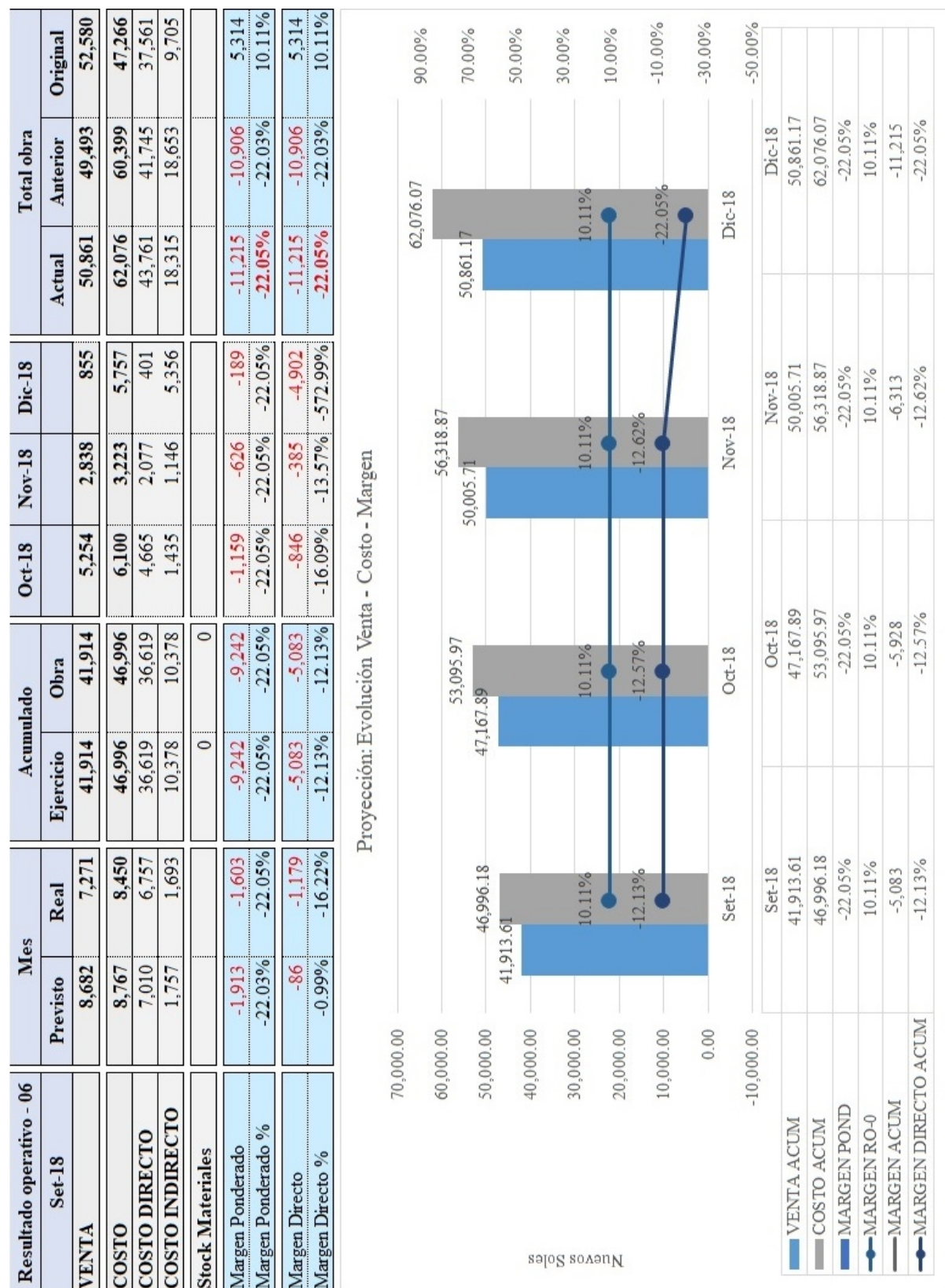


Figura 3.96: Resultado operativo - setiembre 2018

Fuente: (Elaboración propia)

Resultado operativo octubre - 2018

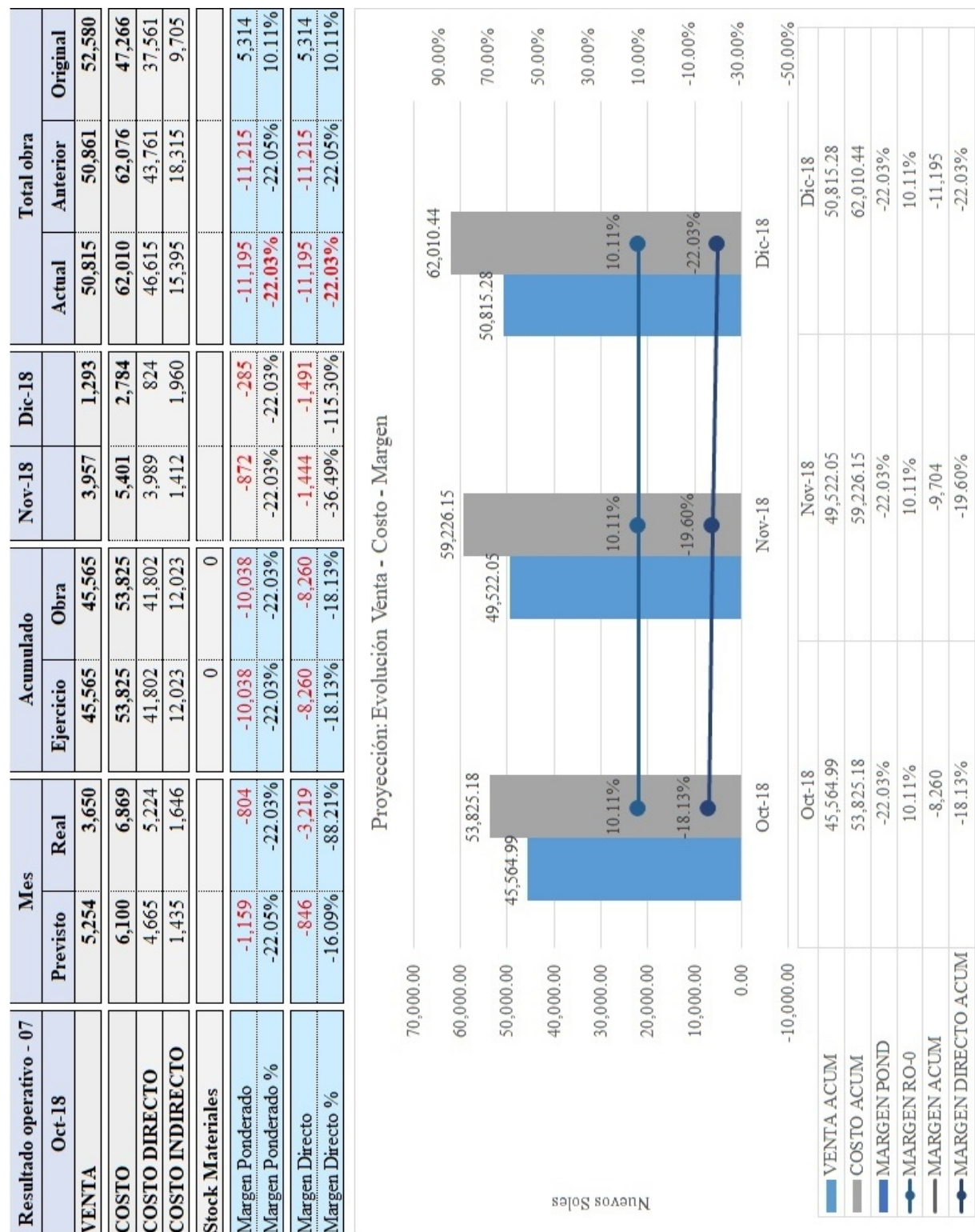


Figura 3.97: Resultado operativo - octubre 2018

Fuente: (Elaboración propia)

Resultado operativo noviembre - 2018

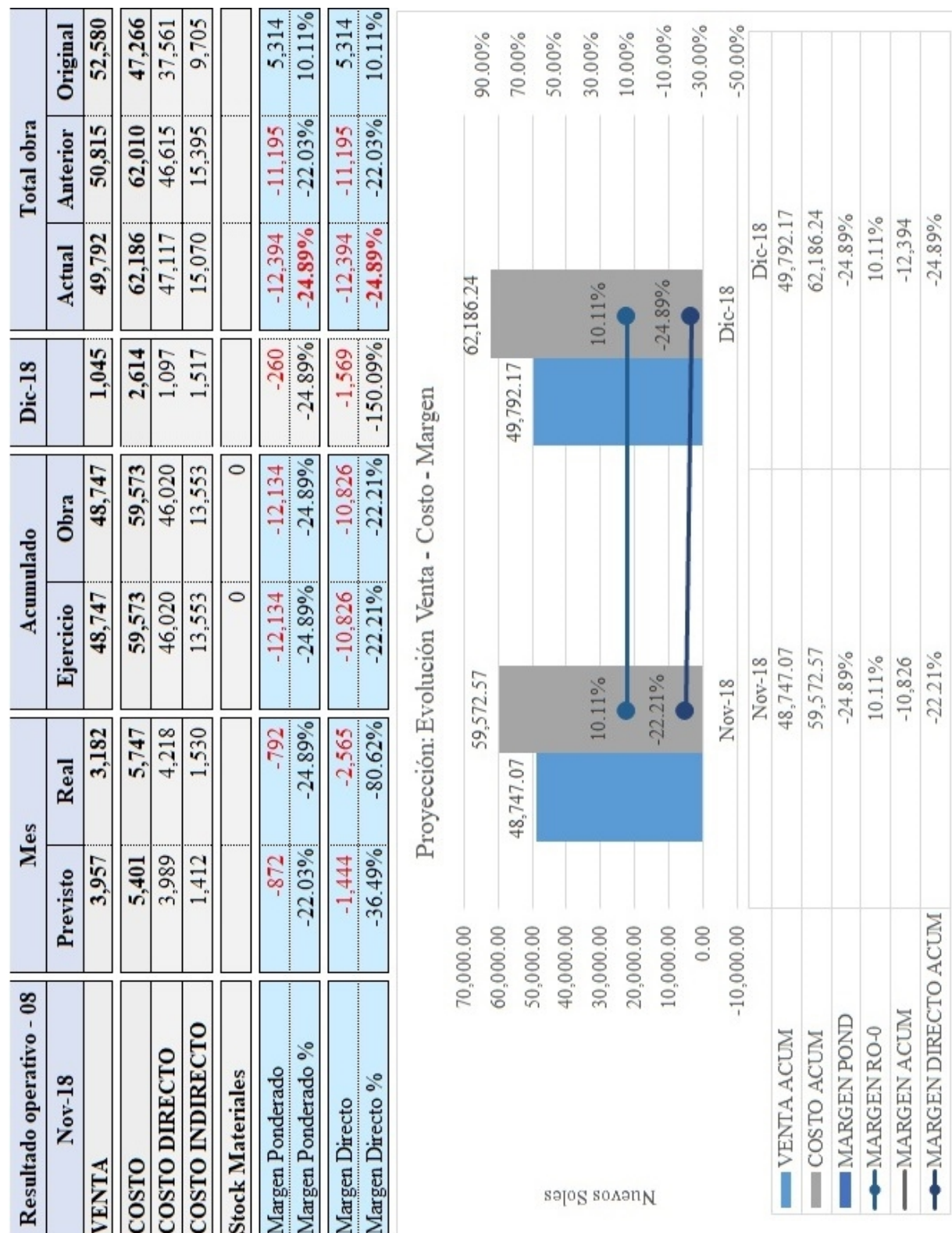


Figura 3.98: Resultado operativo - noviembre 2018

Fuente: (Elaboración propia)

Resultado operativo diciembre - 2018

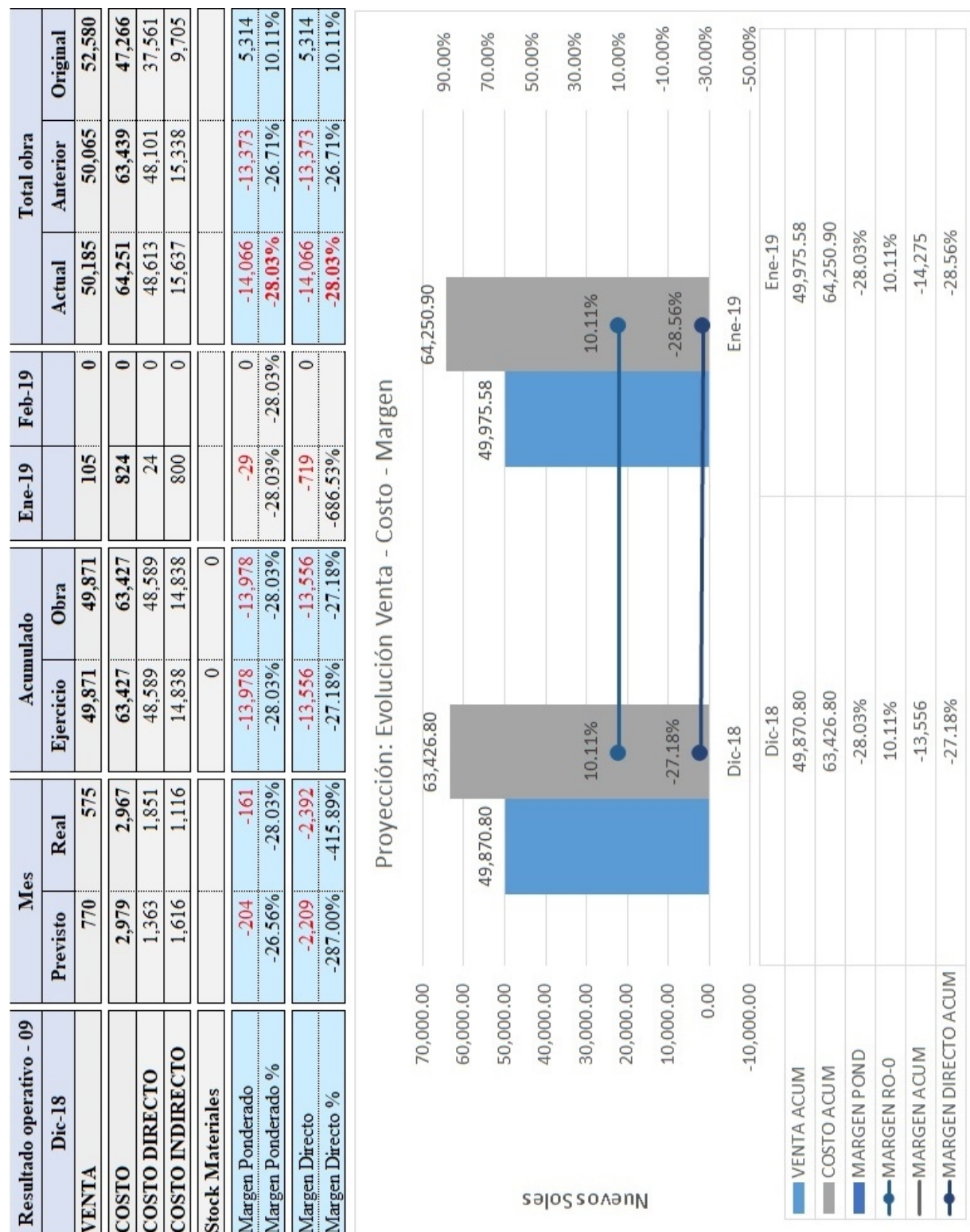


Figura 3.99: Resultado operativo - diciembre 2018

Fuente: (Elaboración propia)

Resultado operativo enero - 2019

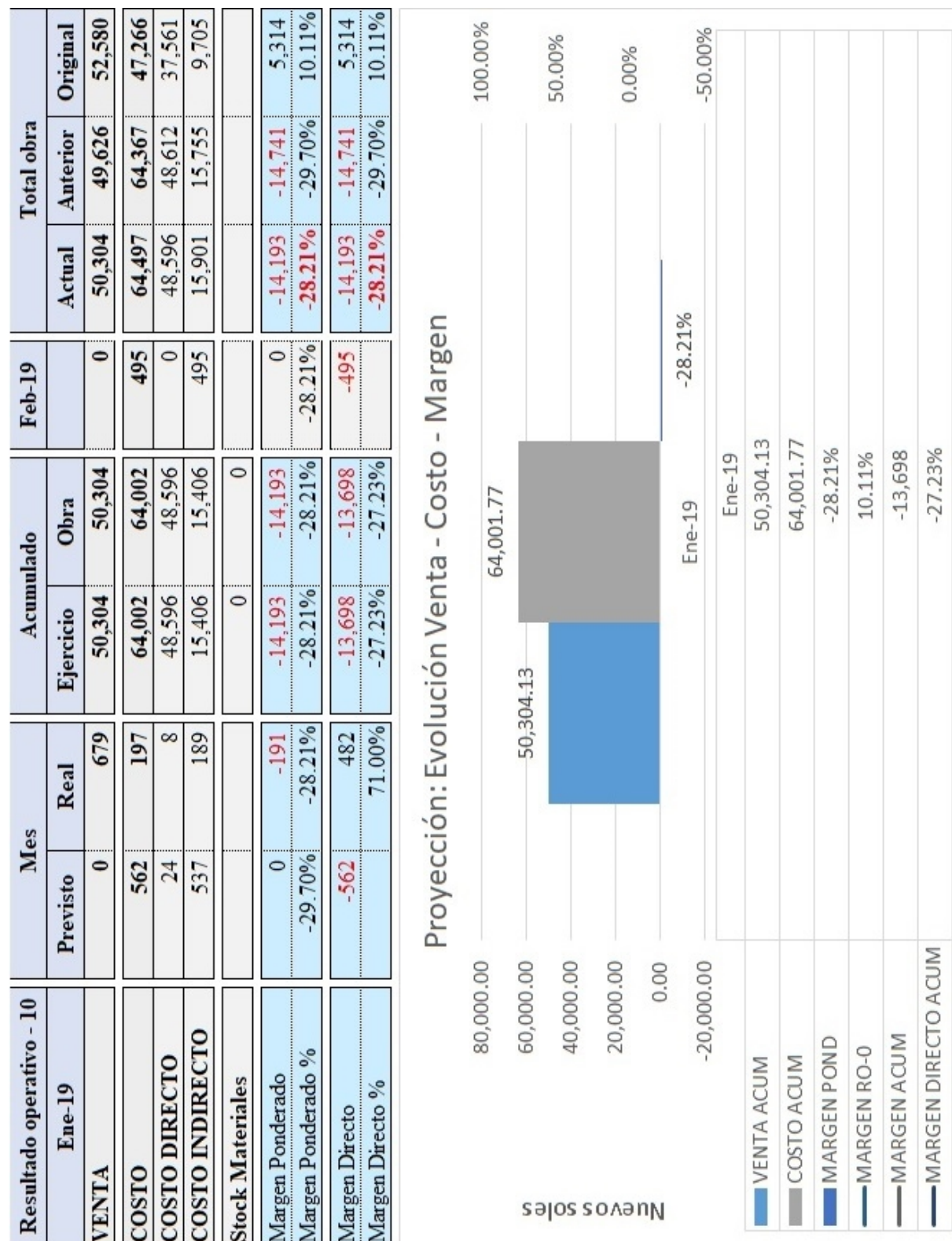


Figura 3.100: Resultado operativo - enero 2019

Fuente: (Elaboración propia)

Resultado operativo costo venta por fases

Fase	Sector	Descripción	Venta total obra	Margen total obra	Margen ponderado	Margen Fase
Fase 101	GENERAL	Obras Generales	5,777,365	2,131,532	-28.21%	36.89%
Fase 102		Obras Cíviles	1,752,039	-824,390	-28.21%	-47.05%
Fase 103		Obras Eléctricas	129,148	102,729	-28.21%	79.54%
Fase 104		Equipamiento Eléctrico	-4,882,328	-4,882,328	-28.21%	100.00%
Fase 201	PEBBLES	Excavaciones	103,880	-32,234	-28.21%	-31.03%
Fase 202		Rellenos	679,326	-164,049	-28.21%	-24.15%
Fase 203		Transporte	40,311	-15,367	-28.21%	-38.12%
Fase 204		Concreto	526,052	-372,523	-28.21%	-70.81%
Fase 205		Encofrado	130,935	-91,932	-28.21%	-70.21%
Fase 206		Acero	485,146	-348,876	-28.21%	-71.91%
Fase 207		Embebidos	130,827	-84,710	-28.21%	-64.75%
Fase 208		Obras Eléctricas	874,820	874,820	-28.21%	100.00%
Fase 209		Obras Complementarias	553,128	-302,237	-28.21%	-54.64%
Fase 301	MOLIENDA	Excavaciones	658,314	-271,705	-28.21%	-41.27%
Fase 302		Rellenos	1,812,777	305,956	-28.21%	16.88%
Fase 303		Transporte	1,102,867	-349,283	-28.21%	-31.67%
Fase 304		Concreto	2,450,477	-93,590	-28.21%	-3.82%
Fase 305		Encofrado	1,224,833	-426,852	-28.21%	-34.85%
Fase 306		Acero	8,551,365	-5,891,873	-28.21%	-68.90%
Fase 307		Embebidos	2,784,237	-2,012,443	-28.21%	-72.28%
Fase 308		Obras Eléctricas	1,035,186	490,179	-28.21%	47.35%
Fase 309		Obras Complementarias	1,489,549	-198,792	-28.21%	-13.35%
Fase 401	FLOTACIÓN	Excavaciones	260,752	-226,135	-28.21%	-86.72%
Fase 402		Rellenos	280,181	-97,392	-28.21%	-34.76%
Fase 403		Transporte	167,903	-65,190	-28.21%	-38.83%
Fase 404		Concreto	14,128	-631,455	-28.21%	-4469.57%
Fase 405		Encofrado	52,928	-5,069	-28.21%	-9.58%
Fase 406		Acero	181,354	-141,803	-28.21%	-78.19%
Fase 407		Embebidos	49,569	-40,956	-28.21%	-82.62%
Fase 408		Obras Eléctricas	-	-	-28.21%	0.00%
Fase 409		Obras Complementarias	-	-	-28.21%	0.00%
Fase 501	ESPESADORES	Excavaciones	2,926,660	-1,273,489	-28.21%	-43.51%
Fase 502		Rellenos	-	-	-28.21%	0.00%
Fase 503		Transporte	906,039	-403,052	-28.21%	-44.49%
Fase 504		Concreto	-	-	-28.21%	0.00%
Fase 505		Encofrado	-	-	-28.21%	0.00%
Fase 506		Acero	-	-	-28.21%	0.00%
Fase 507		Embebidos	-	-	-28.21%	0.00%
Fase 508		Obras Eléctricas	-	-	-28.21%	0.00%
Fase 509		Obras Complementarias	-	-	-28.21%	0.00%
	VARIOS	Transporte de materiales	-	-1,143,293	-28.21%	0.00%
Fase 700		Descuento Comercial	-200,000	-200,000	-28.21%	100.00%
Fase 800		Movilización	276,924	-81,812	-28.21%	-29.54%
Fase 900		Desmovilización	276,924	189,867	-28.21%	68.56%
Riesgo		Riesgo	-	-	-28.21%	0.00%
Sede		Gastos Generales	10,984,607	-4,062,904	-28.21%	-36.99%
Utilidad		Utilidad	3,224,976	3,224,976	-28.21%	100.00%
TOTAL			46,813,195	-17,415,675		

Figura 3.101: Resultado operativo - costo venta por fases

Fuente: (Elaboración propia)

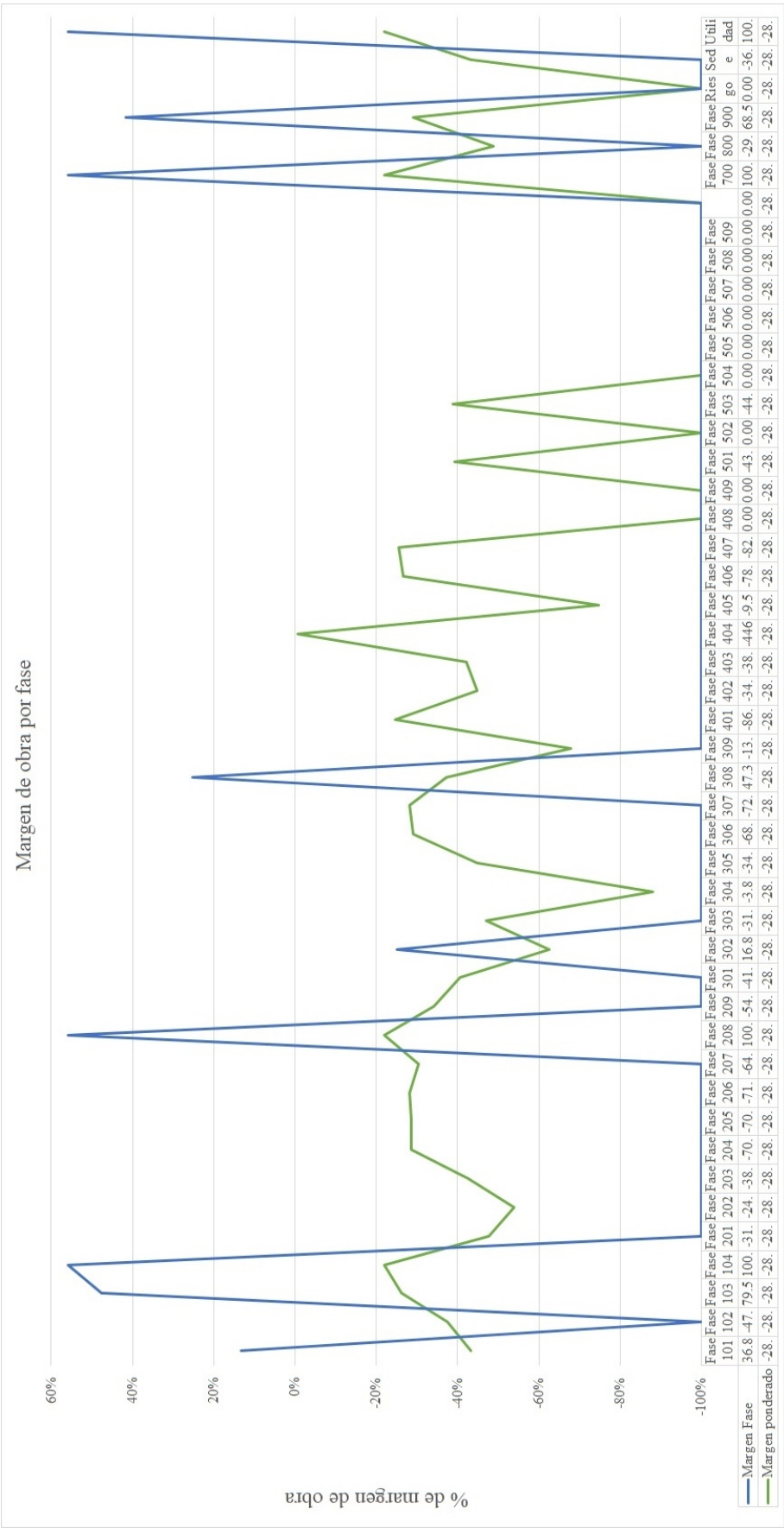


Figura 3.102: Resultado operativo - costo venta por fases

Fuente: (Elaboración propia)

RO análisis de riesgos

Se realizó una proyección de análisis de riesgos, para asumir los costos de contingencia.

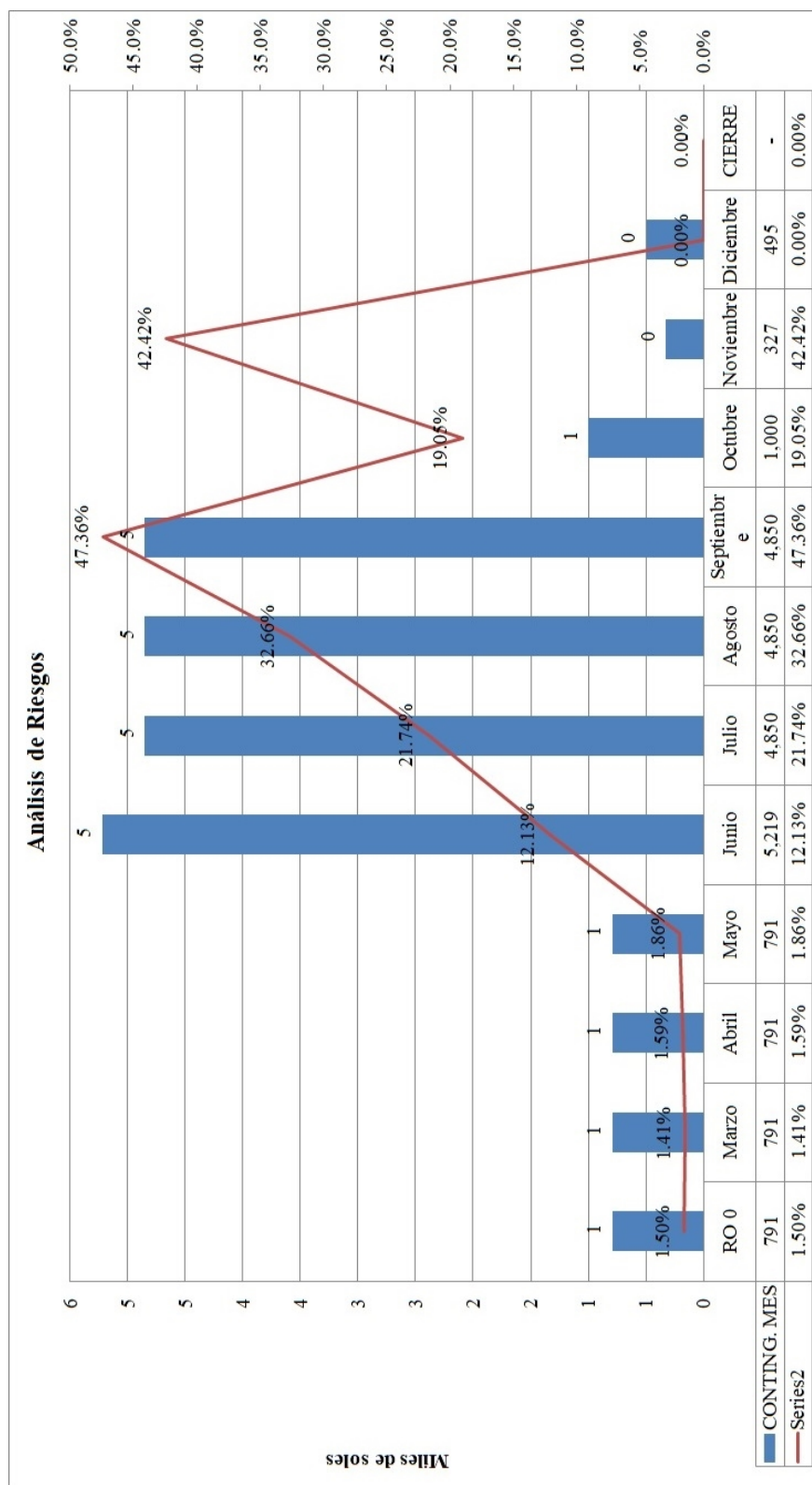


Figura 3.103: Resultado operativo - análisis de riesgos

Fuente: (Elaboración propia)

Evolución del resultado operativo

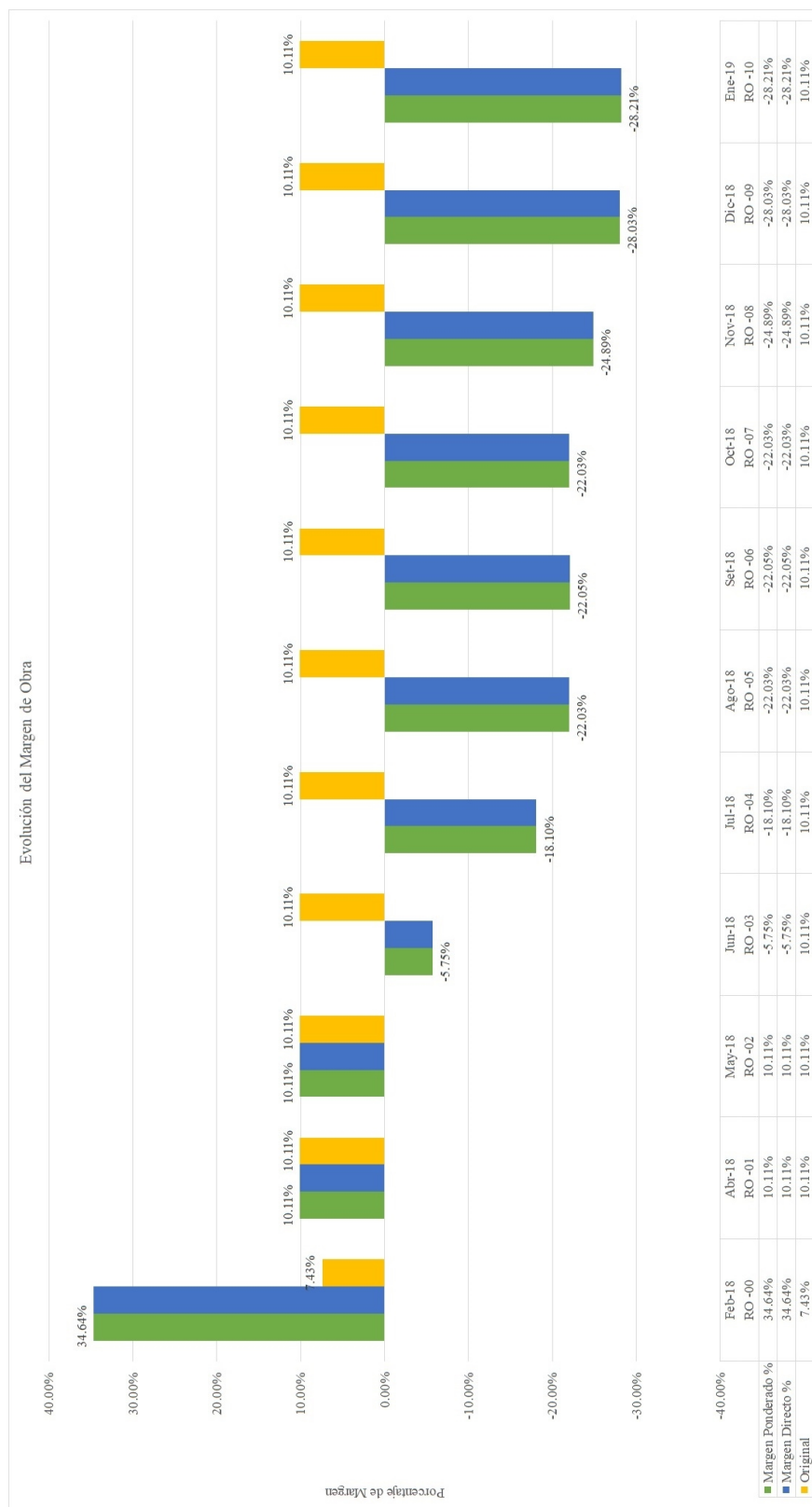


Figura 3.104: Evolución del margen de obra

Fuente: (Elaboración propia)

3.11.12 Análisis del valor ganado

De acuerdo a los resultados obtenidos de la aplicación de la metodología del last planner como herramienta de control del cronograma y los resultados de la aplicación del método del resultado operativo como herramienta de control de costos, se concluye lo siguiente:

- ☞ Se realizó un análisis del valor ganado mensualmente como se muestra en la tabla 3.15, observándose que durante los meses 01, 02 y 03 que el $TCPI > 1,0$, lo cual nos indica mayor dificultad para completar el proyecto puesto que se requiere mantener una eficiencia del 103 % para finalizar de acuerdo con lo planificado.
- ☞ Para el análisis del valor ganado se consideró las siguientes líneas base LB00, LB01, LB02 a, LB03(mar-18 a oct-18) y LB04 (nov-18 a ene-19), los cuales son producto de las diferentes órdenes de cambio (OC) presentados por el cliente en el cual se retiran y adicionan alcances.

Tabla 3.15: Análisis del valor ganado

Item	Mes	CPI	SPI	TCPI up	TCPI down	Target
Mes 01	Abril	0.76	1.00	1.03	0.76	1.00
Mes 02	Mayo	0.81	0.99	1.06	0.80	1.00
Mes 03	Junio	0.94	0.77	1.03	0.72	1.00
Mes 04	Julio	1.07	1.00	0.92	1.07	1.00
Mes 05	Agosto	1.04	0.99	0.91	1.03	1.00
Mes 06	Setiembre	1.04	0.98	0.70	1.02	1.00
Mes 07	Octubre	0.94	1.01	-3.02	0.95	1.00
Mes 08	Noviembre	0.90	1.00	0.09	0.90	1.00
Mes 09	Diciembre	0.85	1.00	0.06	0.85	1.00
Mes 10	Enero	0.85	1.00	0.06	0.85	1.00

Fuente: Elaboración propia

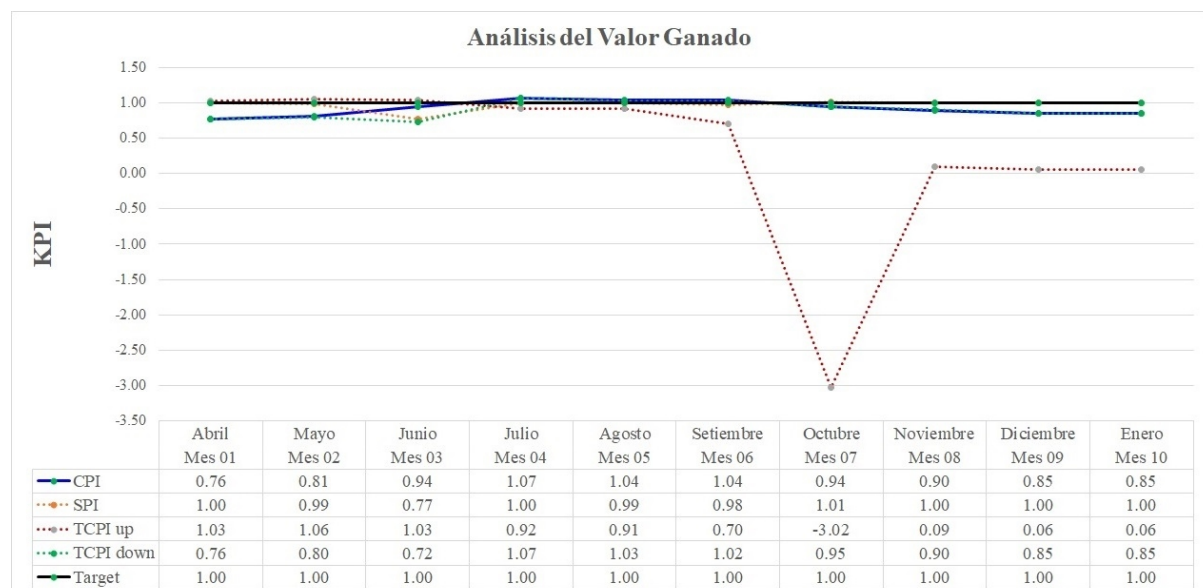


Figura 3.105: Análisis del valor ganado

Fuente: (Elaboración propia)

- De la figura 3.105 se puede verificar el rendimiento global de los diferentes índices de desempeño del método del valor ganado

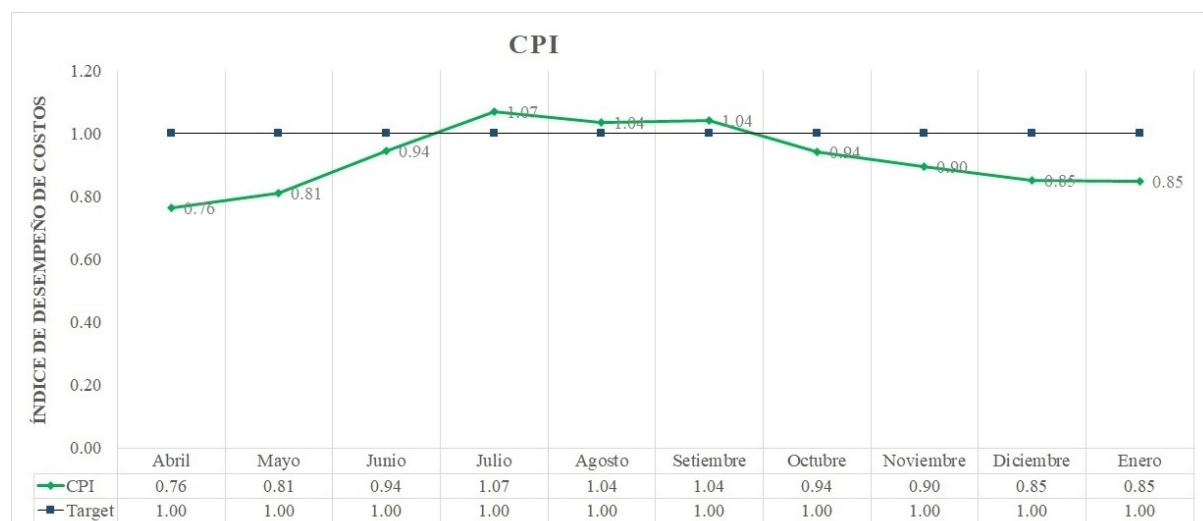


Figura 3.106: Análisis del valor ganado

Fuente: (Elaboración propia)

- De la figura 3.106 se concluye que el CPI durante los primeros 03 meses se perdió dinero debido a restricciones y dificultades principalmente en las partidas de excavación y colocación de acero, el cual fue compensado durante los meses de julio, agosto

y setiembre con la partida de vaciado de concreto. No obstante, habiendo una caída a partir del mes de octubre producto del retiro de alcance LB04.

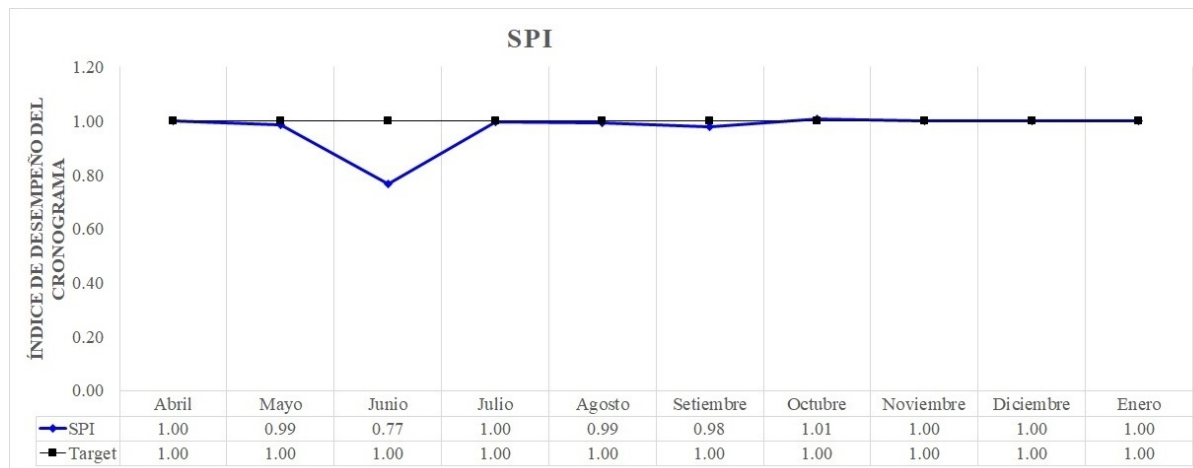


Figura 3.107: Análisis del valor ganado

Fuente: (Elaboración propia)

- Del análisis se obtiene que el SPI sólo tuvo una caída durante el mes de junio-18 lo cual se expresa en retrasos de cronograma, a causa de una falta de seguimiento a la procura de materiales (acero, embebidos y encofrados).

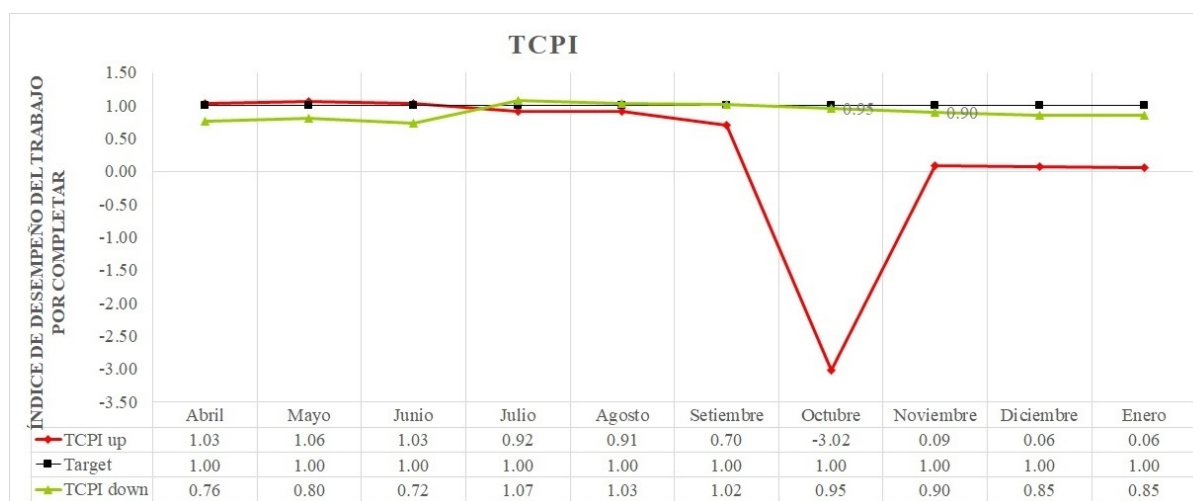


Figura 3.108: Análisis del valor ganado

Fuente: (Elaboración propia)

- ☞ El índice de desempeño del trabajo por completar (TCPI) de acuerdo al Análisis realizado mide el desempeño del costo que se debe alcanzar con los recursos restantes a fin de cumplir con los objetivos de gestión planificados.
- ☞ Se observa que sólo se tuvo dificultades durante los tres primeros meses del proyecto
- ☞ Finalmente De los resultados se puede concluir que la implementación del método del valor ganado bajo el enfoque del PMI-PMBOK no solo sirve para informar a la gerencia o al cliente, sino como herramienta para optimizar el proyecto, visualizar el desempeño de las diferentes áreas del proyecto: La planificación del proyecto, la administración de recursos y la ejecución de las actividades programadas.

Resultados

4.1 Contrastación de hipótesis

4.1.1 Conclusión general

Contrastación de la hipótesis general

Si se aplica el método del resultado operativo y el sistema last planner en la gestión de los costos y en la gestión del cronograma de acuerdo a los lineamientos del PMI en el proyecto expansión Toromocho, se obtendrá mejores índices de desempeño en el proyecto, producto de un adecuado monitoreo y control del cronograma y de los costos.

Enunciado de la conclusión general

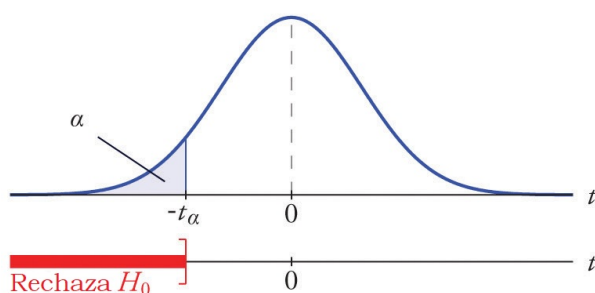
Al implementar el método del resultado operativo y el sistema last planner en la gestión de los costos y en la gestión del cronograma de acuerdo a los lineamientos del PMI en el proyecto expansión Toromocho CC-101 movimiento de tierra y concreto de la minera Chinalco Perú, se obtuvieron los índices de desempeños $CPI_{cierre} = 0,85$, $SPI_{cierre} = 1,00$ y $TCPI_{cierre} = 0,06$, los cuales validan la aplicación de las metodologías implementadas, al mostrar el estado financiero real del proyecto y el desempeño de la gestión del cronograma en cada mes de su evaluación, hasta el cierre del proyecto.

Mediante la prueba de hipótesis del test-z, se verificó estadísticamente los índices de desempeño mensuales, que se obtuvieron aplicando el método del resultado operativo, el sistema last planner y el análisis del valor ganado.

4.1.2 Conclusiones específicas

4.1.2.0 Conclusión específica 01

Validación de datos



Prueba de Hipótesis del Test-Z

$H_0 \Rightarrow \mu = 1,00$ Si $CPI > 1,00$

Representa el uso eficiente de los recursos con respecto a los costos.

$H_1 \Rightarrow < 1,00$

$\alpha = 0,05 \Rightarrow z = -1,645$ y

$\eta = 10$

$\bar{x} = 0,92$

$\sigma = 0,10$

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\sqrt{\frac{\sigma^2}{\eta}}}$$

$t = -2,40$

Contrastación de la hipótesis específica 01

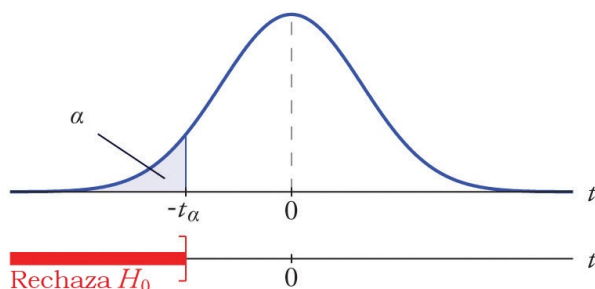
Si se implementa el método del resultado operativo en la gestión de los costos del proyecto expansión Toromocho CC-101 movimiento de tierra y concreto de la minera Chinalco Perú, se tendrá el estado financiero real del proyecto.

Enunciado de la conclusión específica 01

Al implementar el método del resultado operativo en la gestión de los costos del proyecto expansión Toromocho CC-101 movimiento de tierra y concreto de la minera Chinalco Perú, se obtuvo el estado financiero real del proyecto, el cual se desarrolló durante el periodo de investigación (10 meses). De acuerdo al análisis del valor ganado se obtuvo un $CPI_{promedio} = 0,92$, lo que significa que los costos estuvieron por encima de la cantidad presupuestada para el trabajo realizado. Esto se debió principalmente a que durante la ejecución de la obra el cliente (Minera Chinalco Perú S.A.) retiró alcances al proyecto, reflejándose en el margen del proyecto para la contratista, motivo por el cual el proyecto cerró con un $CPI_{cierre} = 0,85$.

4.1.2.0 Conclusión Específica 02

Conclusión específica 02



Prueba de Hipótesis del Test-Z

$H_0 \Rightarrow \mu = 1,00$ Si $SPI > 1,00$

Representa que si se hace un uso eficiente del cronograma

$H_1 \Rightarrow < 1,00$

$\alpha = 0,05 \Rightarrow z = -1,645$ y

$\eta = 10$

$\bar{x} = 0,97$

$\sigma = 0,07$

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\sqrt{\frac{\sigma^2}{\eta}}}$$

$t = -1,17$ Se acepta la hipótesis

H_0

Contrastación de la hipótesis específica 02

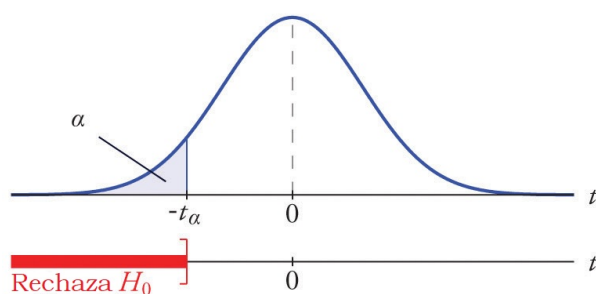
Si se implementa el sistema last planner en la gestión del cronograma del proyecto expansión Toromocho CC-101 movimiento de tierra y concreto de la minera Chinalco Perú, se obtendrá mejores índices de gestión del cronograma.

Enunciado de la conclusión específica 02

Al implementar sistema last planner en la gestión del cronograma del proyecto expansión Toromocho CC-101 movimiento de tierra y concreto de la minera Chinalco Perú, se obtuvo mejores índices de gestión del cronograma durante la etapa de ejecución de obra, obteniéndose un $SPI_{cierre} = 1,00$, lo que significa que el proyecto culminó exactamente de acuerdo al cronograma. El trabajo hecho hasta el cierre representa lo mismo que el trabajo planificado a ser realizado. De esta manera se ha verificado la idoneidad de la metodología del sistema last planner.

4.1.2.0 Conclusión específica 03

Conclusión específica 03



Prueba de hipótesis del test-z

$H_0 \Rightarrow \mu = 1,00$ Si $TCPI < 1,00$

Cuantifica la facilidad de completar el proyecto.

$H_1 \Rightarrow > 1,00$

$\alpha = 0,05 \Rightarrow z = -1,645$ y

$\eta = 10$

$\bar{x} = 0,92$

$\sigma = 1,24$

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\sqrt{\frac{\sigma^2}{\eta}}}$$

$t = -1,83$ Se acepta la hipótesis

H_0

Contrastación de la hipótesis específica 03

Si se implementa la metodología del valor ganado integrando los resultados del método del resultado operativo y el sistema last planner, se tendrá un control detallado del desempeño del trabajo por completar.

Enunciado de la conclusión específica 03

Al implementar la metodología del valor ganado integrando los resultados del método del resultado operativo y el sistema last planner, se obtuvo un control detallado del desempeño del trabajo por completar $TCPI_{cierre} = 0,06$, lo que representa la medida del costo que se alcanzó con los recursos restantes a fin de cumplir con el objetivo de gestión especificado en los alcances del proyecto.

4.2 Análisis e interpretación

4.2.1 Gestión de costos y gestión del cronograma

La metodología del sistema last planner se fundamentó en la elaboración de herramientas de control (cronograma, lookahead, análisis de restricciones, PPC).

4.2.1.0 Implementación de la metodología del RO y el LPS

- Paso 01: Se transformó todos los metrados en costos.
- Paso 02: Se definió 06 sectores del proyecto.
- Paso 03: Se agrupó en fases para cada sector del proyecto.
- Paso 04: Se elaboró el lookahead 4WLA.
- Paso 05: Se realizó el control del PPC.
- Paso 06: Se determinó la venta y el costo del proyecto del mes.
- Paso 07: Se determinó el margen ponderado y el margen directo.
- Paso 08: Se realizó las proyecciones para los meses siguientes.
- Paso 09: Se realizó el análisis del valor ganado del mes CPI, SPI y TCPI.

Tabla 4.1: Fases sector molienda

Sector molienda	
Fase 301	Excavaciones
Fase 302	Rellenos
Fase 303	Transporte
Fase 304	Concreto
Fase 305	Encofrado
Fase 306	Acero
Fase 307	Embebidos
Fase 308	Obras eléctricas
Fase 309	Obras complementarias

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.2: Fases sector pebbles

Sector chancado de pebbles	
Fase 201	Excavaciones
Fase 202	Rellenos
Fase 203	Transporte
Fase 204	Concreto
Fase 205	Encofrado
Fase 206	Acero
Fase 207	Embebidos
Fase 208	Obras eléctricas
Fase 209	Obras complementarias

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.3: Fases sector flotación

Sector flotación	
Fase 401	Excavaciones
Fase 402	Rellenos
Fase 403	Transporte
Fase 404	Concreto
Fase 405	Encofrado
Fase 406	Acero
Fase 407	Embebidos
Fase 408	Obras eléctricas
Fase 409	Obras complementarias

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.4: Fases sector espesadores

Sector espesadores	
Fase 501	Excavaciones
Fase 502	Rellenos
Fase 503	Transporte
Fase 504	Concreto
Fase 505	Encofrado
Fase 506	Acero
Fase 507	Embebidos
Fase 508	Obras eléctricas
Fase 509	Obras complementarias

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.5: Fases sector generales

Sector generales	
Fase 301	Excavaciones
Fase 302	Rellenos
Fase 303	Transporte
Fase 304	Concreto
Fase 305	Encofrado
Fase 306	Acero
Fase 307	Embebidos
Fase 308	Obras Eléctricas
Fase 309	Obras Complementarias

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.6: Fases sector otros

Sector otros	
Fase 301	Excavaciones
Fase 302	Rellenos
Fase 303	Transporte
Fase 304	Concreto
Fase 305	Encofrado
Fase 306	Acero
Fase 307	Embebidos
Fase 308	Obras eléctricas
Fase 309	Obras complementarias

Fuente: Elaboración propia

En suma, mediante la aplicación del sistema last planner se obtuvo el valor planificado (PV) de cada mes. Simultáneamente a través la aplicación del método del resultado operativo se determinó el valor ganado (EV), el costo real (AC) y el presupuesto hasta la conclusión (BAC). Por medio del análisis del valor ganado (EVA), se consolidó las metodologías del resultado operativo y el sistema last planner durante los meses del periodo de investigación, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.7: Interpretación de resultados

Parámetro	Fórmula	Mes 01 Abr.18	Mes 02 May.18	Mes 03 Jun.18	Mes 04 Jul.18	Mes 05 Ago.18	Metodología					
PV		8.65%	4,342,707.71	18.84%	9,459,903.27	45.25%	22,715,950.61	58.35%	29,291,443.37	73.99%	37,146,485.28	Sistema Last Planner
EV		8.65%	4,342,707.71	18.59%	9,332,487.95	34.70%	17,422,044.52	58.22%	29,230,492.47	73.54%	36,921,959.81	Método del Resultado Operativo
AC		5,689.71	5,689,706.86	5,816.16	11,505,865.19	6,945.69	18,451,554.45	8,863.19	27,314,741.79	8,314.53	35,629,267.23	Método del Resultado Operativo
BAC		50,203,627.31	50,203,627.31	50,203,627.31	50,203,627.31	50,203,627.31	50,203,627.31	50,203,627.31	50,203,627.31	50,203,627.31	50,203,627.31	Presupuesto Obra
CV	CV=EV-AC	-1,346,999.15	-2,173,377.24	-1,029,509.93	1,915,750.68	1,292,692.59	1,292,692.59	1,292,692.59	1,292,692.59	1,292,692.59	1,292,692.59	Análisis del Valor Ganado
SV	SV=EV-PV	0.00	-127,415.33	-5,293,906.09	-60,950.90	-224,525.47	-224,525.47	-224,525.47	-224,525.47	-224,525.47	-224,525.47	Análisis del Valor Ganado
VAC	VAC=BAC-EAC	-15,571,907.61	-12,379,527.81	-13,516,369.92	3,249,452.03	1,679,764.33	1,679,764.33	1,679,764.33	1,679,764.33	1,679,764.33	1,679,764.33	Análisis del Valor Ganado
CPI	CPI=EV/AC	0.76	0.81	0.94	1.07	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	Análisis del Valor Ganado
SPI	SPI=EV/PV	1.00	0.99	0.77	1.00	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	Análisis del Valor Ganado
EAC	EAC=BAC/CPI	65,775,534.92	61,895,195.71	53,170,278.71	46,913,308.70	48,445,923.85	48,445,923.85	48,445,923.85	48,445,923.85	48,445,923.85	48,445,923.85	Análisis del Valor Ganado
	EAC=AC+BAC-EV	51,550,626.46	52,377,004.56	51,233,137.24	48,287,876.63	48,910,934.73	48,910,934.73	48,910,934.73	48,910,934.73	48,910,934.73	48,910,934.73	Análisis del Valor Ganado
	EAC=AC+ETC	65,775,534.92	61,895,195.71	53,170,278.71	46,913,308.70	48,445,923.85	48,445,923.85	48,445,923.85	48,445,923.85	48,445,923.85	48,445,923.85	Análisis del Valor Ganado
	EAC=AC+[(BAC-EV)/(CPI*SPI)]	65,775,534.92	62,583,155.12	63,719,997.24	46,954,175.28	48,523,862.99	48,523,862.99	48,523,862.99	48,523,862.99	48,523,862.99	48,523,862.99	Análisis del Valor Ganado
ETC	ETC=EAC-AC	60,085,828.06	50,389,330.52	34,718,724.26	19,598,566.92	12,816,656.62	12,816,656.62	12,816,656.62	12,816,656.62	12,816,656.62	12,816,656.62	Análisis del Valor Ganado
TCPI	TCPI=(BAC-EV)/(BAC-AC)	1.03	1.06	1.03	0.92	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	Análisis del Valor Ganado
	TCPI=(BAC-EV)/(EAC-AC)	0.76	0.80	0.72	1.07	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	Análisis del Valor Ganado

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.8: Interpretación de resultados

Parámetro	Fórmula	Mes 06 Set.18	Mes 07 Oct.18	Mes 08 Nov.18	Mes 09 Dic.18	Mes 10 Ene.19	Metodología
PV		93.62% 46,999,122.73	94.82% 47,602,363.91	99.88% 50,729,125.00	100.00% 50,789,971.39	100.00% 50,789,971.39	Sistema Last Planner
EV		91.47% 45,923,319.54	95.51% 47,950,017.39	100.00% 50,789,971.39	100.00% 50,789,971.39	100.00% 50,789,971.39	Método del Resultado Operativo
AC		8,450.49 44,079,761.26	6,869.39 50,949,146.81	5,747.39 56,696,538.34	2,966.92 59,663,458.44	196.79 59,860,253.16	Método del Resultado Operativo
BAC		50,203,627.31	50,203,627.31	50,203,627.31	50,203,627.31	50,203,627.31	Presupuesto Obra
CV	CV=EV-AC	1,843,558.28	-2,999,129.42	-5,906,566.95	-8,873,487.06	-9,070,281.77	Análisis del Valor Ganado
SV	SV=EV-PV	-1,075,803.19	347,653.48	60,846.39	0.00	0.00	Análisis del Valor Ganado
VAC	VAC=BAC-EAC	1,919,142.61	-3,122,724.54	-5,839,162.81	-8,771,047.22	-8,965,570.04	Análisis del Valor Ganado
CPI	CPI=EV/AC	1.04	0.94	0.90	0.85	0.85	Análisis del Valor Ganado
SPI	SPI=EV/PV	0.98	1.01	1.00	1.00	1.00	Análisis del Valor Ganado
EAC	EAC=BAC/CPI	48,188,239.19	53,343,713.26	56,042,005.99	58,974,674.53	59,169,197.35	Análisis del Valor Ganado
	EAC=AC+BAC-EV	48,360,069.03	53,202,756.73	56,110,194.27	59,077,114.37	59,273,909.09	Análisis del Valor Ganado
	EAC=AC+ETC	48,188,239.19	53,343,713.26	56,042,005.99	58,974,674.53	59,169,197.35	Análisis del Valor Ganado
	EAC=AC+[(BAC-EV)/(CPI*SPI)]	48,284,484.71	53,326,351.86	56,042,790.12	58,974,674.53	59,169,197.35	Análisis del Valor Ganado
ETC	ETC=EAC-AC	4,108,477.93	2,394,566.45	-654,532.35	-688,783.91	-691,055.80	Análisis del Valor Ganado
TCPI	TCPI=(BAC-EV)/(BAC-AC)	0.70	-3.02	0.09	0.06	0.06	Análisis del Valor Ganado
	TCPI=(BAC-EV)/(EAC-AC)	1.02	0.95	0.90	0.85	0.85	Análisis del Valor Ganado

Fuente: Elaboración Propia

Conclusiones

Las conclusiones del presente trabajo de investigación, se ha enfocado en la aplicación de las mejores herramientas de control de costos y planeamiento en proyectos construcción con el objetivo de implementar el método del resultado operativo, el sistema last planner en proyectos de construcción y el análisis del valor ganado.

5.1 Conclusiones

☞ Al implementar el método del resultado operativo y el sistema last planner en la gestión de los costos y la gestión del cronograma de acuerdo a los lineamientos del PMI en el proyecto expansión Toromocho CC-101 movimiento de tierra y concreto de la minera Chinalco Perú, se obtuvieron los índices de desempeños $CPI_{cierre} = 0,85$, $SPI_{cierre} = 1,00$ y $TCPI_{cierre} = 0,06$, los cuales validan la aplicación de las metodologías aplicadas. En resumen, mediante la prueba de hipótesis del test-z, se verificó estadísticamente los índices de desempeño mensuales que se obtuvieron de la aplicación del método del resultado operativo, el sistema last planner y el análisis del valor ganado.

☞ Al implementar el método del resultado operativo en la gestión de los costos del proyecto expansión Toromocho CC-101 movimiento de tierra y concreto de la minera Chinalco Perú, se obtuvo el estado financiero real del proyecto el cuál se desarrolló durante el periodo de investigación (10 meses).

De acuerdo al análisis del valor ganado se obtuvo un $CPI_{promedio} = 0,92$, lo que significa que los costos estuvieron por encima de la cantidad presupuestada para el trabajo realizado. Esto se debió principalmente a que durante la ejecución del proyecto el cliente (Minera Chinalco Perú S.A.) retiró alcances al proyecto, así pues esto se reflejó en el margen del proyecto (-28.21 %) para la contratista, motivo por el cual el proyecto cerró con un $CPI_{cierre} = 0,85$.

- ☞ Al implementar sistema last planner en la gestión del cronograma del proyecto expansión Toromocho CC-101 movimiento de tierra y concreto de la minera Chinalco Perú, se obtuvo mejores índices de gestión del cronograma durante la etapa de ejecución de obra, obteniéndose un $SPI_{cierre} = 1,00$ y un $\%PPC_{acumulado} = 68\%$ lo que significa que el proyecto culminó exactamente de acuerdo con el cronograma y que el trabajo hecho hasta el cierre representa lo mismo que el trabajo planificado a ser realizado. De esta manera se ha verificado la idoneidad de la metodología del sistema last planner
- ☞ Al realizar el análisis del valor ganado integrando los resultados del método del resultado operativo y el sistema last planner, se obtuvo un control detallado del desempeño del trabajo por completar $T CPI_{cierre} = 0,06$ lo que representa la medida del costo que se alcanzó con los recursos restantes a fin de cumplir con un objetivo de gestión especificado.

5.2 Recomendaciones

- ☞ Se recomienda llevar un monitoreo y control del SPI diariamente (PPC), semanalmente (lookahead) y mensualmente de acuerdo a los niveles de programación del sistema last planner. No obstante, se sugiere el control del CPI mensualmente de acuerdo a los resultados del RO.
- ☞ Se sugiere tener bien definido las partidas de control (fases) para el proceso de faseo del RO puesto que depende de una buena agrupación, llevar un buen control de costos, así mismo el número de fases no debe ser superior a 10 por cada sector de trabajo, para un mejor control.
- ☞ La estructura de costos a elegir debe ser acorde a la magnitud del proyecto, partidas a ejecutar y el nivel de detalle exigido por el cliente, ya que éste último definirá los entregables y la periodicidad de reporte.
- ☞ Las proyecciones mensuales del RO deben considerar todas las provisiones de venta y costo, se aconseja realizar un análisis Montecarlo para determinar los costos de riesgos y contingencias para una mejor precisión.
- ☞ La venta y los costos presentados en el resultado operativo deben ser verificados conjuntamente con el área de contabilidad de la empresa, para no tener diferencias entre la fecha de corte y el último día del mes.

- ☞ Para la elaboración del resultado operativo se requiere la participación dinámica de las diferentes áreas del proyecto, siendo necesarias los reportes de almacén de obra, administración de obra, producción, administración de contratos, gerencia y oficina técnica o dado el caso del proyecto.

5.3 Trabajos futuros

Futuras líneas de investigación

- ☞ Dentro de la investigación realizada se implementó el sistema BIM mediante el software Naviswork el cual sólo se usó para determinar las interferencias presentes durante los trabajos de pipping en el sector de pebbles, sector molienda y en las excavaciones del sector de espesadores, más no se implementó a todo el proyecto. Queda a futuras investigaciones complementar las metodologías desarrolladas en esta investigación al building information modeling (BIM), conjuntamente a la estructura de costos y planeamiento (BIM-5D):

Last planner (lean construction) + resultado operativo (RO) + (BIM 5D)
--

- ☞ Se deja a futuras investigaciones la implementación del método del resultado operativo y el sistema last planner en proyectos de administración directa, en el cual se puede prever la presencia de muchas dificultades producto de la burocracia y en muchos casos la falta de personal cualificado.

Referencias bibliográficas

- Bacón Gutiérrez, J. M. (2016). *Resultado Operativo en la Construcción de un Edificio de oficinas LEED*. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima. 2016 ed.
- Briceño Balarezo, O. O. (2003). *Implantación del Sistema de Planeamiento y Control de Costos por procesos para empresas de Construcción*. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima. 2003 ed.
- Camino A. Maza, H., . (2008). *Implementing earned value technique and planning a complete system in a construction company*. Project Management Insitute. 2008.
- Carazas Cotrina, L. n. (2014). *Planificación y Control del Costo y Plazo de la Construcción del Proyecto de Oficinas Schreiber 220*. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. Pontificia Universidad Católica del Perú, lima. 2014 ed.
- Chambilla Chambilla, G. (2017). *Planeamiento y Control de Costos de la Obra Túnel de Desvío del Río Asana del Proyecto Minero Quellaveco - Moquegua aplicando el Resultado Operativo*. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad Nacional del Altiplano, Puno. 2017 ed.
- Chavarry Vallejos, C. M. (2010). *Control de Costos en Obras de Construcción Civil*. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero en Estadística e Informática. Universidad de San Martin de Porres, lima. 2010 ed.
- Cumsille Mendoza, P. F. (2006). *Programación de Obras Repetitivas con Singularidades*. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad de Chile, Chile. 2006 ed.
- Curipaco Jaime, H. (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 en el alcance, tiempo y costo*. Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil. Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho. 2015 ed.

- Cusicanqui Cáceres, P. I. (2015). *Gestión de Costos en Edificaciones*. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad Católica de Santa María, Arequipa. 2015 ed.
- Durand Torres, J. M. (2018). *Propuesta de gestión del planeamiento de obras de edificación mediante la metodología de líneas de flujo, el valor ganado y el resultado operativo proyectado en pequeñas y medianas empresas*. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. 2018 ed.
- Gerencia de Operaciones COSAPI, . (2014). *Manual de Gestión de Proyectos*. Gerencia de Operaciones COSAPI, Perú. 2014 Edición 02.
- Gerencia de Unidad de Construcción SMCG, . (2017). *Manual de Gestión para Proyectos de Construcción*. San Martin Contratistas Generales SA, Perú. 2017 Edición 02.
- Goldratt, E. M. (2001). *Critical Chain*. Eliyahu M. Goldratt. 2001 First Edition.
- Gonzales Prado, G. A. (2011). *Gerencia del Conocimiento: propuesta para la Administración de Contratos en Proyectos de Construcción*. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima. 2011 ed.
- Hernández, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. Roberto Hernández. 2014 Sexta Edición.
- Holguín Sologuren, O. G. (2014). *Gestión del Valor Ganado en el Control de Costos de Equipos en la Construcción de la Planta Concentradora Toromocho*. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista. Universidad Nacional de Ingeniería, lima. 2014 ed.
- Lean Construction Institute, . (2017). *LCI Lean Project Delivery Glossary*. Lean Construction Institute, EEUU. 2017.
- Lora Benites, M. D. (2013). *Implementación de un Sistema de Planeamiento y Control de Costos, para asegurar el Valor de Proyectos de Construcción en una empresa de Servicios de Ingeniería y Construcción*. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima. 2013 ed.
- López Ramírez, E. L. (2017). *Control de Costos Mediante el Método Resultado Operativo*. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad San Martin de Porres, Lima. 2017 ed.

- Mallma Rosas, M. J. (2011). *Planeamiento Programación y Control aplicado a los procesos constructivos de la Estructura de 16 Edificios Multifamiliares*. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima. 2011 ed.
- Ministerio de Energía y Minas, . (2018). *Perú: Cartera de Proyectos de Construcción de Mina 2018*. Ministerio de Energía y Minas, Perú. 2018 Marzo Edición 01.
- Oroz Tito, C. F. (2015). *Aplicación de Herramienta de Planeamiento Look Ahead en Construcción de Proyecto Inmobiliario Multifamiliar de 10 pisos*. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad Ricardo Palma. 2015 ed.
- Pablo Lledó, . (2017). *Director de Proyectos. Cómo aprobar el examen de PMP sin morir en el intento*. Pablo Lledó. 2017 Edición 6ta ed.
- PMI, . (2017). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos*. Project Management Institute, EEUU. 2017 Edición 06.
- Pérez Lama, C. A. (2016). *Implementación del Método del Resultado Operativo en la Ampliación del Campus de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (San Martin de Porres - Lima)*. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad San Martin de Porres, Lima. 2016 ed.
- Quicaño Rojas, F. H. (2015). *Aplicaciones de la teoría de restricciones para la priorización de acciones de Gestión y Proyectos en la EPSASA - 2014*. Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil. Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho. 2015 ed.
- Quispe Riveros, A. (2017). *Propuesta de Metodología de Gestión de los Interesados para el éxito de los Proyectos de Construcción en el Perú*. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima. 2017 ed.
- Revista Costos, . (2017). *Estrategia de Control de Costos*. Revista Costos. Julio 2017 Edición 280.
- Rita Mulcahy, PMP, e. a. (2018). *PMP Exam Prep*. Rita Mulcahy. 2018 Ninth Edition.
- Rodriguez A., . (2011). *La Gestión de la Obra desde la Perspectiva del Último Planificador*. Revista de Obras Públicas. 2011 Edición 158.

- Romero Campos, E. (2011). *Implementación del Sistema de Planeamiento y Control de Costos para el montaje electromecánico de la Planta de Recuperación de Zinc*. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Electricista. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima. 2011 ed.
- Salgado Canal, J. A. (2010). *Importancia de la Planificación, para el éxito de los proyectos, aplicando una metodología estándar de Gestión de Proyectos*. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima. 2010 ed.
- St-Martin, R. (2010). *Gestión del Valor Ganado del Trabajo en Curso*. PMI. 2010.
- Valdiviezo Sarmiento, H. (2010). *Aplicación del Planeamiento y Control de Costos por Procesos en la Obra Línea de Transmisión 60kv Chacapunte - Explorador*. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Electricista. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo. 2010 ed.

Anexos

Fuente: (Elaboración propia)

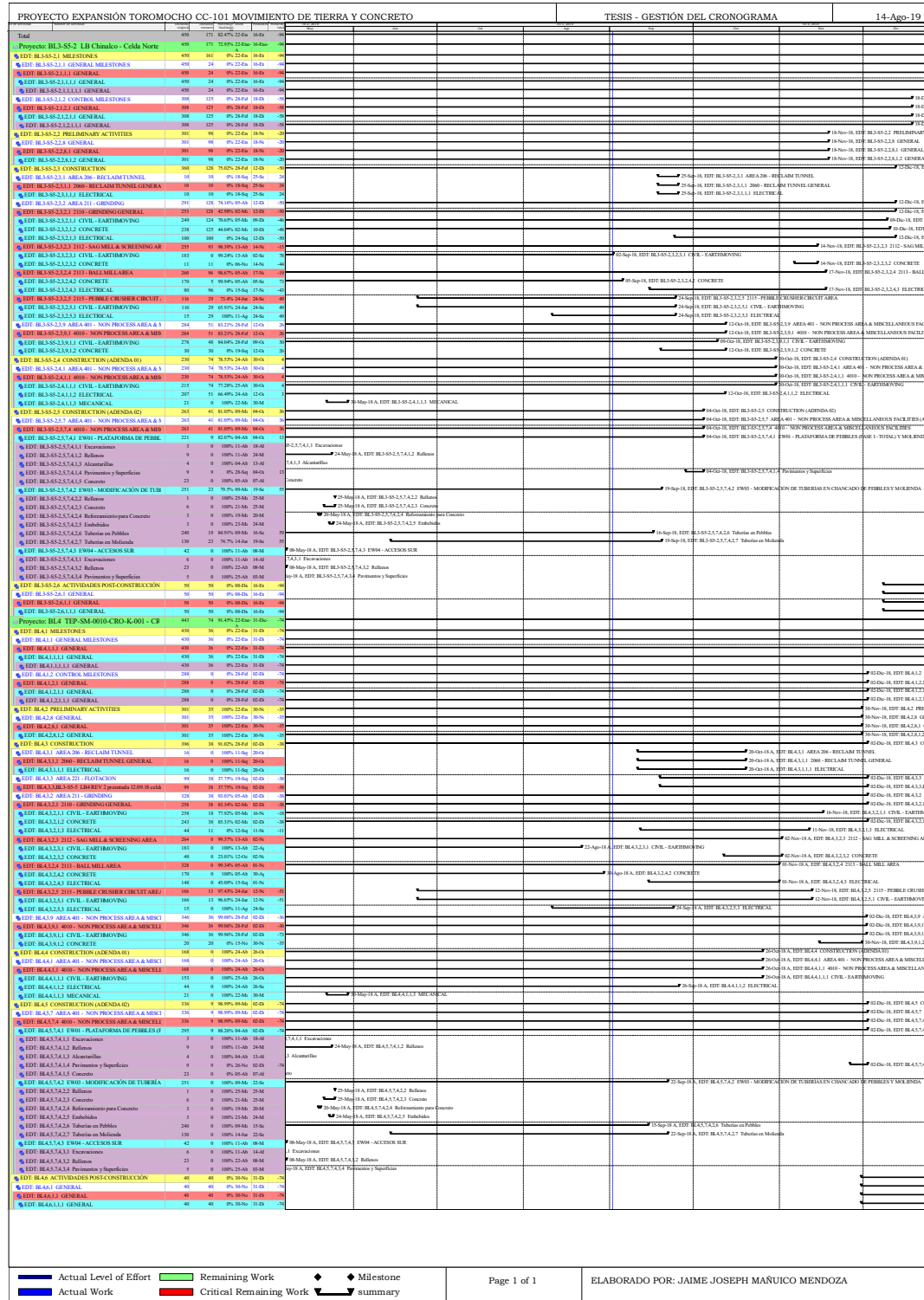


Figura 5.1: Gestión del cronograma proyecto expansión Toromocho CC-101

Caso práctico

Fuente: (Elaboración propia)

MANUAL DE IMPLEMENTACIÓN

Paso 0. Enunciado del problema

Dado un proyecto con un presupuesto de S/. 1000.00 para ejecutar un metrado de 100 durante un periodo de 04 meses, de acuerdo a las tablas 01 y 02.

- 1) Desarrollar el lookahead 4WLA, Trazabilidad del PPC (sistema last planner)
- 2) Elaborar el resultado operativo (margen de obra)
- 3) Realizar el análisis del valor ganado (CPI, SPI y TCPI)

a) Tabla 01

	Mes 01	Mes 02	Mes 03	Mes 04
VENTA	250	250	250	250
Valorización	250	250	250	250
COSTO	195	195	195	195
COSTO DIRECTO	170	170	170	170
Materiales	75	75	75	75
Mano de Obra	75	75	75	75
Equipos	10	10	10	10
Subcontratos	10	10	10	10
COSTO INDIRECTO	25	25	25	25
Supervisión	5	5	5	5
Gastos Generales	20	20	20	20

b) Tabla 02

Metrado

	metrado programado acumulado	metrado real acumulado	costo incurrido acumulado
Mes 01	25	21.1	186
Mes 02	50	48.2	390
Mes 03	75	74.7	590
Mes 04	100	100	780

* Para calcular el resultado operativo del proyecto se recomienda transformar los metrados en costos

Descripción	Cantidad
Presupuesto	1000
Metrado	100
Factor	10

Costo

	PV	EV	AC
Mes 01	250	211	186
Mes 02	500	482	390
Mes 03	750	747	590
Mes 04	1000	1000	780

Figura 5.2: Enunciado del problema

* Al no tener restricciones, se realiza una estimación lineal del metrado

165

Fuente: (Elaboración propia)

Paso. 2 Trazabilidad del PPC



Semana Nº	Nº Activ. Planificadas	Nº Acumulado Activ. Planif.	Nº Activ. Ejecutadas	Nº Acumulado Activ. Ejecut.	PPC Semanal	PPC Acumulado	PPC Meta
Sem 01	7	7	7	7	1.00	1.00	0.85
Sem 02	7	14	6	13	0.86	0.93	0.85
Sem 03	7	21	7	20	1.00	0.95	0.85
Sem 04	7	28	5	25	0.71	0.89	0.85
Sem 05	7	35	6	31	0.86	0.89	0.85
Sem 06	7	42	7	38	1.00	0.90	0.85
Sem 07	7	49	6	44	0.86	0.90	0.85
Sem 08	7	56	5	49	0.71	0.88	0.85
Sem 09	7	63	7	56	1.00	0.89	0.85
Sem 10	7	70	7	63	1.00	0.90	0.85
Sem 11	7	77	5	68	0.71	0.88	0.85
Sem 12	7	84	7	75	1.00	0.89	0.85
Sem 13	7	91	7	82	1.00	0.90	0.85
Sem 14	7	98	7	89	1.00	0.91	0.85

* EL PPC acumulado o semanal solo cuantifica el cumplimiento al 100% de las actividades programadas, mas no registra el metrado

Figura 5.4: Paso 2

Fuente: (Elaboración propia)

Paso 3.		Resultado operativo cero - 0							
RO-0	ACUMULADO AÑOS ANT	Mes 01	Mes 02	Mes 03	Mes 04	TOTAL OBRA			ACUMULADO EJERCICIO ANT
						ACTUAL	ANTERIOR	ORIGINAL	
VENTA	0	250	250	250	250	1,000	0	1,000	0
Valorización		250	250	250	250	1,000		1,000	
COSTO	0	195	195	195	195	780	0	780	0
COSTO DIRECTO	0	170	170	170	170	680	0	680	0
Materiales		75	75	75	75	300		300	
Mano de Obra		75	75	75	75	300		300	
Equipos		10	10	10	10	40		40	
Subcontratos		10	10	10	10	40		40	
COSTO INDIRECTO	0	25	25	25	25	100	0	100	0
Supervisión		5	5	5	5	20		20	
Gastos Generales		20	20	20	20	80		80	
Stock Materiales									
Margen Ponderado	0	0	0	0	0	220	0	220	
Margen Ponderado %	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%			22.00%	
Margen Directo	0	55	55	55	55	220	0	220	0
Margen Directo %		22.00%	22.00%	22.00%	22.00%	22.00%		22.00%	
Costo Aplicado	-								
Resultado Pendiente	-								
ACTIVOS									
PROVISIONES									
Contingencia	-								

* Para el RO - 0 se realiza una estimación lineal

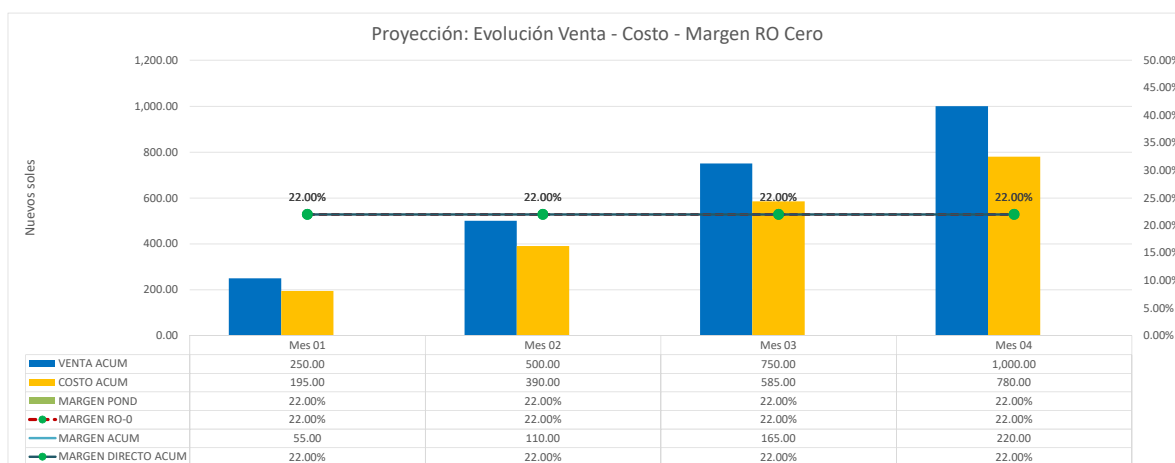


Figura 5.5: Paso 3

Fuente: (Elaboración propia)

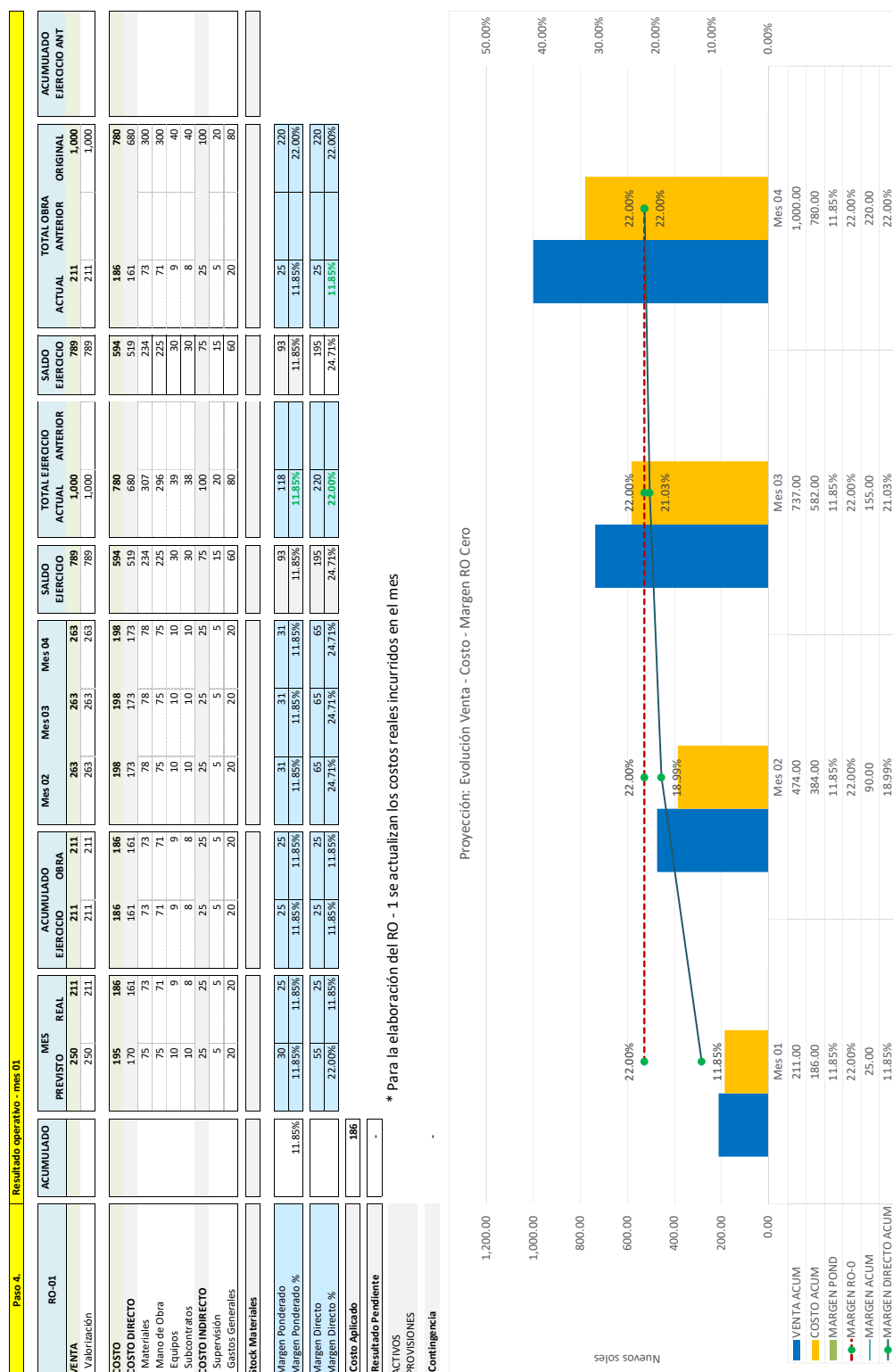


Figura 5.6: Paso 4

Fuente: (Elaboración propia)

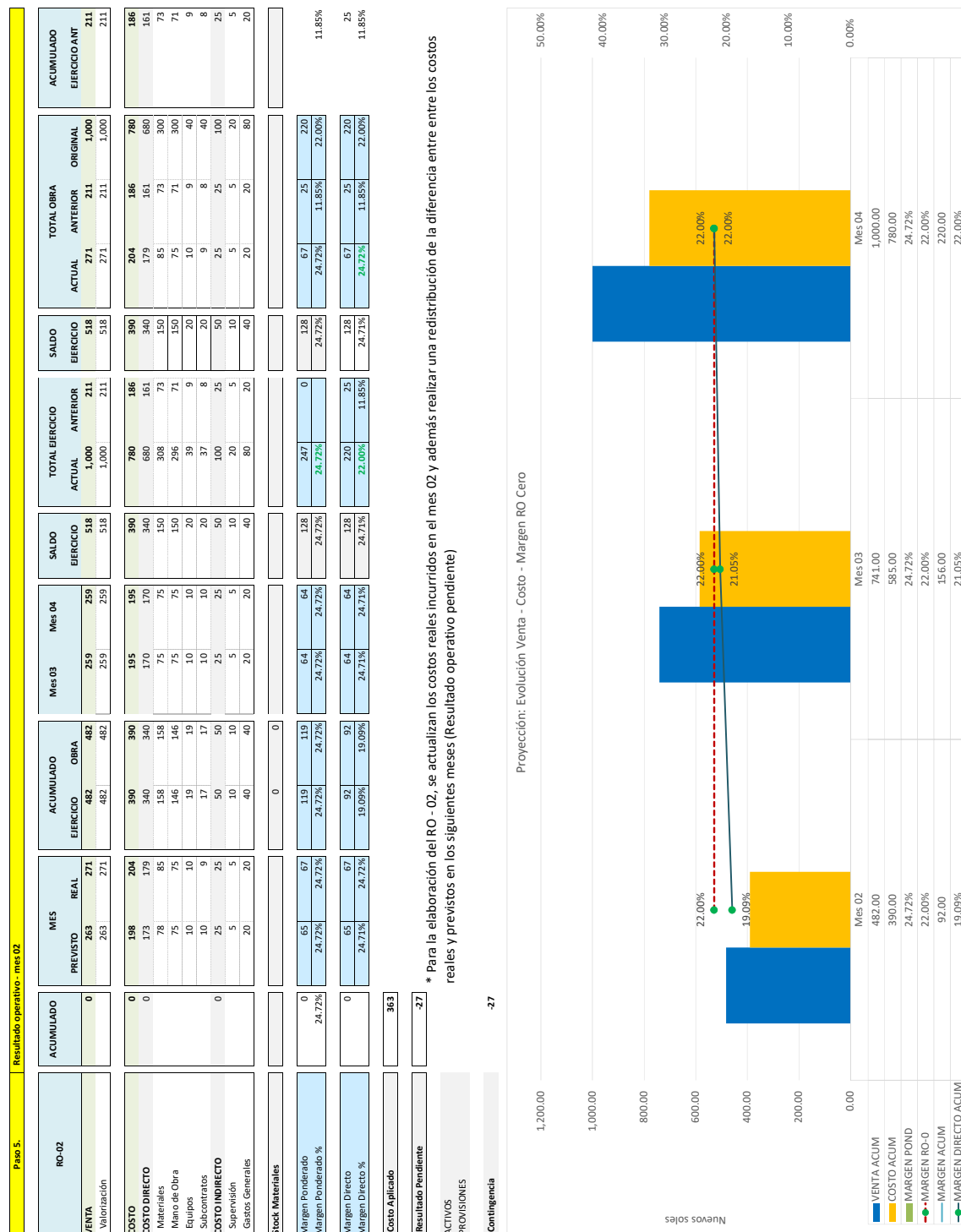


Figura 5.7: Paso 5

Fuente: (Elaboración propia)

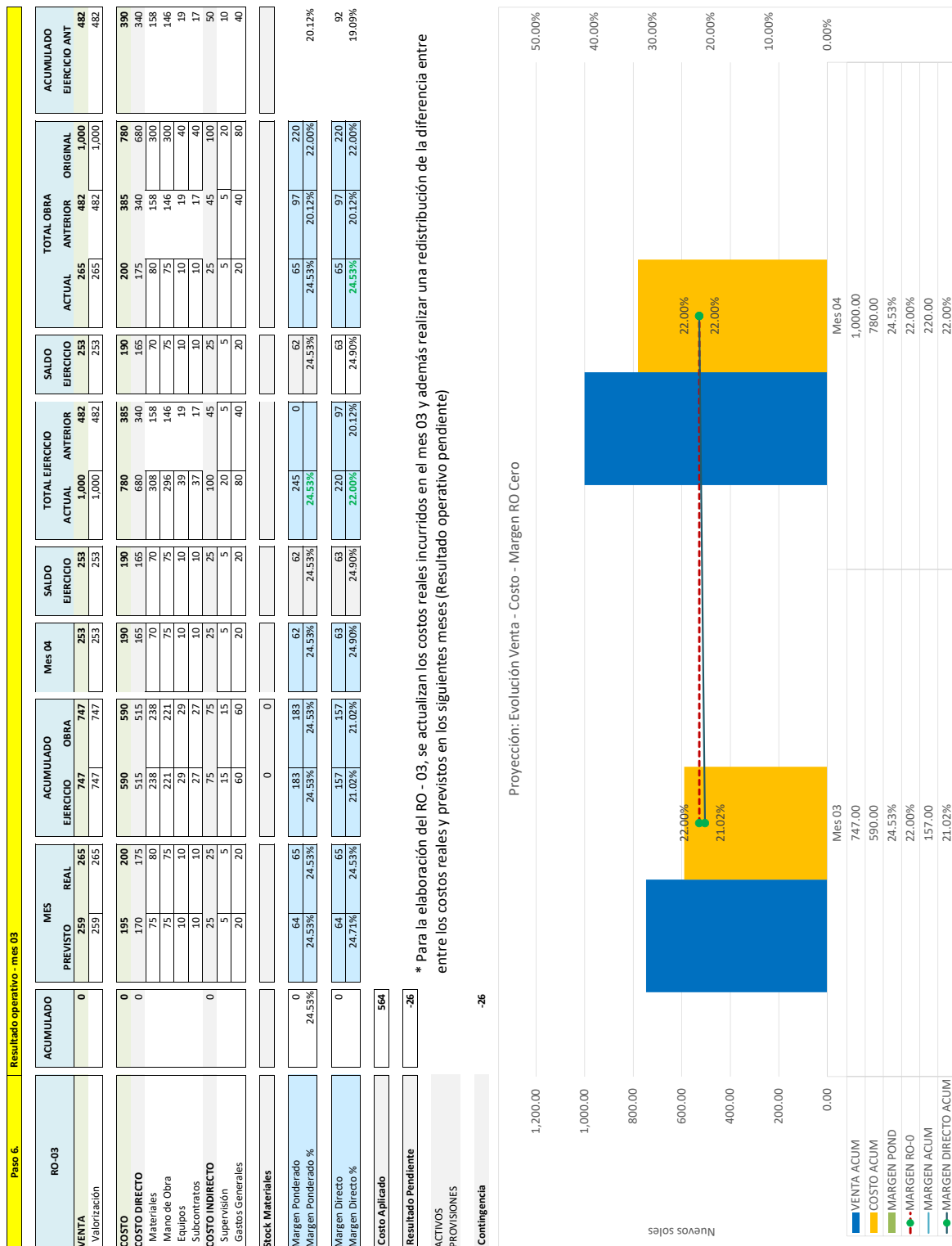


Figura 5.8: Paso 6

Fuente: (Elaboración propia)

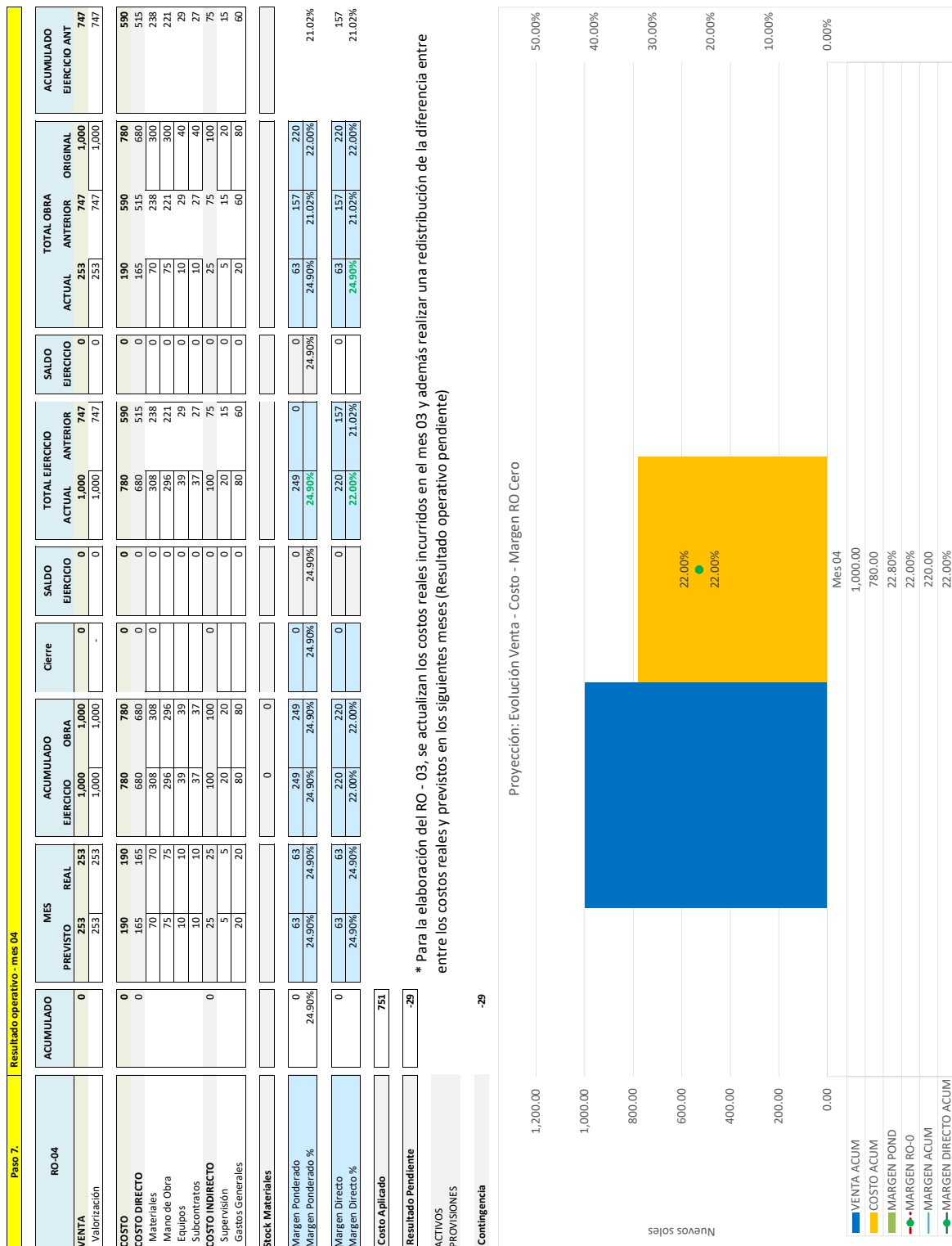


Figura 5.9: Paso 7

Fuente: (Elaboración propia)

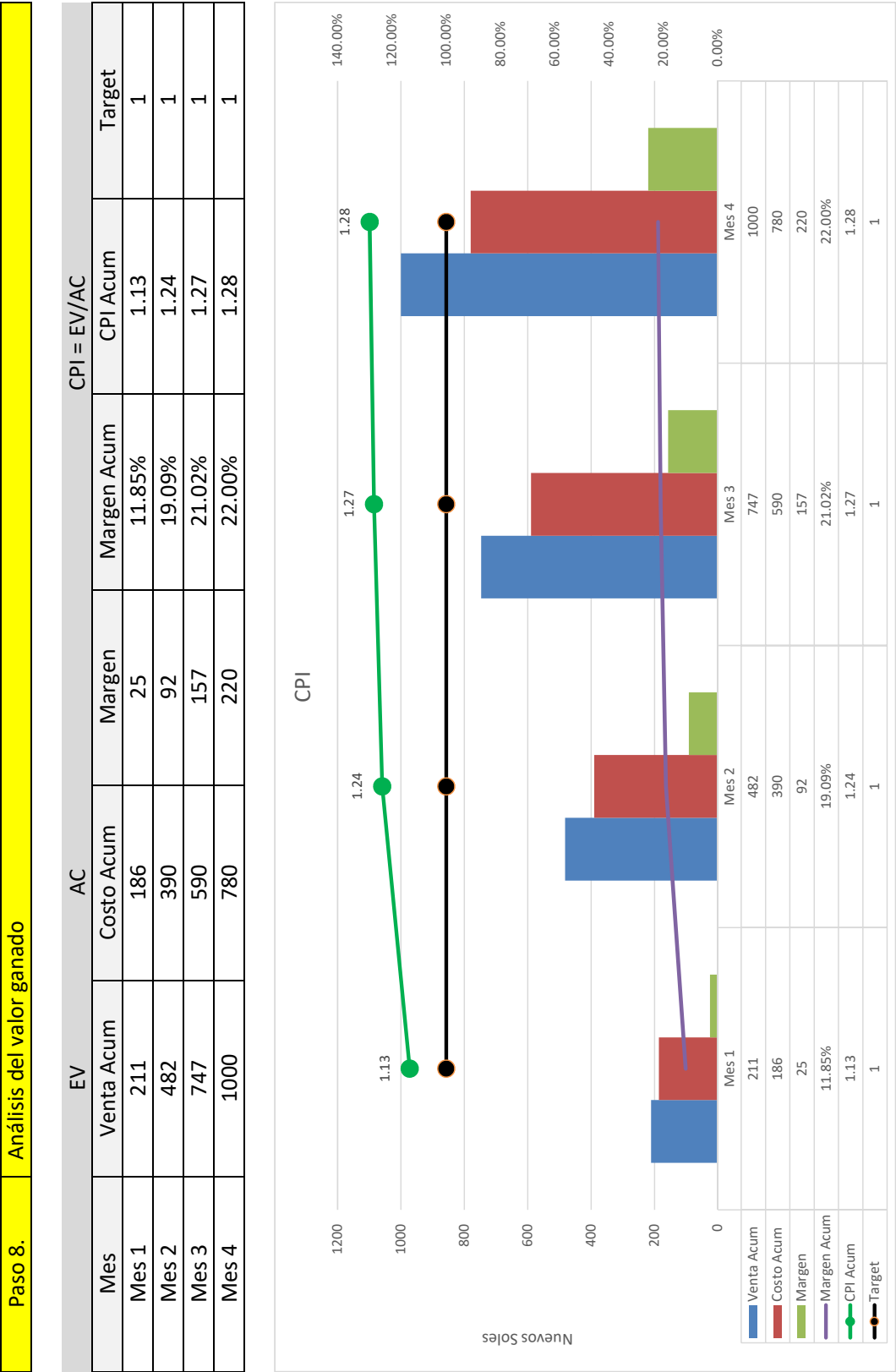


Figura 5.10: Paso 8

Fuente: (Elaboración propia)

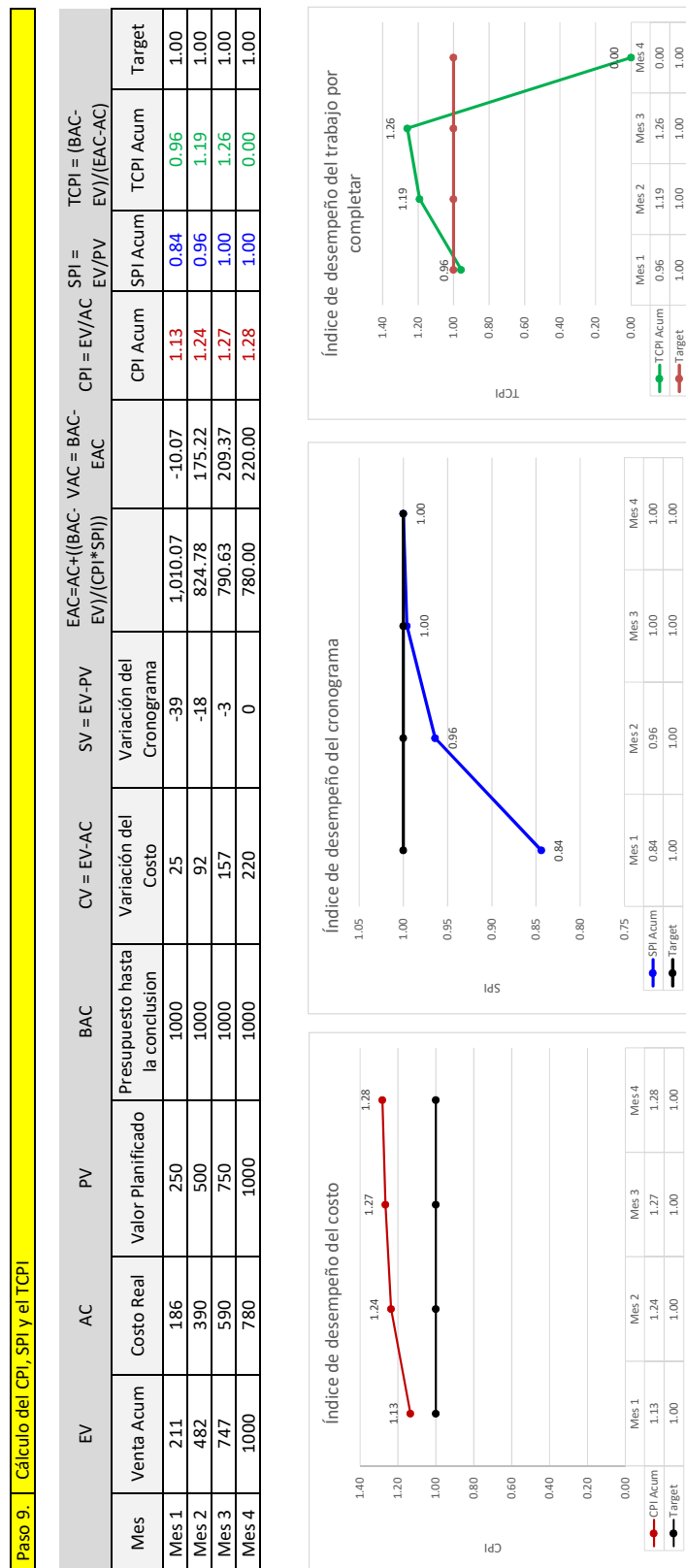


Figura 5.11: Paso 9