

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



**“IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE ANALISIS
POR VENTANAS DE TIEMPO EN EL ÁREA 1 DEL PROYECTO
DE MODERNIZACIÓN DE UNA REFINERÍA, TALARA 2021”**

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

Milko Yanqui Layme
Bach. Ingeniería Mecánica

MILKO YANQUI LAYME

Dr. Yasser Hipólito Yarin Achachagua

Callao, 2022

PERÚ

Document Information

Analyzed document	TRABAJO DE SUFICIENCIA PROF. - YANQUI LAYMEZ.docx (D174193469)
Submitted	9/19/2023 11:08:00 PM
Submitted by	
Submitter email	investigacion.fime@unac.pe
Similarity	1%
Analysis address	investigacion.fime.unac@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	35541-Caballero Culca, José Antonio.pdf Document 35541-Caballero Culca, José Antonio.pdf (D111396511)		1
SA	prueba para Urkund tesis.docx Document prueba para Urkund tesis.docx (D21609123)		2
SA	TESIS DIEGO SOLANO.pdf Document TESIS DIEGO SOLANO.pdf (D148592936)		2
W	URL: https://www.eidsolar.es/wp-content/uploads/2022/06/FSM-EIDF-2022.pdf Fetched: 6/15/2022 6:05:27 PM		6
SA	5743-Castillo Salas, José Augusto Completo_.pdf Document 5743-Castillo Salas, José Augusto Completo_.pdf (D34173074)		1

Entire Document

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
"IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE ANALISIS POR VENTANAS PARA LA AMPLIACIÓN DE PLAZO DEL PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE UNA REFINERÍA, TALARA 2021"
TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TITULO DE PROFESIONAL DE INGENIERO MECANICO MILKO YANQUI LAYME
Milko Yanqui Layme Bach. Ingeniería Mecánica
Dr Yasser Hipólito Yarin Achachagua Callao, 2022 PERÚ
INFORMACIÓN BASICA
FACULTAD: FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA PROF: ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA

**ACTA DE EXPOSICIÓN DE INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
DEL I CICLO TALLER PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO E INGENIERO EN ENERGIA**

**LIBRO 001, FOLIO N° 151, ACTA N° 103 DE EXPOSICIÓN DE INFORME DE TRABAJO DE
SUFICIENCIA PROFESIONAL DEL I CICLO TALLER PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**

A los 25 días del mes setiembre del año 2022, siendo las **13:10 pm horas**, se reunieron, en la sala meet: [https:// meet.google.com/orf-nvrq-ctn](https://meet.google.com/orf-nvrq-ctn), el **JURADO DE EXPOSICION** del **I CICLO TALLER DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL 2022** para la obtención del **TÍTULO** profesional de Ingeniero Mecánico de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la Universidad Nacional del Callao:

- | | | |
|--|---|------------|
| ▪ Dr. Tezen Campos Jose Hugo | : | Presidente |
| ▪ Dr. Mamani Calla Pablo | : | Secretario |
| ▪ Mg. Lizandro Bernaldo, Rosales Puño | : | Vocal |
| ▪ Dr. Yasser Hipolito Yarin Achachagua | : | Asesor |

Se dio inicio al acto de exposición de informe de trabajo para titulación del Bachiller **YANQUI LAYME MILKO**, quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico sustenta su informe titulado **"IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS POR VENTANAS DE TIEMPO EN EL ÁREA 1 DEL PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE UNA REFINERÍA, TALARA 2021"**, cumpliendo con la exposición en acto público, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptada por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del Covid- 19, a través del D.S. N° 044-2020-PCM y lo dispuesto en el DU N° 026-2020 y en concordancia con la Resolución del Consejo Directivo N°039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N° 085-2020-MINEDU, que aprueba las "Orientaciones para la continuidad del servicio educativo superior universitario".

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la sustentación de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por **APROBADO** con escala de calificación cuantitativa **17 (Diecisiete)** y calificación cualitativa **MUY BUENO** en el presente informe de **TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 099-2021-CU del 30 de Junio del 2021.

Se dio por cerrada la Sesión a las **13:50 pm** del día 25 de setiembre del 2022.


.....
Dr. Jose Hugo Tezen Campos
Presidente de Jurado


.....
Dr. Pablo Mamani Calla
Secretario de Jurado


.....
Mg. Lizandro Bernaldo Rosales Puño
Vocal de Jurado

.....
Dr. Yasser Hipolito Yarin Achachagua
Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

N° 046-2023-UI-FIME

CONSTANCIA DE AUTENTICIDAD

LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO, quien suscribe;

HACE CONSTAR:

El(la) Señor(ita): **YANQUI LAYME MILKO**, identificado(a) con DNI N° **43587650** y código de matrícula N° **060860-G**, Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía, ha concluido su **INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**, titulado: **“IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS POR VENTANAS DE TIEMPO EN EL ÁREA 1 DEL PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE UNA REFINERÍA, TALARA 2021”**, para la obtención del Título Profesional de Ingeniero Mecánico, cuyo reporte del sistema Urkund es 1% de similitud; por lo que en calidad de Director de la Unidad de Investigación y de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos (aprobado con Resolución N° 150-2023-CU del 15.06.23), se da constancia de la AUTENTICIDAD DEL INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL.

Se expide la presente, a solicitud del interesado(a) para los fines que estime pertinentes.

Bellavista, 21 de setiembre del 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ENERGÍA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

Dr. Nelson Alberto Díaz Leiva
Director

N°. Operación: 4971316050 SCOTIABANK S/ 8.00 18/09/2023 14:07 p.m.

/Carmen.
c.c.: Archivo

INFORMACIÓN BÁSICA

FACULTAD: FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA

ESCUELA PROF: ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA

TÍTULO: IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS POR VENTANAS PARA LA AMPLIACIÓN DE PLAZO DEL PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE UNA REFINERÍA, TALARA 2021”

**EJECUTOR: YANQUI LAYME, MILKO
CODIGO ORCID: 0009-0002-3762-5445
DNI: 43587650**

**ASESOR: ING. YASSER HIPOLITO YARIN
ACHACHAGUA
CODIGO ORCID: 0000-0002-7643-9568
DNI: 41903002**

LUGAR DE EJECUCIÓN: TALARA - PIURA

DEDICATORIA:

Dedico este informe a mi madre por, su esfuerzo, paciencia, consejos, y apoyo durante mi formación profesional. A mi esposa Fátima por su paciencia, motivación, perseverancia y apoyo durante la elaboración del presente informe y a mi hijo Ignacio por ser una fuente de fuerza, que me inspira a mejorar cada día.

INDICE

DEDICATORIA	ii
INDICE	1
ÍNDICE DE FIGURAS	4
INTRODUCCIÓN	1
I. ASPECTOS GENERALES	3
Objetivos	3
Objetivo General	3
Objetivos Específicos	3
Organización de la empresa o institución	3
La empresa	3
Reseña Histórica	5
Declaraciones estratégicas	8
Organigrama y Funciones	10
II. FUNDAMENTACIÓN DE LA EXPERIEN PROFESIONAL	12
2.1. Marco Teórico	12
2.1.1. Bases Teóricas	12
2.1.2. Aspectos Normativos	32
2.1.3. Antecedentes	49
2.2. Descripción de las actividades desarrolladas	53
2.0.1 Etapas de las actividades desarrolladas	53

2.2.2. Diagrama de Flujos.....	55
2.2.3. Cronograma de Actividades.....	56
III. APORTES REALIZADOS	57
3.1. Evidencias del Proceso de Implementación	57
3.2. Evaluación técnica económica.....	120
3.3. Análisis de resultados.....	122
IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	125
4.1 Discusión	125
4.2 Conclusiones	126
V. RECOMENDACIONES	127
VI. BIBLIOGRAFÍA.....	128

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Eleccion de la MIPs	48
Tabla 2 Método (MIIP).....	48
Tabla 3 Costo diario real por los recursos indirectos por cada día de atraso – Suplemento 00.....	120
Tabla 4 Costo diario real por los equipos de Apoyo – Suplemento 00.....	121
Tabla 5 Costo diario real por los recursos indirectos por cada día de atraso – Suplemento 01.....	121
Tabla 6 Costo diario real por los equipos de Apoyo – Suplemento 01.....	121
Tabla 7 Resumen de Evaluación Económica.....	122
Tabla 8 Resultado Suplemento 00	123
Tabla 9 Resultado Suplemento 01	124

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Organigrama de la empresa.....	11
Figura 2 Relación Finish to Start	15
Figura 3 Relación Finish to Finish.....	15
Figura 4 Relación Start to Start	16
Figura 5 Relación Start to Finish	16
Figura 6 MIP 3.1 Observacional – Lógica Estática y sin Periodos	33
Figura 7 Observacional – Lógica Estática y Periódica.....	34
Figura 8 MIP 3.6 Modelado – Aditivo y de un solo Cronograma.....	41
Figura 9 MIP 3.8 Modelado – Aditivo y de múltiples Cronograma.....	44
Figura 10 MIP 3.9 Modelado – Aditivo y de múltiples Cronograma.....	46
Figura 11 Diagrama de Flujos.....	55
Figura 12 Cronograma de Actividades.....	56
Figura 13 Layout de alcance de trabajos por Subcontratistas.....	60
Figura 14 Trabajos en paralelo y fuera de secuencia - HTD	68
Figura 15 Trabajos en paralelo y fuera de secuencia – HTN/RCA.....	69
Figura 16 Trabajos en paralelo y fuera de secuencia – TGL/RG2	69
Figura 17 Histograma de Personal Directo.....	70
Figura 18 Histograma de utilización de Andamios	71
Figura 19 Histograma de Personal Indirecto	72
Figura 20 Suplemento 00 (Unidades HTN – RCA, HTD y TGL-RG2).....	74
Figura 21 Cronograma Ruta Critica Línea Base – Suplemento 00	78
Figura 22 Grafica de Tendencia de Demoras Acumuladas	79
Figura 23 Resumen de Análisis de Ventana de Tiempo – Suplemento 00	83
Figura 24 Paso 1: Ruta Critica al comienzo de la ventana No 1	84
Figura 25 Paso 2: Ruta Critica al Final de la ventana 1	85
Figura 26 Paso 3: Falta de suministro de elementos en pipe racks.....	86
Figura 27 Paso 3: Identificación de elementos faltantes en pipe racks	86

Figura 28 Impactos a la ruta crítica durante la Ventana N°1	87
Figura 29 Cronograma actualizada 4 de agosto 2017.....	88
Figura 30 Paso 1: Ruta Critica al comienzo de la ventana No 2.....	88
Figura 31 Paso 2: Ruta Critica al Final de la ventana 2 (Real)	89
Figura 32 Paso 3: Eventos de Impacto durante la Ventana No 2.....	90
Figura 33 Paso 3: Eventos de Impacto durante la Ventana No 2.....	91
Figura 34 Actividades que muestran cambios	92
Figura 35 Representa demora acumulada de 13 días.....	93
Figura 36 Demora de esta ventana (10 días).....	93
Figura 37 Paso 1: Ruta Critica al comienzo de la ventana No 3.....	94
Figura 38 Paso 1: Ruta Critica al comienzo de la ventana No 3.....	95
Figura 39 Paso 2: Ruta Critica al final de la ventana No 3	96
Figura 40 Paso 3: Eventos de Impacto durante la Ventana No 3.....	96
Figura 41 Paso 4: Impactos a la ruta crítica durante la Ventana N°3.....	97
Figura 42 Cronograma actualizado al 20 de enero del 2019.....	97
Figura 43 Demora adicional de 80 días	98
Figura 43 Paso 1: Ruta Critica al comienzo de la ventana No 4.....	100
Figura 45 Paso 2: Ruta Critica al final de la ventana No 4	100
Figura 46 Paso 3: Eventos de Impacto durante la Ventana No 4.....	101
Figura 47 Paso 4: Impactos a la ruta crítica durante la Ventana N°4	103
Figura 48 Informe de realización de trabajo	104
Figura 49 Cronograma de culminación	104
Figura 50 Proyectada por la demora de los loop test	105
Figura 51 Suplemento 01	106
Figura 52 Secuencia de trabajos del Suplemento 00	108
Figura 53 Cronograma línea base Suplemento 01.....	109
Figura 54 Cronograma Updates	110
Figura 55 Resume estas Ventanas de análisis.....	111
Figura 56 Ruta Critica al comienzo de la ventana No 1	112

Figura 57 Cronograma de Culminación de trabajos	113
Figura 58 Ruta Critica al culminar la Ventana No 1	114
Figura 59 Eventos de Impacto durante la Ventana No 1.....	115
Figura 60 Estructuras E y F progreso de los trabajos.....	116
Figura 61 Paso 4: Impactos a la ruta crítica durante la Ventana N°1	117
Figura 62 Paso 1: Ruta Critica al comienzo de la ventana No 1.....	118
Figura 63 Paso 2: Ruta Critica Final de la Ventana No 2.....	119

INTRODUCCIÓN

El Proyecto de Modernización de la Refinería Talara de Petroperú, tiene como objetivo producir productos refinados que cumplan con los nuevos requisitos ambientales declarados en la Ley No 30130, satisfacer la demanda nacional de combustibles ampliando su capacidad de refinado de 65 a 95 Kbpd, refinar hidrocarburos más pesados y ácidos con las nuevas unidades, producir combustibles limpios con bajo contenido de azufre y mejorar la calidad del aire.

El proyecto pertenece al sector hidrocarburos y aportara el 2% del producto bruto interno (PBI) del Perú. (INE, 2022)

A esos efectos, Petroperú bajo la modalidad de contrato Engineering, Procurement, Construction (en adelante, “EPC” por sus siglas en inglés) subcontrato al Epecista para ejecutar los trabajos de ingeniería de detalle, construcción y complementarios para el Proyecto de modernización de la refinería Talara. Sobre este particular, Petroperú estima que el costo total de su inversión es de alrededor de US\$5,400,000,000, siendo el mayor componente de esta su contrato con el Epecista S.A de alrededor de US\$2,762,000,000.

Es como parte de este acuerdo para los trabajos de construcción que el Epecista dividió los trabajos de construcción en varios subcontratos de menor alcance. Estos alcances fueron divididos por los tipos de trabajo (como trabajos civiles, estructurales, electromecánicos, etc.) y también por las diferentes unidades que componen la obra en general. Estos subcontratos fueron adjudicados a varias empresas constructoras del Perú, incluyendo a la empresa y otras subcontratistas del medio local.

El presente trabajo de suficiencia profesional trata sobre el análisis de demoras y daños económicos con relación a los trabajos ejecutados durante la construcción del proyecto de “Trabajos Electromecánicos del Área 1 y Flexicoking (FCK)” de la

expansión y modernización de la refinería de petróleo ubicada en la ciudad de Talara, Perú (en adelante, el “Proyecto”).

El objetivo del presente trabajo es contribuir a la sociedad dando las pautas para la implementación de una metodología de análisis de demoras, que se enfoque en el análisis de ruta crítica del cronograma y que sea aplicable a las distintas fases del proyecto como lo son: (Prefactibilidad, factibilidad, ingeniería de detalle, construcción, precomisionado y comisionado) de plantas industriales del sector: (Minería, Energía, Petróleo, Oíl gas, Cementero, Centrales hidroeléctricas, etc.)

En esta oportunidad la metodología implementada de análisis de demoras es el “Análisis por Ventanas o Periodos Contemporáneos”, cuya implementación sirvió para cuantificar los atrasos y daños económicos producidos que se presentaron en la fase de construcciones electromecánicas: (i) montaje de estructuras metálicas; (ii) montaje de tuberías; (iv) montaje de electricidad e instrumentación; (v) trabajos de aislamiento, ignifugado y pintura; y (vi) trabajos de precomisionado del Proyecto.

I. ASPECTOS GENERALES

Objetivos

El presente informe laboral tiene los siguientes objetivos:

Objetivo General:

Implementar la metodología de análisis por ventanas para la ampliación de plazo del Proyecto Modernización de una Refinería

Objetivos Específicos:

- a) Determinar la ampliación de plazo para los trabajos del Área 1 y FCK, en el proyecto de modernización de la refinería talara.
- b) Determinar el tiempo de demoras en el proyecto.
- c) Determinar las acciones para minimizar los efectos de las demoras en el proyecto.
- d) Determinar los impactos económicos de las demoras en el proyecto.

Organización de la empresa o institución

La empresa

La empresa con más de 60 años de experiencia en el mercado es la segunda empresa de ingeniería y construcción de capital nacional en el Perú, según el ranking de las "500 Mayores empresas del Perú) publicado por America Economía. Ha completado de manera exitosa varios de los proyectos más importantes y emblemáticos del Perú, tanto en el sector privado como el en sector público. Entre estos proyectos se encuentran obras como el desarrollo del proyecto Antamina, uno de los proyectos mineros más importantes desarrollados en el Perú; la construcción y conservación de 1,187 y 1,975 Km de carreteras respectivamente; la construcción del Jockey Plaza Shopping Center, el centro comercial más grande del país en

ventas (Según lo señalado por la Asociación de Centros Comerciales del Perú); la construcción de la sede del banco Interbank; la modernización del aeropuerto internacional de Lima. Asimismo, ha desarrollado proyectos en 13 países a nivel mundial (Memoría Anual 2021, 2022).

Todo ello ha sido posible gracias a la sólida cultura empresarial de la empresa, la cual considera a su gente como su principal activo organizacional. Posee un equipo competente y especializado, conformado por 1,628 empleados y 6,073 obreros que comparten los valores corporativos de la compañía. Asimismo, la empresa se preocupa por todos sus grupos de interés, por ello desde el 2013 maneja una serie de compromisos enmarcados en su Política de responsabilidad social, seguridad y salud, medio ambiente y patrimonio cultural (Memoría Anual 2021, 2022).

La formación de la empresa fue constituida en el año 19060, por dos empresarios peruanos, Walter Piazza Tangüis y José Valdez Calle se juntaban y sellaban un acuerdo con un simple apretón de manos; decidían forjar lo que hoy en día es esta organización, teniendo como sustento solo la palabra empeñada como símbolo de confianza, valor que ahora es uno de los pilares de su filosofía empresarial. Hablar de Walter Piazza Tangüis y de José F. Valdez Calle, es hablar de Educación, Ingeniería y Empresa. Ambos Ingenieros, Piazza Electricista del MIT, Máster off Science, 1948; Valdez Ingeniero Mecánico Electricista de la UNI, 1950. Ambos profesores de la UNI, Piazza de Distribución Eléctrica e Iluminación en diferentes facultades en distintos años (1950 – 1969). Piazza fue profesor de Valdez en 1950.

Ambos, convencidos de la importancia de la educación, han hecho trabajo voluntario en la dirección de Centros Educativo: Piazza como Presidente de IPAE, Patronato de ESAN y Cayetano Heredia. Valdez en la Universidad de Lima, como director de IPAE y en su colegio: La Inmaculada de los PP Jesuitas. Pero el trabajo

educativo se ha extendido a las instituciones profesionales para proveer de nuevos conocimientos a los egresados: Piazza y Valdez han sido presidentes de la Asociación Electrotécnica Peruana y Valdez, presidente de la Sección Perú del IEEE, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, y organizador de numerosos congresos de ingenieros (Memoría Anual 2021, 2022).

Reseña Histórica

En 1960 Walter Piazza Tangüis y José Valdez Calle fundan “Piazza y Valdez Ingenieros”, empresa de consultoría en ingeniería eléctrica, y fundan PIVASA Ingenieros S.A empresa constructora encargada de montajes de plantas industriales. En 1963 PIVASA forma un consorcio con SADE de Argentina, empresa de propiedad de General Electric, para instalar la primera línea de transmisión de 220 KV entre la Central Hidroeléctrica de Huinco y Lima. En 1967 el Consorcio SADE – PIVASA se convierte en LA EMPRESA. En los años setenta, LA EMPRESA participa en proyectos de gran complejidad como el Oleoducto Nor Peruano, el desarrollo petroquímico de Talara, el montaje de la central hidroeléctrica del Mantaro, la Refinería de Petróleo La Pampilla y la Refinería de Zinc de Cajamarquilla. En 1974 los socios fundadores adquirieron de SADE el 50% de LA EMPRESA. (Memoría Anual 2021, 2022).

En los años ochenta, la empresa adopta una política de internacionalización y diversificación. la empresa, que ya había actuado juntamente con SADE en Argelia y Nigeria, inicia operaciones en Costa Rica, México, República Dominicana, Chile y Venezuela. Así mismo, en los años ochenta, la empresa, que solo brindaba servicios de montaje para plantas industriales, se diversifica hacia obras civiles y carreteras y participa en varios proyectos de irrigación como el Canal de Miguel Checa en Piura, Chavimochic y Chinecas. En la parte industrial, la empresa construye las plantas de Tintaya y Cementos Yura en Arequipa. En 1993, Bechtel, la empresa de ingeniería y construcción más grande de EEUU ingresa al mercado peruano y

escoge a la empresa como socio local firmando un contrato de exclusividad por diez años. Con Bechtel de socio, la empresa ejecuta en 1994 el proyecto de lixiviación por solventes y electrodeposición en Toquepala por un valor de US\$ 100 millones, la primera gran inversión minera del Perú de esa década.

En 1996 la empresa recibe un aporte de capital de parte de The Latin America Enterprise Construction Holding Inc. (Hoy Laech S.A.C), empresa holding constituida por The Latin America Enterprise Fund, L.P. Este aumento de capital le permite a la empresa acelerar su crecimiento, así como aprovechar las oportunidades que surgían producto de la nueva política de apertura a las inversiones privadas y a la privatización de empresas públicas. En el 2000, en sociedad con Bechtel y Fraport, la empresa fundó Lima Airport Partners (LAP), empresa que ganó la concesión del Aeropuerto Jorge Chávez. LA EMPRESA tuvo una participación importante en la exitosa modernización de dicho aeropuerto (Memoría Anual 2021, 2022).

A partir del 2005 la empresa inicia un ciclo de vigoroso crecimiento, alcanzando una tasa de crecimiento en ventas entre dicho año y el 2010 de 23.9% compuesta anual, pasando de USD65 millones a USD189 millones al año. En el 2010, el consorcio compuesto por la empresa y Cobra Infraestructura Hidráulica S.A. obtuvo la concesión para el desarrollo del proyecto de irrigación Majes Siguanilla II. Entre él y el 2013 la empresa continuó expandiéndose a una tasa de crecimiento en ventas de 30.5% compuesta anual, pasando de ventas de USD189 MILLONES a USD419 millones al año.

En abril de 2013, la empresa se adjudica un contrato de movimiento de tierras masivo con Shougan Hierro Perú en el marco del proyecto de ampliación de su mina ubicada en Marcona, Ica por un volumen acumulado de entre 350 y 400 millones de TM durante 8 años. Posteriormente, y con la aprobación del cliente, este contrato

fue transferido a una división de la empresa, subsidiaria creada en el 2013 para ofrecer servicios mineros.

Con el fin de incursionar en el negocio de desarrollo inmobiliario, se funda otra división de LA EMPRESA el 21 de agosto de 2013. El 28 de marzo de 2014 se otorgó la buena pro al Consorcio Nuevo Metro de Lima, integrado por Iridium Concesiones de Infraestructuras, S.A. (Iridium), Vialia Sociedad Gestora de Concesiones de Infraestructuras, S.L. (Vialia), Salini Impregilo S.p.A (Impregilo), Ansaldo Breda S.p.A (Ansaldo Breda), Ansaldo STS S.p.A (Ansaldo STS), y la empresa, para la ejecución de la Línea 2 del Metro de Lima y Callao. Las obras de la primera etapa de la construcción iniciaron en el segundo semestre del 2015. En el 2015 la empresa concluye la construcción de la nueva sede institucional del Banco de la Nación en un plazo récord de 20 meses. Esta edificación cuenta con treinta pisos y cuatro sótanos y es el edificio más alto del Perú. Para este proyecto, la compañía implementó la metodología fast track, para desarrollar paralelamente la ingeniería y la construcción. Además, unifico el diseño, la ingeniería y el control de la construcción bajo la plataforma Building Information Modeling (BIM), combinada con las tecnologías combinada con tecnologías REVIT, Lean Construction y Last Planner. Todo ello permitió una alta eficiencia en el diseño y la construcción; con ahorros en tiempo y en costo; y con una logística y planificación impecables.

A fines de 2017 la empresa se adjudicó el proyecto del Diseño y construcción de la Villa Deportiva Nacional para los juegos Panamericanos y Parapanamericanos Lima 2019. Para la ejecución de este emblemático proyecto, la empresa fue responsable de crear el diseño arquitectónico, realizar toda la ingeniería del proyecto y construir los cinco nuevos recintos deportivos de la Videna sobre un área de más de 10 hectáreas, con el reto de culminar la obra con los estándares de calidad exigidos para la competencia internacional en tan solo 18 meses. En octubre del 2021, Técnicas reunidas de Talara otorgó el reconocimiento

a la empresa, por su excelente gestión como mejor subcontratista, y por haber alcanzado 18'221,748 horas hombre sin accidentes incapacitantes desde mayo del 2016 hasta octubre del 2021 en el Proyecto Modernización de la Refinería de Talara. (Memoría Anual 2021, 2022)

Declaraciones estratégicas

Visión:

Ser la empresa de ingeniería y construcción, solida, innovadora y de clase mundial, reconocida como la mejor en los proyectos, mercados y emprendimiento donde participemos. (Memoria Anual 2020, 2021)

Misión

Ser la empresa de ingeniería, construcción, gerencia de proyectos, servicios mineros, concesiones de infraestructura y desarrollos inmobiliarios; certificada en ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001 e ISO 37001; fundada en el Perú en 1960; quedaba en personas con valores y conocimientos, tiene la misión de:

- Contribuir al éxito de nuestros clientes, desarrollando sus proyectos con calidad, seguridad, y dentro del plazo y presupuestos previstos.
- Promover el desarrollo personal y profesional de nuestra gente formando lideres cuyos logros trasciendan en la empresa y en la sociedad.
- Mantener un clima empresarial abierto y de confianza que fomente la innovación y la mejora continua.
- Integrar a socios y proveedores estratégicos para formar equipos de alto desempeño.
- Proveer un lugar de trabajo seguro y saludable, respetuoso del ambiente natural y de las comunidades que nos rodean.
- Generar utilidades para mantener la solidez financiera, impulsar el crecimiento y retribuir adecuadamente a nuestros accionistas.

Valores

La empresa tiene la filosofía de pasar eficientemente de los objetivos y estrategias a las acciones concretas, que posibiliten alcanzar logros y resultados. La gestión de dichas estrategias debe realizarse dentro del marco de valores que sustentan el accionar de la empresa. Ellos son:

- Integridad: Coherencia entre la palabra y la acción en un sentido de rectitud, probidad y respeto.
- Liderazgo: Capacidad de crear un clima que oriente el esfuerzo individual y colectivo en una dirección deseada, promoviendo una visión compartida, estructurándolos, generando oportunidades de crecimiento.
- Espíritu de equipo: Colaborar, cooperar y conjugar esfuerzos con un grupo de personas a fin de alcanzar objetivos comunes, enriqueciendo la experiencia propia con la de otros miembros del grupo.
- Innovación: Disposición de modificar las formas existentes de hacer las cosas asumiendo con responsabilidad el riesgo de llevarlas a la práctica, buscando optimizar la eficiencia de los procesos y la eficacia de los resultados.

Propósito

Construir confianza porque todas nuestras obras no solo son entregadas en los términos de plazo, costo y calidad prometidos a nuestros clientes, sino que también las construimos sobre los pilares de integridad, intensa interacción para generarles el mayor valor agregado posible y entregando soluciones innovadoras. Para transformar vidas porque nuestras obras aportan un mejor futuro para nuestros clientes, miles de hogares y millones de personas; y también para nuestros mismos colaboradores y para el bienestar de la sociedad en su conjunto. (Memoría Anual 2021, 2022)

Organigrama y Funciones

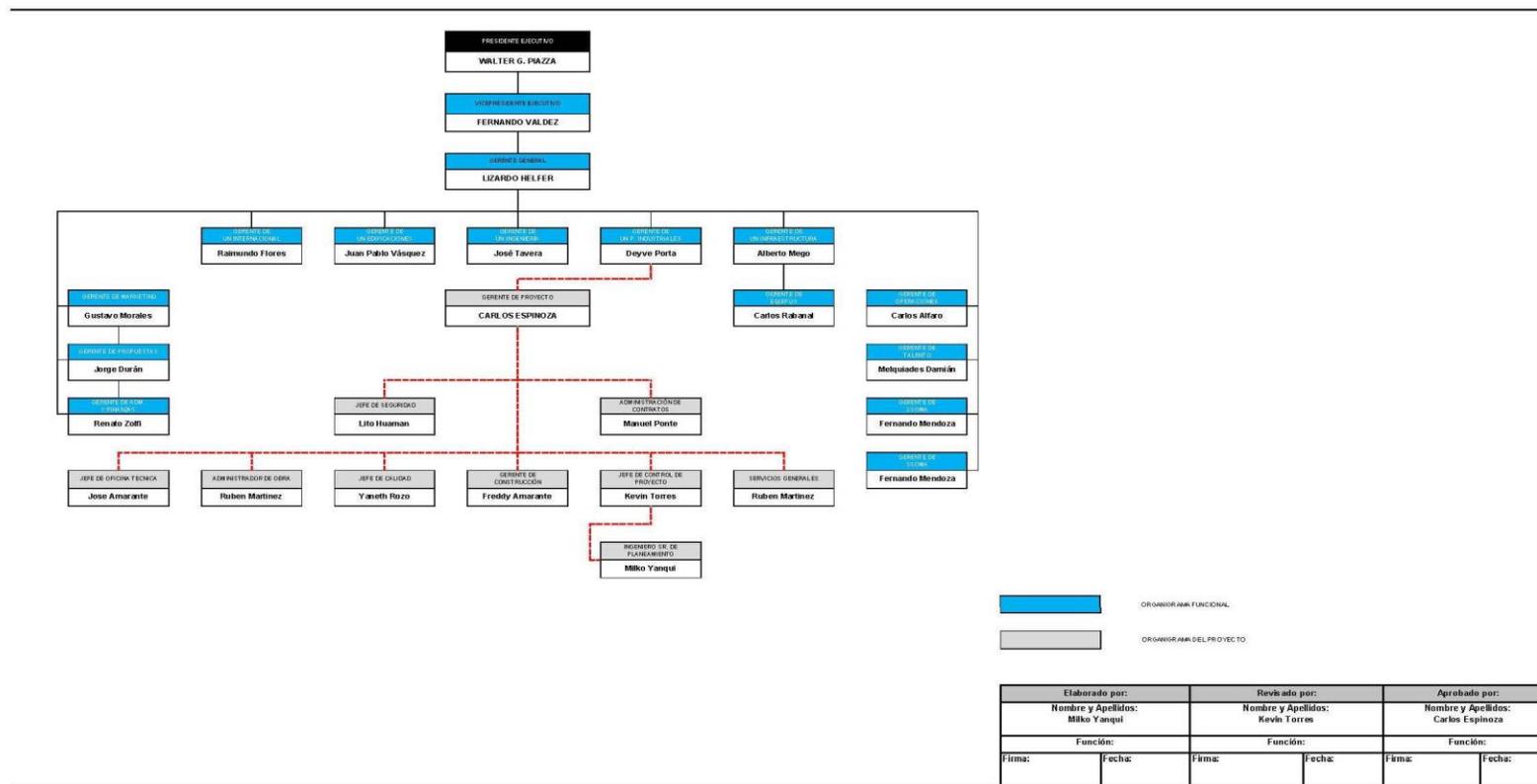
A. Organigrama

B. Cargo y Funciones del Bachiller:

Desempeño el cargo de Ing. Senior de Planeamiento y Control en el departamento de Control de Proyectos, en la división de Plantas Industriales de la empresa; cumpliendo las siguientes funciones:

- Elaboración y justificación de cronograma línea base (LB).
- Elaboración y justificación de bases de programación, curva "S", histograma de recursos de mano del Proyecto directa e indirecta, histograma de equipos, etc.
- Seguimiento y control mediante curvas "S", indicadores de gestión de valor ganado (CPI, SPI, PF), PAC, análisis de restricciones y 3WLA.
- Revisión y aprobación de cronogramas LB de subcontratistas.
- Gestión de subcontratistas de ingeniería, procura y construcción para el cumplimiento de los planes aprobados.
- Análisis de riesgos y oportunidades en ruta crítica.
- Análisis y estimaciones de ampliaciones de plazo.
- Gestión de planes de recuperación, mitigación y ampliación de plazo.

Figura 1 Organigrama de la empresa



Fuente: Elaboración Propia

II. FUNDAMENTACIÓN DE LA EXPERIEN PROFESIONAL

2.1. Marco Teórico

2.1.1. Bases Teóricas

Ruta Critica CPM

El método de la ruta crítica CPM (Critical Path Method) por sus siglas en inglés, se origina en 1957 por el centro de investigación de operaciones para las firmas Dupont y Remington Rand, buscando el control y optimización de los consto de operación a través de la planificación y programación de actividades.

Este método tiene como objetivo identificar las actividades críticas, con holgura cero que puede tener un proyecto y estable que el retaso de una actividad predecesora, impactara a sus actividades sucesoras generando una demora en la duración original del proyecto (Caballero, 2019).

El método CPM se define como la ruta lógica más larga a través de la red CPM y consiste en aquellas actividades que determinan el tiempo más corto para la finalización del proyecto. Las actividades dentro de esta lista forman una serie (o secuencia) de actividades lógicamente conectadas que se denominan ruta crítica. Un retraso en el inicio o finalización de cualquier actividad en el CPM da como resultado una demora en la finalización del proyecto, suponiendo que esta ruta consiste en una secuencia continua de actividades sin restricción de fechas o calendarios (AACE, 2010).

Hoy en día muchos de los Stakeholder que requieren una representación gráfica de la secuencia de actividades a ejecutar en sus proyectos. A diferencia de una representación en diagrama de barras (Diagrama de Gantt), estos propietarios solicitan que tales tareas estén interrelacionadas entre sí, de tal manera que el impacto producido en una actividad genere impactos en las otras actividades sucesoras.

Esta red de actividades interrelacionadas puede ser calculada y produce una ruta crítica, que va desde inicio a fin del proyecto y de ahí el nombre de CPM y determina el mínimo tiempo en que se puede desarrollar un proyecto (Soto, 2020).

Existen dos formatos de redes dentro del método CPM:

- Método de Diagrama de Flechas o Arrow Diagram Method (ADM)
- Método de Diagrama de Precedence o Precedence Diagram Method (PDM)

Diagrama de Flechas

Estas redes se caracterizan por tener eventos, actividades, dummies y hammocks.

Eventos: El evento señala un punto particular en el transcurso del proyecto y es representado por un nodo en la red. Cada actividad empieza y finaliza en un evento.

Cada evento en la red es identificado con un código numérico o alfanumérico, y una actividad puede ser identificada por los valores de sus eventos precedentes y sucesores.

Actividades: Es una tarea con unidad de trabajo, duración en el tiempo y tiene inicio y fin definidos.

Cada actividad es representada por una flecha de línea continua entre dos nodos o eventos en la red (Soto, 2020).

Actividades Paralelas: Es un grupo de actividades que comparten los mismos nodos de inicio y fin.

Dummies: Es similar a una actividad que no posee unidad de trabajo, sino un vínculo lógico entre eventos que no están unidos por una actividad; sin embargo, son dependientes lógicamente.

Las actividades dummies son representadas como líneas segmentadas o entrecortadas en la red.

Hammocks: Una actividad hamaca o resumen se puede utilizar para abarcar una serie de actividades dentro de una red. Se extiende entre un evento inicial y uno final, y se usan para medir el tiempo transcurrido entre dichos eventos (Carson, 2014).

Diagrama de Precedencia

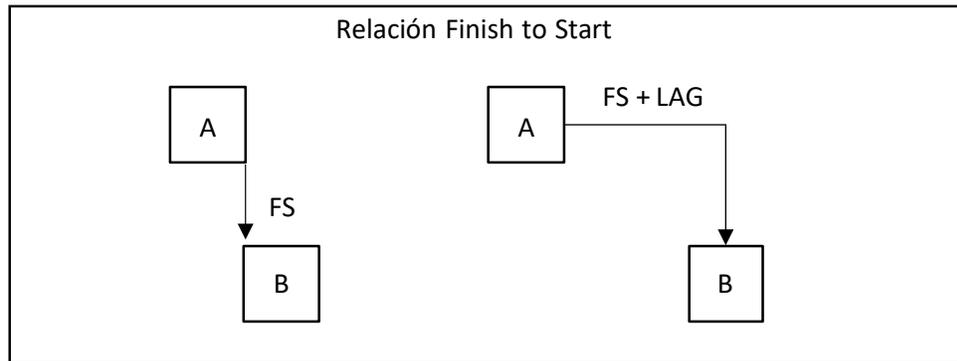
Estas redes se caracterizan por tener eventos, actividades y relaciones.

Relaciones de Precedencia: Se caracterizan por la dependencia que definen el vínculo lógico entre sus eventos y actividades. Las relaciones pueden tener atrasos en unidades de tiempo, el cual se denomina "LAG". Las relaciones no representan trabajo y no pueden contener recursos.

Existen cuatro tipos de dependencia:

Relación Finish to Start (FS): Este tipo de relación tiene el vínculo lógico, uniendo el inicio de la actividad sucesora (B), con el fin de la actividad predecesora (A). Esta relación indica que la actividad sucesora no puede iniciar, hasta que la actividad predecesora haya finalizado.

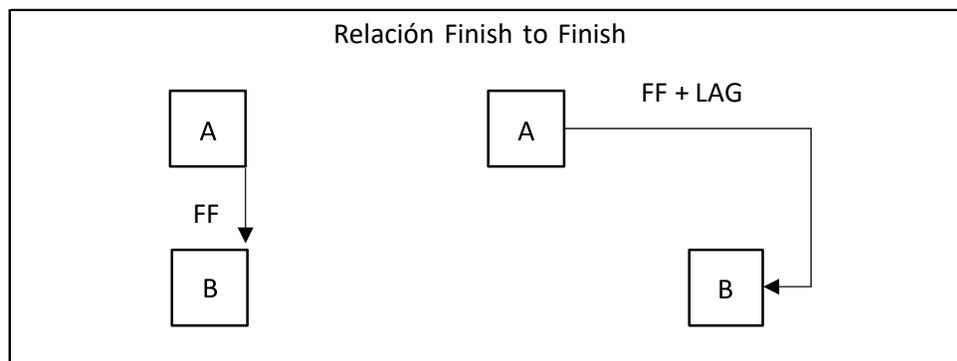
Figura 2 Relación Finish to Start



Fuente: Elaboración Propia

Relación Finish to Finish (FF): Este tipo de relación tiene el vínculo lógico, uniendo el fin de la actividad sucesora (B), con el fin de la actividad predecesora (A). Esta relación indica que la actividad sucesora no puede finalizar, hasta que la actividad predecesora haya finalizado.

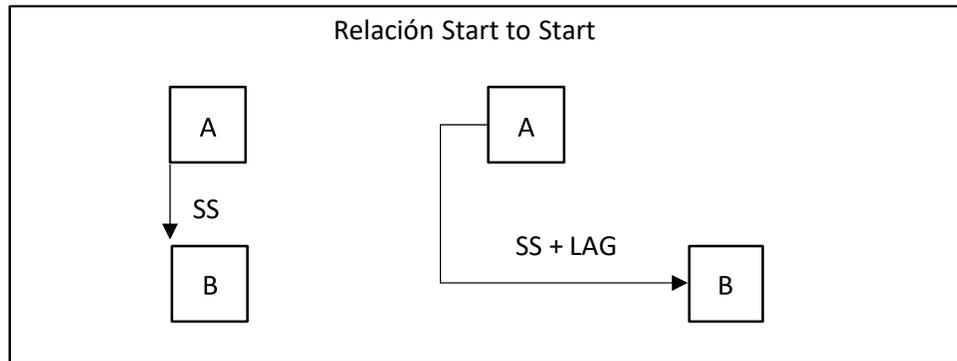
Figura 3 Relación Finish to Finish



Fuente: Elaboración Propia

Relación Start to Start (SS): Este tipo de relación tiene el vínculo lógico, uniendo el inicio de la actividad sucesora (B), con el inicio de la actividad predecesora (A). Esta relación indica que la actividad sucesora no puede iniciar, hasta que la actividad predecesora haya iniciado.

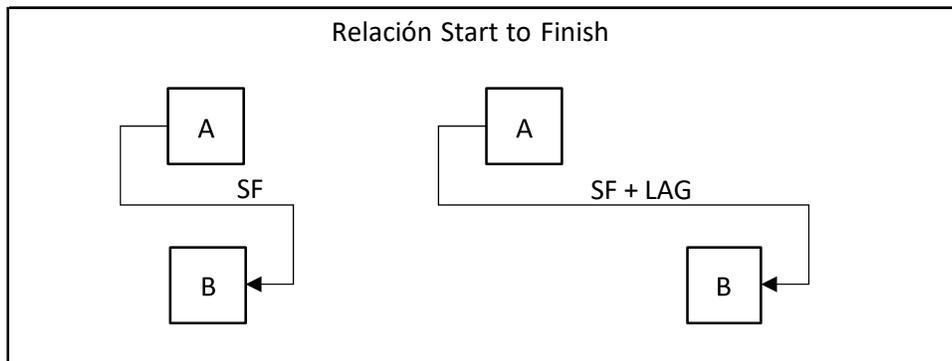
Figura 4 Relación Start to Start



Fuente: Elaboración Propia

Relación Start to Finish (SF): Este tipo de relación tiene el vínculo lógico, uniendo el fin de la actividad sucesora (B), con el inicio de la actividad predecesora (A). Esta relación indica que la actividad sucesora no puede finalizar, hasta que la actividad predecesora haya iniciado (Carson, 2014).

Figura 5 Relación Start to Finish



Fuente: Elaboración Propia

Cálculo de red de precedencia PDM:

Early Start (ES): La fecha de inicio temprano de una actividad, es el fin temprano más tardío de cualquiera de sus actividades predecesoras.

Early Finish (EF): La fecha de fin temprano de una actividad es igual al inicio temprano más la duración.

$$EF = ES + \text{duración}$$

Late Finish (LF): La fecha de fin tardío de una actividad, es igual al inicio temprano más tardío de más temprano de cualquiera de sus actividades sucesoras.

Late Start (LS): La fecha de inicio tardío de una actividad es igual a su fin tardío menos su duración.

$$LS = LF - \text{duración}$$

Total Float (TF): La holgura total es igual al inicio tardío menos el inicio temprano de cada actividad. (Mubarak, 2019)

$$TF = LS - ES$$

2.1.2. Tipos de Cronogramas CPM

Cuando se tratan de análisis de atrasos, un buen punto de partida es la revisión de los cronogramas.

Cronograma Línea base o As Planned:

Un cronograma línea base es la base para gestionar el alcance de proyecto, el periodo de tiempo para completarlo y los recursos que requiere. La línea base es el objetivo designado y es sujeto a un proceso de control (GAO-16-89G, 2015).

El cronograma As Planned constituye un documento que refleja la intención del constructiva del contratista y es preparada desde la etapa de licitación y presentada luego del periodo de adjudicación del proyecto. Esta línea base deberá poseer una ruta crítica, exigida por el propietario (Soto, 2020).

Cronograma As Built:

Un cronograma As Built es la representación gráfica del progreso de las actividades, según los registros históricos del proyecto.

Estos reflejan los cambios de estrategias y flujos de trabajo en las actividades durante el periodo de ejecución del proyecto, estos cambios deberán ser documentados para mantener la trazabilidad del cronograma As Built. Los cronogramas As built representan lo sucedido hasta el final del proyecto, es decir cuando el proyecto se ejecutó al 100%.

Cronograma Up date:

Son aquellos cronogramas que reflejan las actualizaciones periódicas realizadas en función a las actividades con progreso hasta un periodo de tiempo y el forecast de ejecución en el proyecto (Soto, 2020).

Los atrasos en la construcción

Los atrasos en los proyectos de construcción suelen presentarse debido a distintas causas que lo originan. Algunas causas típicas de estos son (Soto, 2020).

- Cambios de diseño
- Baja productividad
- Retrabajos
- Problemas de flujo de caja
- Condiciones climáticas
- Escases de materiales
- Problemas de mano del Proyecto
- Condiciones de terreno imprevistas
- Variaciones de metrados

- Demora en la fabricación de equipos
- Fuerza mayor
- Otros.

El vocablo “atraso” se define como el resultado de demorar. Alargar, prolongar, posponer, dilatar y postergar. Todos estos adjetivos advierten un sentido de comparación, por ende, el atraso debe ser medido contra un punto de referencia.

Este punto de referencia podría ser el tiempo planificado de una actividad de construcción estimado según sus ratios o rendimientos de producción estándares de la industria, pero también hubiese sido el tiempo transcurrido si nunca existiese el atraso. Bajo esta perspectiva el atraso debe ser medible, cuantificable y responsabilizado; y demostrarlo de forma comprensible (Soto, 2020).

En los reclamos de construcción, los atrasos se miden en días, Estos días que representan atraso pueden causar daño a cualquiera de las partes en un contrato de construcción y estos días de atrasos tienen un costo asociado (Soto, 2020).

Tipos de atrasos:

Los atrasos que impactan la ruta crítica son los que extienden el plazo del proyecto y se clasifican como excusable o no excusable que está ligada a quien fue el responsable del atraso o demora; y compensable o no compensable.

Atraso Excusable: Un atraso excusable es aquel cuyo evento o impacto que son ajenos a la gestión del contratista. Es decir, se excusa de toda responsabilidad al contratista y es merecedor de una ampliación de plazo.

Atraso No Excusable: Los atrasos no excusables son aquellos cuyos eventos o impactos no son ajenos a la gestión del contratista. Estos eventos están dentro de la gestión del contratista y pudieron ser previstos por el. Estos atrasos no generan una extensión de plazo a favor del contratista, sino por el contrario lo perjudican de acuerdo con las cláusulas del contrato, como las penalidades.

Atrasos Compensables: Estos atrasos es donde la parte afectada recibe un reconocimiento monetario, dado que el evento o impacto fue ajeno a su gestión. Se dan cuando el evento fue causado por el propietario o alguna parte bajo su gestión.

En este caso, el contratista es compensando.

Atrasos No compensables: Estos atrasos afectan la duración del proyecto, pero no le dan derecho al contratista a recibir compensación monetaria por dicho evento (Soto, 2020).

Clasificación de los Atrasos:

Tomando en cuenta las cuatro definiciones mencionadas anteriormente, sobre las bases de los conceptos (excusable, no excusable) y (compensable y no compensable) se da lugar a la siguiente clasificación de atrasos (Soto, 2020).

Cada atraso incremental a lo largo de la ruta crítica de un proyecto de construcción debe cuantificarse de forma independiente e identificarse la causa del origen del atraso.

Atrasos Excusables Compensable: En estos eventos, el contratista es eximido de responsabilidad y es compensado monetariamente por los días de atraso del proyecto.

Atrasos Excusables No Compensables: En estos eventos, el contratista es eximido de responsabilidad, pero no es compensado monetariamente por los días de atraso del proyecto.

Atrasos No Excusable No Compensable: Estos son eventos de responsabilidad del contratista, por lo tanto, ni se les excusa ni se les compensa. Si el contrato lo estipula, estos eventos causan penalidades para el contratista.

Atrasos No Excusable Compensable: Esta clasificación es muy rara, De hecho, muchos autores consideran que un atraso no excusable es no compensable al contratista, ya que no se han justificado los atrasos (AACE, 2011).

Fragnets: Consiste en una o más actividades que representan un cambio u otros impactos que no eran parte del plan original del proyecto (Daza, 2019).

Un fragnet no es sino un fragmento de una red lógica CPM, de un grupo de actividades atadas lógicamente mediante relaciones lógicas que representan la historia o secuencia del atraso; para luego evaluar el impacto en el cronograma total del proyecto (Soto, 2020).

Fragnet, no es sino un fragmento de una red lógica o de un cronograma CPM, un grupo de actividades atadas lógicamente mediante relaciones (AACE, 2011).

Análisis Retrospectivo versus Prospectivo:

Existen técnicas de evaluación de atrasos que se consideran prospectivas porque son utilizadas cuando el evento de atraso aún no ha terminado; y otras técnicas son retrospectivas porque son usadas cuando el evento de atraso ya culminó (Soto, 2020).

Análisis Retrospectivo: Los análisis retrospectivos se realizan después de que se ha producido el evento de atraso y se conocen los impactos. El tiempo puede ser poco después del evento de retraso, pero antes de la finalización del proyecto o después de la finalización del proyecto completo. Tenga en cuenta que los análisis prospectivos “Additive modeling” realizados después de la finalización del proyecto siguen siendo retrospectivos en términos de tiempo (AACE, 2011).

Cuando hablamos de análisis retrospectivo significa que nuestro proyecto ya terminó. No obstante, para nuestros intereses la acepción de la palabra retrospectivo no queda ahí, ya que es posible hacer análisis retrospectivo aun cuando la construcción del proyecto no ha finalizado (Soto, 2020).

Análisis Prospectivo: Los análisis prospectivos se realizan antes del evento de retraso o al mismo tiempo del evento de retraso. El análisis prospectivo consiste en la mejor estimación del analista de eventos futuros. El análisis prospectivo ocurre mientras el proyecto aún está en marcha. Este análisis si es que se realiza después de que se completa el proyecto, se considera retrospectivo (AACE, 2011).

Desde el punto de vista del efecto que tuvo el atraso, existen técnicas consideradas como prospectivas dado que el efecto del atraso aún no se ha manifestado totalmente, entonces se puede realizar una predicción de los daños causados (Soto, 2020).

Métodos de protección ante reclamos relacionados al Cronograma

Proporcionar al profesional de programación una descripción general de los temas relacionados con los atrasos en el cronograma, así como las diversas prácticas y procedimientos de cronograma que deben considerarse al desarrollar y gestionar el cronograma del proyecto. La precisión e integridad

del cronograma del proyecto es importante para la resolución temprana y exitosa de los problemas de reclamos por atrasos en el cronograma.

Se deben establecer los documentos contemporáneos del proyecto (AACE, 2009):

- Reportes diarios
- Registro de Procura
- Registro de Progreso
- Registro de solicitudes de información (RFI: Request for information).
- Registros o reportes de deficiências.
- Registro de tendencias y potenciales ordenes de cambio.
- Ordenes de cambios.
- Actas de reunión
- Correspondencia (cartas y correos electrónicos)

“NO HAY GANADORES cuando existen atrasos”. Tanto el propietario del proyecto como los contratistas sufren cuando hay un atraso en el proyecto (O'Brien, y otros, 2006).

Cuando el cronograma se desarrolla adecuadamente, se mantiene de forma precisa y es respaldado por la documentación del proyecto, es un elemento vital para resolver con éxito los reclamos por atrasos.

La documentación del proyecto es la principal fuente de evidencias para la verificación de su ejecución. Una fuente rica de registros permite muchas veces resolver los conflictos entre propietario y contratista sin la necesidad de llegar a un litigio. Por el contrario, no contar con una buena fuente de registros, no permite a ninguna de las partes tomar decisiones con la seguridad requería ante cualquier controversia emergente.

Tener buenos registros de los hechos puede representar el inicio de una buena ofensiva o defensiva en las controversias de construcción. Cuando los

documentos registran hechos y estos han sido registrados de manera precisa, son de gran utilidad para analizar la controversia, dado que conservan la verdad, son una gran herramienta de comunicación y tienden a ayudar a la resolución temprana de los conflictos.

Estos documentos de protección ante reclamos son los siguientes

(Soto, 2020):

- Acta de reunión
- Reportes de progreso
- Reportes diarios
- Planos y especificaciones
- Registros de procura
- Requerimientos de información (RFI)
- Correspondencia (Cartas y correos electrónicos)
- El contrato
- Documentación de licitación
- Reportes de costo

Metodologías de análisis de atrasos: Las técnicas utilizadas en el análisis de retrasos que se utilizan frecuentemente y que están reconocidos por los organismos tales como Society of Construction Law” y AACE, que son los organismos más incluyentes a la hora de establecer las técnicas a aplicar para cuantificar los atrasos en un proyecto, así como determinar la responsabilidad de estos.

En definitiva, lo que con estas técnicas se busca es demostrar ante un tribunal o en una negociación con un cliente cuales fueron las causas que han llevado a que un proyecto no cumpla con la fecha contractual de finalización. En el caso de que dichas causas sean producidas por el cliente,

el contratista podría reclamar una extensión para la finalización del proyecto, ser eximido de daños y perjuicios y solicitar además una indemnización por el aumento de los daños ocasionados (Barroso, 2017)

Cuando un proyecto no termina en la fecha planificada y una de las partes se ve afectada en su planificación, esta realiza un reclamo. Si esta parte es el contratista, este enfoque su reclamo en solicitar una mayor extensión de plazo con el reconocimiento de los costos asociados. Por otra parte, si esta fuera el dueño, ese reclamo se enfocaría en la aplicación de penalidades del contrato. En estos casos se hace necesario demostrar porque se atrasó el proyecto, de quien es la responsabilidad y cuando sucedieron los eventos de atraso.

Si bien actualmente no existe un consenso de cuantas metodologías de atraso existen, se agrupan las diferentes aplicaciones de las técnicas en: (Soto, 2020):

Método As-planned vs. As-built (APAB): Una comparación adecuada permite la determinación del CPM de construcción del proyecto, y la identificación y cuantificación de eventos de atrasos (AACE, 2011).

Si bien este enfoque es muy práctico, no es científicamente preciso. El proceso de comparación puede ser subjetivo al determinar el CPM real según construcción y la medida en que el desempeño planificado del contratista se vio afectado por eventos identificables que afectaron el tiempo. Donde haya una deficiencia en el mantenimiento de registros contemporáneos, puede haber dificultades para reconstruir un escenario histórico de construcción día a día completamente preciso, ya que nadie puede decir las restricciones reales que prevalecieron en el trabajo (AACE, 2011).

La metodología de atraso As Planned vs As Built, es una técnica muy utilizada en las controversias alrededor del mundo. Se trata de una metodología exclusivamente observacional, la cual hace su uso muy recurrente por los analistas de atrasos. Sin embargo, su empleo debe ser circunscrito a ciertas situaciones favorables para su uso. Este método funciona bien tanto en redes CPM como en simples representaciones bar chart o barras sin relaciones entre actividades.

En esencia el método APAB consiste en la comparación de la línea base con un cronograma as-built. Las diferencias, que son identificadas visualmente, deben ser explicadas o justificadas para dar sustento a la controversia que se está presentando (Soto, 2020).

Ventajas:

- Es un método muy bueno cuando no se tienen los archivos nativos de los cronogramas, sino que hay copias impresas, fotográficas, correspondencia, informes y actas de las reuniones.
- Las conclusiones son soportadas con registros del Proyecto y hechos.
- Debido a que este no es un modelo dinámico, se puede mantener un registro de sus supuestos y, si fuera necesario, se puede cambiar fácilmente de supuesto.
- Es un método fácil de comprender.
- No es necesario tener recursos con un alto conocimiento de software de planificación.

Debilidades:

- Para desarrollar este método es necesario tener registros As-built.
- Debido al hecho de que este método se sustenta en una narrativa basada en la comparación de un cronograma As-Planned frente a uno

As-Built, es probable que aumente la complejidad a medida que crecen el número de causas y efectos.

- Es necesario tener un cronograma As-built, es decir, la última actualización del cronograma en el momento de finalización del proyecto. Esto no siempre es posible debido a la desmovilización de los recursos a medida que finalizan los proyectos.
- Requiere un analista experto para deducir la ruta crítica As-built.
- El cronograma as-built tiene que ser razonable y debe de ser aprobado por todas las partes.
- Al comienzo del proyecto lo habitual es que los cronogramas as-planned se desarrollen con menos información y detalle y, a medida que avanza el proyecto y se va teniendo más información, se incorpora en el cronograma en forma de actividades. Esto significa que al final del proyecto se tendrá un cronograma as-planned que no se corresponda con el de fin del Proyecto y por lo tanto, dificulta o incluso imposibilita la comparación entre ambos.

Método Impact As-planned (IAP): Esta metodología impact As-planned se ha caracterizado como un enfoque teórico que pasa por alto la historia real del trabajo y, por lo tanto, se reconoce como básica para evaluar los eventos de atrasos en los proyectos (AACE, 2011).

El “Impact As-Planned”, se utiliza para ayudar a demostrar la extensión de plazo de un proyecto, cuando tenemos un cronograma aprobado por el contratista y por el cliente. Funciona muy bien cuando el evento de atraso se produce al inicio del proyecto.

Esta técnica es bastante criticada debido a que no tiene en cuenta cuál es el estado del proyecto en el momento en el que tiene lugar los atrasos, es decir no tiene en cuenta los posibles atrasos que arrastran el proyecto.

Esta técnica no es válida para identificar la concurrencia real. Por concurrencia se entiende que dos eventos de atrasos suceden a la vez, que ambos tengan consecuencias en la fecha fin del proyecto y que sean responsabilidad del contratista y del cliente, respectivamente (Barroso, 2017).

Dentro de las metodologías de análisis de atrasos existentes esta es una de las técnicas más simples a ser empleada en un cronograma CPM de un proyecto, para determinar los impactos que pudiesen derivarse de los eventos de atraso. Por su extrema simplicidad, es una de las técnicas más usadas del mundo. Su uso extendido no debe confundirse con casos de éxito; o mayores fortalezas frente a otras metodologías. En el IAP, los atrasos son incorporados en forma de actividades en el cronograma considerando como línea base del proyecto o también llamado programa As Planned. El IAP es una técnica aditiva, ya que añade eventos de atrasos a la línea base del proyecto (Soto, 2020).

Ventajas:

- No es necesario tener un cronograma as-built.
- Es fácil de implementar, no requiere demasiado tiempo y tiene bajo coste.
- Funciona bien en los proyectos con lógica prescriptiva, es decir cuando los trabajos deben ejecutarse de una manera determinada.
- No se necesitan recursos altamente calificados.

Debilidades:

- No considera la situación del proyecto cuando ocurrió el impacto (es posible que en ese momento el proyecto ya estuviera retrasado por otras causas).

- No considera medidas de mitigación ni aceleración tomadas por el contratista para intentar reducir los efectos de los retrasos.
- Toda la holgura que tiene el cronograma es consumida por la parte que genera el evento de retraso.
- Los resultados son muy teóricos y el ejercicio puede dar resultados poco realistas, esto es más pronunciado cuando hay un alto porcentaje de relaciones preferenciales.

Método Collapsed As-built (CAB): Este método se basa en otro modelo dinámico como los anteriores, con la gran diferencia de que en lugar de añadir los fragnets aquí se eliminan del modelo y se calcula cual hubiera sido la fecha fin de proyecto de no haber sucedido dichos hechos. Esto genera, además, derechos de extensión en plazo. Este método se basa en datos históricos que reflejan costes y retrasos incurridos y, por lo tanto, es válido para reclamar pérdidas y gastos. No obstante, no es válido para identificar acciones de concurrencia, mitigación y aceleración realizadas durante la vida del proyecto, ya que esta técnica se basa en la reconstrucción de un cronograma as-built (Barroso, 2017).

Con la metodología Collapsed As Buil entramos en el campo de las técnicas con mayor grado de sofisticación, con un poco más de complejidad y que necesitan de cierta experiencia para asegurar su correcta realización. Se dice que esta metodología es la antesis de la técnica IAP, ya que en el Collapsed As Built se extrae los eventos que representan los atrasos de un cronograma as-buil, contrariamente a lo que sucede en la IAP, que se basa en la adición de eventos de atraso en un cronograma teórico como lo es la línea base.

La técnica CAB también conocida mundialmente como la metodología As Built But For (ABBF); o simplemente como el método “But For”. Este tipo de análisis inicia con la creación de un cronograma as built desde cero o con el

mejoramiento de uno ya existente. En este cronograma se debe identificar los eventos de atraso, los que luego serán removidos del cronograma y así demostrar cómo le hubiese ido al avance del proyecto si no (“but for”) hubiesen ocurrido dichos eventos (Soto, 2020 pág. 109).

Ventajas:

- En muy gráfico y fácil de entender.
- Se basa en un modelo de cronograma as-built que muestra cual habría sido la fecha fin del proyecto de no haber sido por la aparición de un evento de atraso en particular.
- No requiere tener un cronograma as-planned aprobado, ni su up date.

Debilidades:

- Técnica para expertos, debido a que es necesario desarrollar un programa as-built con sus relaciones.
- Requiere de registros buenos y detallados
- Toma Tiempo
- Sujeto a manipulación

Método Time Impact Analysis (TIA): El método del TIA es similar al método del Análisis por ventanas; sin embargo, se enfoca en el atraso particular, no en un periodo de tiempo que contiene los atrasos. El evento intermedio se aplica a un cronograma up date que representa el estado del proyecto inmediatamente antes de que ocurra el evento (AACE, 2006).

Comúnmente conocido como TIA por sus siglas en inglés y son muchos los consultores alrededor del mundo que la eligen asumiéndola como la mejor técnica. De hecho, si bien en la mayoría de los contratos de construcción entre el propietario y contratista no se estipula la metodología de análisis de

atraso que se debe aplicar para resolver controversias de extensión de plazo, los pocos contratos que, si proponen una técnica a utilizar, aluden al TIA.

Una de las razones podemos encontrarla en la primera edición del protocolo de atrasos y interrupción de la Society of Construction Law (SCL) de Reino Unido. En su protocolo del 2002 la SCL recomienda el uso del TIA y en su segunda edición del 2017, no hace referencia al uso exclusivo de una técnica en particular (Soto, 2020).

Ventajas:

- Contemporaneidad de los hechos.
- Resolución temprana de controversias.
- Considera los cambios de la ruta crítica.

Debilidades:

- Necesita buena data as built
- Puede ser complejo de elaborar
- Puede tomar tiempo
- No es muy retrospectiva
- Puede esconder manipulación no intencional.

Método Análisis de Ventanas o Periodos Contemporáneos: El análisis de ventanas o análisis de periodos contemporáneos también permite la evaluación del efecto de diferentes tasas de progreso en diferentes fases del proyecto. La selección del tamaño de la ventana generalmente se basa en los principales hitos del proyecto o en los principales atrasos. Empezando desde el cronograma as-planned, cada ventana es analizada por separado introduciendo información contemporánea del periodo en el cronograma, incluyendo el inicio y fin actual de una actividad, y atrasos. Los atrasos

generalmente se introducen como nuevas actividades vinculadas a actividades impactadas. Esto forma eventos construidos que se extienden hasta el final de la ventana. La parte residual del cronograma, hasta el final del proyecto, permanece sin modificaciones (Sin atrasos). Si la duración del proyecto cambia, las actividades críticas se analizan para asignar la responsabilidad. Si hay atrasos concurrentes, ambas partes comparten la responsabilidad y no se pueden cubrir los daños. Este proceso continuo hasta que todas las ventanas están analizadas, formando el cronograma As-built. Al final del análisis, el total del retraso del proyecto es la sumatoria de todos los retrasos en todas las ventanas (AAE, 2011).

2.1.2. Aspectos Normativos

Estándares de análisis de atrasos (Taxonomía)

Describe los métodos de análisis forense de cronograma identificados y oferta orientaciones en la aplicación de estos.

Una vez que es adoptado en método y seguido los procedimientos recomendados, aun así, no es seguro la solidez del contenido esencial, una vez que esa práctica recomendada mantén foco en proceso y no en esencia. Los protocolos de los métodos de implementación consisten en los siguientes:

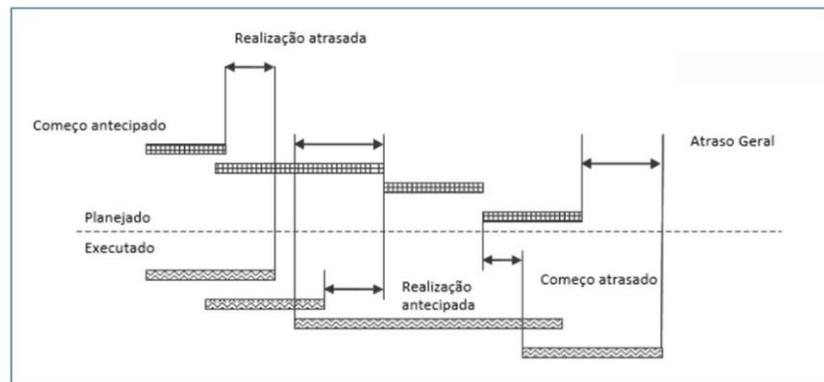
MIP 3.1 Observacional – Lógica Estática y sin Periodos: La MIP 3.1 del AAE compara la línea base o cronograma planeado con el ejecutado o actualizado que refleja el avance y las fechas de comienzo y fin planeadas con fechas de comienzo y fin actuales.

Aplicación: Se utiliza solo en casos relativamente simple (una única cadena claramente definida de actividades sobre la ruta más larga y que permaneció

como la ruta más larga durante la ejecución del proyecto) y no debe ser utilizado en casos de larga duración o donde hay cambios significativos entre el alcance del trabajo planeado original y el alcance final ejecutado.

En su aplicación más simple, el método ni implica cualquier uso explícito de la lógica CPM y puede ser simplemente un estudio observacional de fechas de comienzo y fin de varias actividades.

Figura 6 MIP 3.1 Observacional – Lógica Estática y sin Periodos



Fuente: <https://aacei.org.pe/2021/03/02/congresos/>

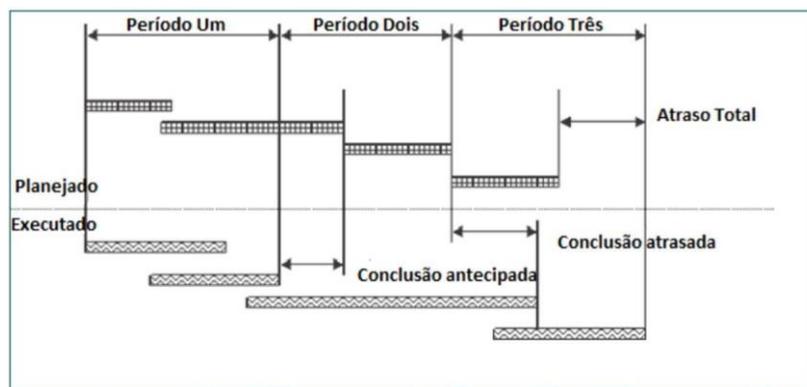
Mínimo Protocolo de utilización:

- Adecuado para el análisis de proyectos cortos con variaciones mínimas de lógica.
- Se puede realizar de una manera sencilla para comprender y simple para presentar.
- Técnicamente sencilla de ejecutar comparado a otras técnicas MIP.
- Se puede realizar con cronogramas rudimentarios de datos ejecutados.
- Actividades ejecutadas deben se estrechamente correlacionadas con actividades planeadas.
- Datos de ejecución utilizados deben ser precisos y validados.
- No identifica solo la ruta crítica ejecutadas.

MIP 3.2 Observacional – Lógica Estática y Periódica: La MIP 3.2 del AACE es una técnica observacional que compara la línea base u otro cronograma planeado con el cronograma ejecutado o actualizado que refleja el avance. Pero, este método analiza el proyecto en varios segmentos, en vez de analizarlo continuamente y como un todo.

Aplicación: En su rango de aplicación, el MIP 3.2 comparte las características del MIP 3.1. La ventaja, realizar el análisis en dos o más períodos de tiempo es que los atrasos o aceleración pueden ser más precisamente identificados en eventos particulares. Sin embargo, el hecho de que el análisis es segmentada en periodos no aumenta o disminuye la precisión técnica de este método cuando comparado con el MIP 3,1 pues la comparación continua a ser entre el realizado y línea base original o cronograma planeado. La segmentación es útil para mejorar la organización del proceso de análisis y permitir la definición de prioridades.

Figura 7 Observacional – Lógica Estática y Periódica



Fuente: <https://aacei.org.pe/2021/03/02/congresos/>

Mínimo Protocolo de utilización:

- Permite segmentación lógica relativa a las duraciones de los proyectos más argos que el MIP 3.1

- Adecuado para el análisis de proyectos cortos con cambios mínimos de lógica.
- Se puede realizar de un modo fácil de comprender y simple para presentar.
- Técnicamente simple de ejecutar si compara a otros MIP, excepto MIP 3.1. Sin embargo, aún es relativamente demorado cuando implementado correctamente.
- Se puede realizar con cronogramas rudimentarios y datos ejecutados.
- Actividades ejecutadas deben ser estrechamente relacionadas con actividades planeadas.
- Datos de ejecución utilizados deben ser precisos y validados.
- No identifica solo la ruta crítica ejecutada.

MIP 3.3 Observacional – Lógica Dinámica y Update Contemporáneos:

La MIP 3.2 del AACE es una técnica que utiliza las actualizaciones del cronograma del proyecto para cuantificar la pérdida o ganancia de tiempo a lo largo de una ruta de lógica o se ha cambiado crítica y identifica las actividades responsables por el atraso crítico o ganancia.

Aplicación: Se utiliza de cronogramas actualizados cuya lógica puede haber sido cambiada por las actualizaciones anteriores, así como por la línea base, siendo así es considerado un método de lógica dinámica.

Es clasificado simultáneo debido a la actualización simultáneas con la ejecución del proyecto, pues las actualizaciones son evaluadas casi completamente sin ser tocadas.

Procedimientos y mejoras de implementación específica:

- **Todos los periodos:** EL análisis es realizado en todas las actualizaciones simultáneas, si los periodos son de amplitud fija o

variable es dictada por la frecuencia de las actualizaciones simultaneas, no por el analista forense.

- **Períodos Agregados:** El análisis es realizado en periodos agregados puede contener dos o más actualizaciones con la misma ruta crítica planeada siendo comparado para determinación del error.
- **Periodos Bloqueados:** Bloquear es la suma de los errores obtenidos en varios periodos continuos de una implementación de periodos totales, mientras que la agrupación salta del cálculo de erros individual para periodos dentro del grupo.

Mínimo Protocolo de utilización:

- No se puede implementar si las actualizaciones de los cronogramas simultáneos no existen.
- Utiliza como principal herramienta un conjunto de cronogramas simultáneos que ya están familiarizados con las partes en disputa.
- Puede aumentar la credibilidad si se puede demostrar que los participantes del proyecto utilizaron los cronogramas simultáneos en la gestión y construcción del proyecto.
- Mostrar la dinámica de la evolución de los eventos y condiciones, pues considera la perspectiva en tiempo real de las condiciones del proyecto y el conocimiento de los participantes del proyecto durante cada periodo de actualización.
- Considera la naturaleza dinamiza de la ruta crítica porque identifica cambios en la misma entre las actualizaciones.
- Los atrasos o el ahorro de tiempo se pueden asignar a actividades específicas.
- Procesos de preparación de datos puede ser más rápido que otros métodos que requieren un programa de tiempo de ejecución separado.

- Este método se puede utilizar para identificar y cuantificar específicamente la aceleración.

MIP 3.4 Observacional – Lógica Dinámica y Updates Contemporáneos

Partidos: La MIP 3.4 del AACE es una técnica idéntica al MIP 3.3 en todos los aspectos, excepto que para cada actualización de un archivo intermedio se crea entre la actualización actual y anterior una constante información de progreso sin ninguna revisión de terceras intermedias.

Aplicación: El proceso implica la actualización anterior con los datos de progreso actual, recalculando la actualización anterior utilizando la fecha base actual. Este es el cronograma intermedio o el cronograma de media etapa. La clasificación de dividir distingue ese método de MIP 3.3 por el hecho de que las actualizaciones son evaluadas después del proceso de bifurcación que divide la actualización de progreso puro de las revisiones de no progreso.

Procedimientos y mejoras de implementación específica:

- **Todos los periodos:** El análisis se realiza para todas las actualizaciones simultaneas, si los periodos son de amplitud fija variable es dictada por la frecuencia de las actualizaciones simultaneas, no por el analista forense.
- **Períodos Agregados:** El análisis realizado en periodos agrupados puede contener dos o más actualizaciones con la misma ruta crítica planeada que se compara para determinar la desviación.
- **Periodos Bloqueados:** Bloquear es la suma de las desviaciones obtenidas en varios periodos continuos de una implementación de periodos totales, mientras que la agrupación salta del cálculo de desvío individual para periodos dentro del grupo.

Mínimo Protocolo de utilización:

- Permite más fácil identificación del retraso / anticipo de revisiones del cronograma y otros factores de no progreso en relación con el MIP 3.3
- No se puede implementar si las actualizaciones de la programación simultánea no existen.
- Utiliza como principal herramienta un conjunto de cronogramas simultáneos que ya están familiarizados con las partes en disputa.
- Puede aumentar la credibilidad si se puede demostrar que los participantes del proyecto utilizaron los cronogramas simultáneos en la gestión y construcción del proyecto.
- Contar la dinámica de la evolución de los eventos y condiciones, pues considera la perspectiva en tiempo real de las condiciones del proyecto.
- Considera la naturaleza dinámica del CP porque identifica cambios en el mismo entre las actualizaciones.
- Los retrasos o el anticipo de tiempo se pueden asignar a actividades específicas.
- Proceso de preparación de datos puede ser más rápido que otros métodos que requieren un programa de tiempo de ejecución separado.
- Este método se puede utilizar para identificar y cuantificar específicamente la aceleración.

MIP 3.5 Observacional – Lógica Dinámica y Updates Modificados o

Recreados: La MIP 3.5 del AACE es una técnica parecida al MIP 3.3 o 3.4, Excepto por el uso de cronogramas de actualización simultáneas que ampliamente se han modificado o completamente recreado.

Aplicación: El MIP 3.5 normalmente se implementa cuando las actualizaciones simultáneas no están disponibles o nunca existieron. Es una técnica retrospectiva que utiliza la modificación y la recreación de los cronogramas actualizados para cuantificar la pérdida o ganancia de tiempo a lo largo de una ruta de lógica que era o se tornó crítica e identificar las actividades responsables por el retraso crítico o ganancia.

Procedimientos y mejoras de implementación específica:

- **Periodos fijos:** Los períodos de análisis son de duración prácticamente idéntica y pueden coincidir con períodos de actualización de cronograma regular. La implementación de período fijo se puede procesar en implementaciones agrupadas o bloqueadas como se describe en MIP de 3.3 y 3.4.
- **Períodos Variables:** Los períodos analizados son de diferentes duraciones y se caracterizan por sus naturalezas diferentes, tales como trabajo realizado, tipos de retrasos, eventos significativos, cambios en la ruta crítica, línea de base revisada y / o cronograma operacional contractual en que la obra está y se ejecuta.

Mínimo Protocolo de utilización:

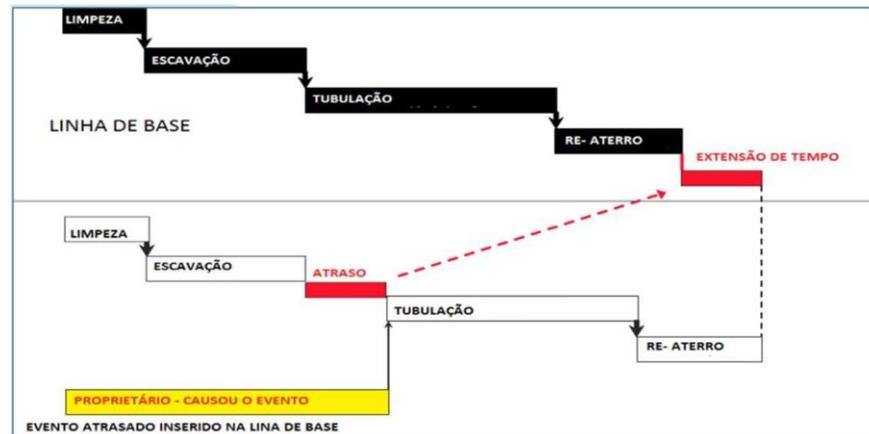
- Capaz de simular el MIP 3.3 y / o 3.4 sin el beneficio de la confiabilidad de las actualizaciones simultáneas de cronograma si las modificaciones y / o reconstrucciones actualizadas son confiables.
- Requiere al menos un cronograma de línea de base y una fuente confiable de fechas ejecutadas.
- Típicamente, cuanto menor sea el número de modificaciones en las actualizaciones del cronograma simultáneo, más confiables son los resultados del análisis.

- Permite la consideración de la naturaleza dinámica de la ruta crítica porque identifica cambios en la misma entre las actualizaciones incluso si no existen las actualizaciones de los cronogramas simultáneos y confiables.
- Permite el uso de la retrospectiva del progreso de las actualizaciones para simular la ruta crítica real.
- Los retrasos se pueden asignar a actividades específicas.
- El proceso de preparación de datos puede ser más rápido que otros métodos que requieren la compilación de un calendario detallado separado de ejecución.
- Este método se puede utilizar para identificar la aceleración.

MIP 3.6 Modelado – Aditivo y de un solo Cronograma: La MIP 3.6 del AACE es una técnica modelada, ya que se fundamenta en una simulación de escenario basada en un modelo CPM. La simulación consiste en la inserción o adición de actividades que representan retrasos o cambios en un modelo de análisis de redes que representa un plan para determinar el impacto hipotético de esas actividades insertadas en la red. Por lo tanto, es un modelo aditivo.

Aplicación: Puede utilizarse de forma prospectiva o retrospectiva. Prospectivamente, se puede utilizar para predecir los impactos futuros, para la descripción y la implementación. Retrospectivamente, cuenta con los cálculos de previsión a la derecha de la fecha base.

Figura 8 MIP 3.6 Modelado – Aditivo y de un solo Cronograma



Fuente: <https://aacei.org.pe/2021/03/02/congresos/>

Procedimientos y mejoras de implementación específica:

- **Inserción Global:** En el método de inserción global, todos los eventos de retraso e influencias se suman y se determina el impacto sobre el efecto combinado de los retrasos adicionales.
- **Inserción por etapas:** Los retrasos se agregan individualmente o en grupos con el cronograma de línea de base y el impacto se determina después de cada inserción iterativa. Para cada evento de retraso introducido en este análisis se debe poder comprobar la duración del retraso, y las actividades predecesoras y sucesoras relacionadas con el retraso, a fin de ejecutar este método objetivamente.

Mínimo Protocolo de utilización:

- Adecuado principalmente para el uso en la identificación y cuantificación de posibles retrasos en vez de retrasos reales.
- Este método puede utilizarse para cuantificar las extensiones de tiempo no compensables, pero no puede, por sí mismo, cuantificar los retrasos compensables, ya que no tiene en cuenta retrasos simultáneos o en curso.

- Este método puede utilizarse para identificar la aceleración, aunque el rendimiento real que es mejor de lo previsto por el uso de este método no puede, por sí solo, necesariamente demostrar la aplicación de medidas de aceleración.
- Intuitivamente fácil de comprender y presentar, y puede ser especialmente entendido por aquellos que no tienen conocimiento de la construcción.
- No requiere un cronograma de ejecución o cronograma de actualizaciones simultáneas.
- Puede ser implementado de forma relativamente fácil y rápida en comparación con otros MIP, pero su confiabilidad es limitada.

MIP 3.7 Modelado – Aditivo y de múltiples Cronograma: La MIP 3.7 es un método distinto del MIP 3.6 por ser de base múltiple. La simulación aditiva se ejecuta en varios modelos de análisis de red que representan el plan, típicamente de calendario actualizado, simultáneo, simultáneamente modificado, o recreado.

Aplicación: Cada modelo de base crea un período de análisis, que se limita a la cuantificación del impacto de retraso. Las actualizaciones normalmente reflejan las revisiones de no progreso, por lo que es un método de lógica dinámica en oposición a un método de lógica estática.

MIP 3.7 es un análisis retrospectivo dado la existencia de los varios períodos, significando que el analista tiene el beneficio de la retrospectiva.

Procedimientos y mejoras de implementación específica:

- **Periodos Fijos:** Los períodos de análisis son de duración prácticamente idéntica y pueden coincidir con períodos de actualización de cronogramas regulares.

- **Períodos Variables:** Períodos variables: Los períodos analizados son de diferentes duraciones y se caracterizan por sus naturalezas distintas, tales como trabajo realizado, tipos de retrasos, eventos significativos, cambios en la ruta crítica, línea de base revisada y / o cronograma operacional contractual en que la obra está y se ejecuta.
- **Inserción global:** En el método de inserción global, todos los eventos de retraso e influencias se suman y se determina el impacto sobre el efecto combinado de los retrasos adicionales.

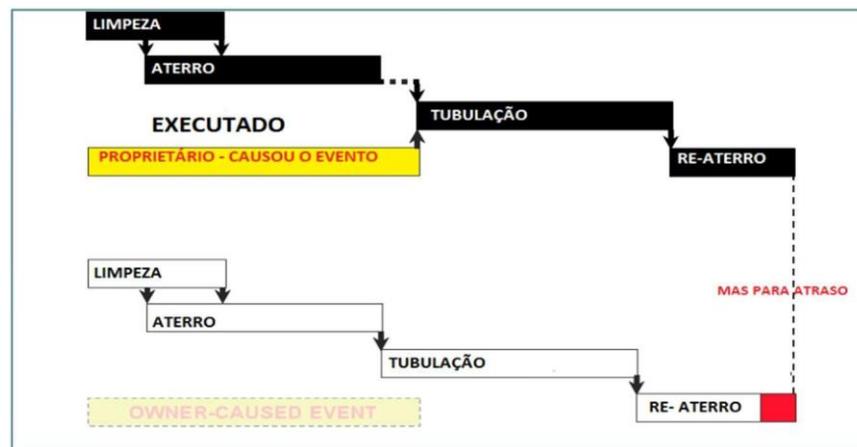
Mínimo Protocolo de utilización:

- Considera el orden cronológico de los retrasos mejor que MIP 3.6.
- Se puede ejecutar de forma relativamente fácil a lo largo del proyecto como mecanismo de control, cuando se implementa como la AACE Práctica Recomendada 52R-06 - Análisis del tiempo de Impacto, así como para el uso forense, como se describe en esta práctica recomendada.
- Se tienen en cuenta los cambios en la ruta crítica crítico a medida que ocurren en el proyecto.
- Requiere las actualizaciones de los cronogramas de rutina realizados a lo largo de la vida del proyecto.
- Este método puede utilizarse para cuantificar las extensiones de tiempo no compensables, pero no puede, cuantificar los retrasos compensables, ya que no tiene en cuenta retrasos simultáneos o en curso.
- Este método puede utilizarse para identificar la aceleración, aunque el rendimiento real que es mejor de lo previsto por el uso de este método no puede, por sí solo, necesariamente demostrar la aplicación de medidas que aceleran.

MIP 3.8 Modelado – Aditivo y de múltiples Cronograma: El MIP 3.8 es una técnica modelada con simulación de un escenario basado en un modelo CPM. La simulación consiste en la extracción de actividades enteras o una parte de las duraciones de la ejecución que representan retrasos o alteraciones de un modelo de análisis de red que representa la condición de ejecución del cronograma para determinar el impacto de esas actividades extraídas de la red. Por eso, es un modelo sustractivo.

Aplicación: La simulación sustractiva se realiza en un modelo de análisis de una red representante de la ejecución. Por este hecho, es técnicamente un método de lógica estática en oposición a un método de lógica dinámica.

Figura 9 MIP 3.8 Modelado – Aditivo y de múltiples Cronograma



Fuente: <https://aacei.org.pe/2021/03/02/congresos/>

Procedimientos y mejoras de implementación específica:

- **Extracción Global:** Todos los eventos de retraso e influencias se extraen conjuntamente. El impacto se determina como un efecto combinado de los retrasos extraídos.
- **Extracción en curso:** Extracción en curso: Los retrasos se extraen individualmente o en grupos, y el impacto se determina después de cada extracción iterativa. Las Extracciones en etapas deben estar en

orden cronológico inverso de la ocurrencia del evento de retardo. Esto es, el inverso del orden recomendado para el aditivo de MIP 3.6 y 3.7.

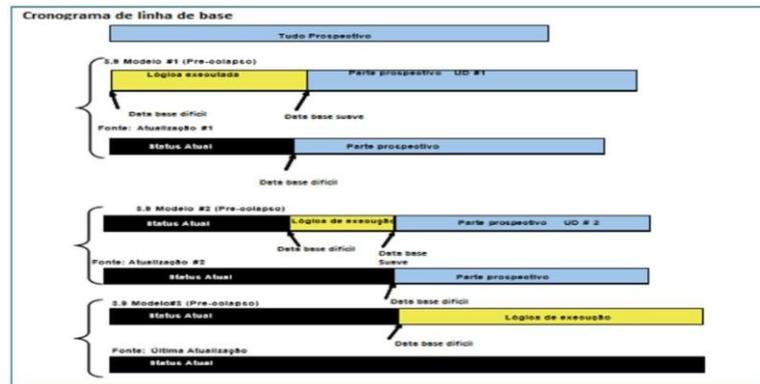
Mínimo Protocolo de utilización:

- El concepto es intuitivamente de comprensión fácil y realizar.
- Es posible aislar los retrasos causados por el propietario y / o el contratista si hay suficientes detalles en cronograma de ejecución.
- Se basa en la historia de acontecimientos reales.
- Puede ser implementado sin ningún cronograma inicial o cronograma de las actualizaciones contemporáneas
- Actualmente hay pocos profesionales con experiencia significativa en realizar correctamente ese método.

MIP 3.9 Modelado – Aditivo y de múltiples Cronograma: El MIP 3.9 es un método distinto del MIP 3.8 por ser de base múltiple. A medida que el proyecto sufre revisiones de no progreso acaba teniendo reacción a las condiciones de ejecución, en contraste con la lógica original de la línea de base, el MIP 3.9 considera estas alteraciones lógicas y, por consiguiente, se piensa estar más en sintonía con la percepción de la ruta crítica, además de la ruta crítica real que existía durante el proyecto, que los métodos que se basan exclusivamente en la línea de base inicial o final de ejecución.

Aplicación: MIP 3.9 parte de un examen técnico importante con MIP 3.5 (observacional / Dinámico / Modificado o recreado), al saber la elección en el uso de retrospectiva o visión ciega en la recreación, y, en el caso de MIP 3.9, modelando actividades que fueron parcialmente concluidas en una determinada fecha base. El MIP 3.9 se utiliza principalmente retrospectivamente.

Figura 10 MIP 3.9 Modelado – Aditivo y de múltiples Cronograma



Fuente: <https://aacei.org.pe/2021/03/02/congresos/>

Procedimientos y mejoras de implementación específica:

- **Periodos Fijos:** Los períodos de análisis son de duración prácticamente idéntica y pueden coincidir con períodos de actualización de cronogramas regulares.
- **Períodos variables:** Los períodos analizados son de diferentes duraciones y caracterizados por sus naturalezas diferentes, tales como trabajo realizado, tipos de retrasos, eventos significativos, alteraciones en la ruta crítica, línea de base revisada y / o cronograma operacional contractual en que la obra está siendo ejecutada.
- **Períodos fijos vs variables:** Similar a la comparación entre la ejecución de todos los períodos y la implementación de períodos agrupados por MIP 3.3, 3.4, y 3.5, la aplicación frecuente de los períodos fijos produce más información que las implementaciones infrecuentes de los períodos variables y se considera más preciso.

Mínimo Protocolo de utilización:

- Responde por cambios en la ruta crítica potencial para cada actualización de la tabla utilizada.
- El concepto es intuitivamente fácil de entender y presente.

- Puede aislar los retrasos causados por el propietario y / o contratado si hay suficiente detalle en la tabla de ejecución.
- Depende de la historia de los eventos reales.
- Este método requiere una tabla con estudio de base y tabla actual subsiguiente además de la tabla de ejecución.
- Relativamente pocos practicantes con experiencia significativa poseen práctica de ejecutar apropiadamente este método.

Elección de la MIP:

Normalmente, los practicantes de los análisis trabajan para un partido en una disputa, y muchas veces hay escepticismo sobre la imparcialidad de una metodología elegida. Así, es muy importante que todos los practicantes entiendan claramente lo que está en juego para sobreponer el escepticismo al elegir y usar un método de evaluación de retraso.

Propósito del análisis:

Generalmente el propósito del análisis forense es cuantificar los retrasos, determinar las causas y verificar la responsabilidad y las consecuencias financieras del retraso. En tal situación, el analista forense puede estar dispuesto a recomendar uno de los métodos observacionales dinámicos o modelados, la tabla abajo muestra un resumen de la conveniencia de los MIPs para algunos usos típicos.

Tabla 1 Eleccion de la MIPs

Uso Forense de Analise	Metodo (MIP)								
	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9
Extensão de Tempo Não-compensável	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Atraso Compensável	OK	OK	OK	OK	OK			OK	OK
Direito a Finalização Mais Ceddo								OK	OK
Atraso Compensável									
Direito ao Bônus se Completar Mais Ceddo	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Interferência Sem Atraso do Projeto	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK		
Aceleração Construtiva					OK		OK	OK	

Fuente: <https://aacei.org.pe/2021/03/02/congresos/>

Fuente disponible y confiable:

La elección de una metodología forense está sustancialmente influenciada por la disponibilidad de fuentes de información que pueden ser validadas y determinadas como confiables para el propósito del análisis. La tabla siguiente muestra las fuentes necesarias para implementar un protocolo mínimo básico para cada MIP.

Los protocolos más grandes necesitarían fuentes adicionales.

Tabla 2 Método (MIIP)

Fonte da Tabela ou Informação	Metodo (MIP)								
	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9
Cronograma Base	Min.	Min.				Min.	Min.		
Atualizações de Cronograma			Min.	Min.			Min.		Min.
Registro Conforme-Construído	Min.	Min.			Min.			Min.	Min.

Fuente: <https://aacei.org.pe/2021/03/02/congresos/>

Validación de la fuente: Proporciona orientación en el proceso de garantizar la validez de los datos de entrada que constituyen las bases de las distintas metodologías del análisis forense del cronograma. Así que, el objetivo primario del SVP es minimizar el error de un método de análisis basado en el error de utilización de datos de origen.

Los Protocolos de validación de origen consisten en:

- **Cronograma As-Planned:** Selección, validación y rectificación. (SVP 2.1): Es el punto de partida de la mayoría de los tipos de análisis forenses de cronograma, así, garantizar la validez de la línea base es uno de los pasos más importantes.
- **Cronograma construido (As-built):** Origen, Reconstruido y Validación (SVP 2.2): El cronograma realizado es una de las más importantes fuentes de datos para la mayoría de los tipos de métodos de análisis forense.
- **Cronograma Actual: Validación, Rectificación y Reconstrucción (SVP 2.3):** Habla de los problemas involucrados en la evaluación del cronograma del proyecto para uso en análisis forense.
- **Identificación y cuantificación discreta de eventos de impacto y Problema (SVP 2.4):** Discute la compilación de informaciones sobre eventos de atrasos, actividades e influencias que son introducidas o extraídas en métodos modelados o utilizadas en la evaluación de los métodos de observación.

2.1.3. Antecedentes

Antecedentes Internacionales

(Astrid Daza e Ingrid Domínguez) en su tesis profesional titulada “ANALISIS DE DEMORAS DE UN PROYECTO DE OBRA CIVIL INVOLUCRANDO EL RIESGO EN EL MUNICIPIO DE PRADERA-VALLE”. Tiene como objetivos “Aplicar un método de análisis de demoras...”, “definir cualitativa mantente actividades critica”. Además, describe los eventos de demoras en los proyectos, identifica los eventos de demoras, clasifica los eventos de demoras y realiza el análisis de demoras con el software Risk Anslisys etc. Concluyendo en lo siguiente: “través de un análisis que se modeló bajo el método de simulación Montecarlo y la herramienta del Gantt probabilístico se

definieron 68 actividades críticas del proyecto seleccionado. De la cuales, ocho se vieron afectadas por los eventos de demora identificados entre el mes de mayo y diciembre de 2018. El impacto de estos eventos se reflejó en una extensión de tiempo de 149 días (Daza, y otros, 2019).

La investigación tiene relación con la investigación actual, pues en sus objetivos tiene 2 pilares de la investigación actual, los cuales son los pasos previos (Identificar los eventos de demora y analizar la ruta crítica), para implementar la metodología de análisis de ventanas.

(Paola Jiménez y Daniel Méndez) es su tesis profesional titulada “CAUSAS DEL RETRASO EN CRONOGRAMA DE PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN COLOMBIANOS: UNA CONSULTA A PROFESIONALES DEL SECTOR”. Tiene como objetivos “identificar las principales causas del retraso en el cronograma de proyectos de construcción en Colombia...”. Además describe en sus etapas de estudio la identificación de los eventos de demoras y concluye en lo siguiente “A partir del listado de causas de retrasos identificado mediante la revisión documental, se consolido un cuestionario a través de la herramienta de Google Forms, el cual fue dividido en dos partes. La primera parte, consistió en la experiencia y rol del profesional en la industria de la construcción y la segunda parte, en el nivel de frecuencia y severidad que con base a la experiencia de cada profesional se presenta en cada una de las causas de retraso en proyectos de construcción...” (Jiménez, y otros, 2021).

La investigación apoya a la investigación actual, pues en sus objetivos tiene 1 pilar de la investigación actual, el cual es Identificar los eventos de demora. Paso preliminar para implementar la metodología de análisis de ventanas.

(Natalia Rudali) en su tesis doctoral titulada “PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN: DETERMINACIÓN DE CAUSAS PRINCIPIOS DE RETRASOS Y DESARROLLO DE MODELOS ESTADISTICOS PARA LA MEJORA”. Tiene como objetivos “analizar en profundidad cuales son las causas principales de retraso en los proyectos de construcción ...” Además, en la metodología hace uso de la taxonomía para la clasificación del método a seleccionar “...que puede concluir que las principales causas de retraso en los proyectos de construcción son los problemas que se producen durante la ejecución, los problemas administrativos y los conflictos laborales, que en conjunto representan casi el 80% de las causas mencionadas en la literatura... (Rudeli, 2019).

La investigación precedente tiene relación con la investigación actual, pues su objetivo principal es el pilar de esta investigación para implementar la metodología de análisis de ventanas. Sin embargo en la taxonomía de medición de cronogramas usa la del EVM y no la de medición de demoras, que fue implementados por la AACE (*Recommended Practice No. 29R-03 Forensic*) a mediados del 2011, para medir los retrasos en las actividades de ruta crítica.

Antecedentes Nacionales

(Wendy Melgar) en su tesis profesional titulada “IMPLEMENTACIÓN DE GESTIÓN DEL TIEMPO PARA CONTROLAR RETRASOS EN OBRAS DE SANEAMIENTO POR ADMINISTRACIÓN DIRECTA DEL MUNICIPIO DISTRITAL DE ASCENSIÓN”. Tiene como objetivos “...la implementación de gestión del tiempo controla los retrasos en las obras...Además en la aplicación de sus etapas define el camino de la ruta crítica como, pilar para la medición de los reatraso. Concluye que las causas de retrasos en el presente proyecto son de: carácter técnico 75%, dentro de los cuales las causas se especificas son las siguientes: (mayores metrados 25%,

adicionales 25 % y modificación de planos 25%); y casos fortuitos- lluvias 25% (Melgar, 2019).

El presente trabajo pone en evidencia la problemática de analizar las demoras de los proyectos de construcción, y en sus etapas cuantifica solo los impactos por mayores metrados, cambios de alcances y no los eventos de tiempos que también complementarían la investigación preliminar.

(Cosme Santos) en su tesis profesional titulada “FACTORES QUE INCIDEN EN RETRASOS DE PROYECTOS PÚBLICOS EN LA ETAPA DE EJECUCIÓN EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO”. Tiene como objetivo establecer los factores que inciden en el retraso de los proyectos en la fase de ejecución (Santos, 2019).

La investigación preliminar pone evidencia la necesidad de analizar las demoras en los proyectos de construcción, que es el concepto base para atender la problemática e implementar medidas de análisis de demoras.

(Aaron Neyra) en su tesis de maestría titulada “IMPLEMENTACIÓN DE LA CONSTRUCTIBILIDAD DEL CRONOGRAMA DE OBRA PARA LA REDUCCIÓN DE RECLAMOS EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN...”. Tiene como objetivo “Analizar los beneficios que resultan de poder emplear metodologías recomendadas por el AACE para la gestión del tiempo. Y tiene como principio definir el camino de la ruta crítica como, pilar para la medición del retraso. (Neyra, 2021)

La investigación precedente en sus objetivos fundamenta la necesidad de analizar la ruta crítica para la medición de los eventos de demoras, además parte de su metodología se fundamenta en las buenas prácticas del AACE que dan soporte a las bases teóricas del presente trabajo de investigación.

2.2. Descripción de las actividades desarrolladas

2.0.1 Etapas de las actividades desarrolladas

Etapa 1: El Proyecto

En esta etapa se describió la necesidad de implementar el proyecto, la estrategia de contratación (EPC) que tuvo, la inversión que sostuvo el caso de negocio, al especialista que implemento el proyecto (Epecista), acuerdos contractuales de la subcontratación para la fase de construcción y la división del alcance del (EPC) en componentes (Unidades) a subcontratar.

Etapa 2: Alcance de los Trabajos Electromecánicos del Área 01 y FCK

En la etapa 2 se describe el alcance de “Trabajos Electromecánicos del Área 01 y FCK” monto de subcontratación, responsabilidades de la empresa, componentes del Suplemento 00 y Suplemento 01, periodo de ejecución, hitos de entrega de los componentes, hitos penalizables de los Suplementos.

Etapa 3: Descripción de Impactos y Demoras

En esta etapa se describe y clasifica los diferentes tipos de impactos y demoras producidas por el Epecista, durante el desarrollo del alcance a ejecutar por la empresa. Los impactos y demoras son los siguientes:

- Demoras y deficiencias en la entrega de materiales
- Demoras y paralizaciones por la no liberación de área de trabajo
- Demoras en la entrega y modificaciones a la ingeniería
- Limitación en uso de recursos
- Paralizaciones por Restricciones
- Cambios de Alcance

Etapa 4: Medidas de Mitigación Implementadas

En esta etapa 4, se describe las medidas de mitigación implementadas por la empresa, para mitigar los impactos producidos por el Epecista. Las medidas de mitigación son las siguientes:

- Trabajos en paralelo y fuera de secuencia
- Personal Directo Adicional
- Mayor utilización de Andamios
- Utilización de mayores recursos indirectos
- Reubicación de Personal
- Priorización de trabajos
- Trabajos en día domingo
- Asistencia en despacho de materiales

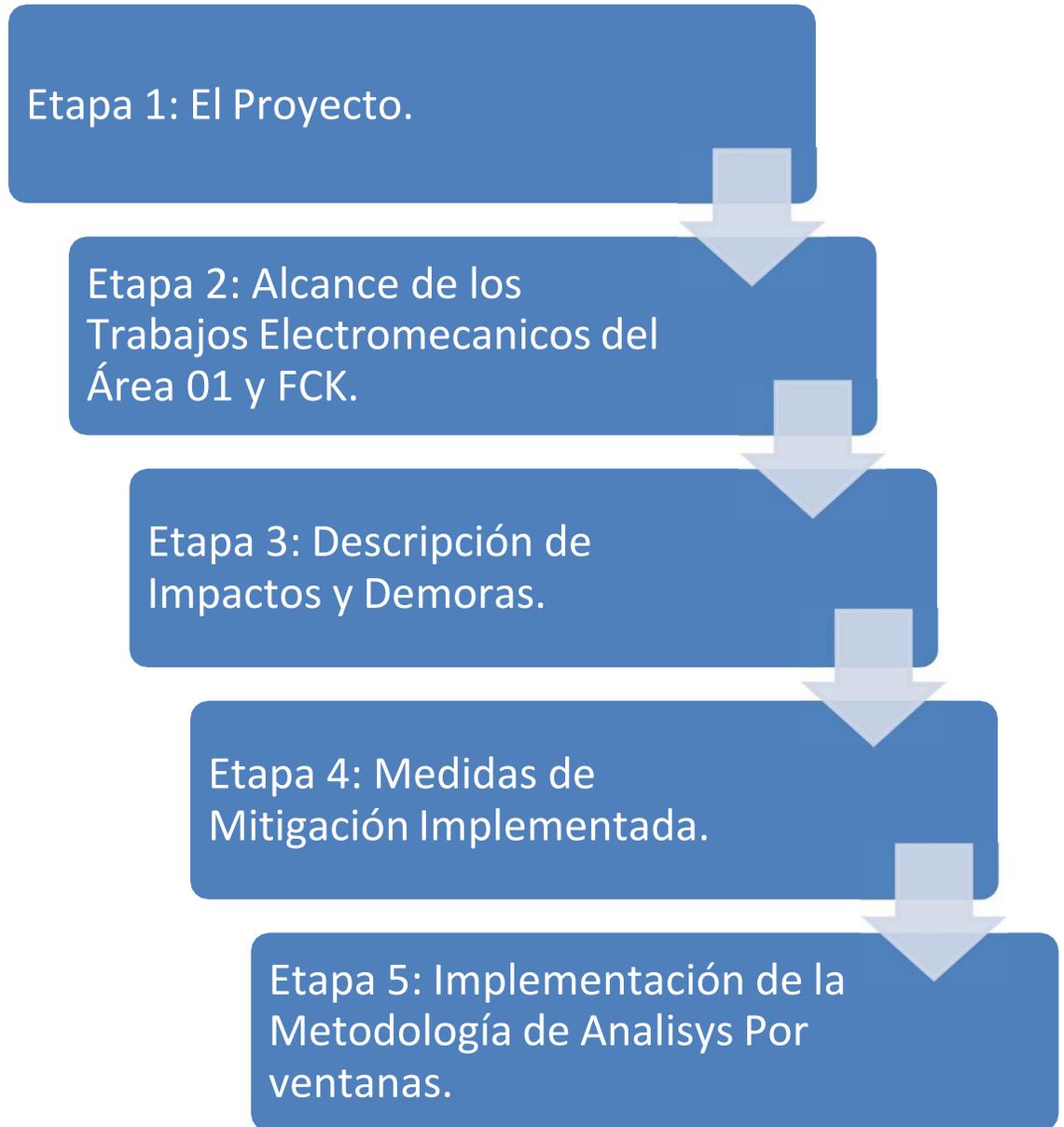
Etapa 5: Implementación de la Metodología de Análisis por Ventanas

En esta etapa 5, se implementará la metodología de análisis de ventanas, ya que el contrato no estipula una metodología de medición de atrasos específica, sino que deja a elección del analista de atrasos seleccionar una metodología que analice los impactos producidos en la ruta crítica.

2.2.2. Diagrama de Flujos

Se muestra el diagrama de flujos donde se describen cada una de las etapas del proyecto, en donde se presentaron eventos de demoras que hacían la necesidad de implementar una metodología para cuantificar estas demoras.

Figura 11 Diagrama de Flujos



2.2.3. Cronograma de Actividades:

Se adjunta el cuadro con los hitos principales de entrega de los suplementos 00 y 01, del cronograma de actividades.

Figura 12 Cronograma de Actividades

Área 1 y FCK		Variaciones del cronograma					
Ítem	Referencia	Suplemento 0 (Sup 0)	Suplemento 1 (Sup 1)	Primer acuerdo transaccional (1 AT)	Primer acuerdo transaccional (2 AT)	Primer acuerdo transaccional (3 AT)	Primer acuerdo transaccional (4 AT)
2	Área o Unidad -->	A1	FCK	A1 y FCK	A1 y FCK	FCK	FCK
3	Inicio actividades -->	24-Jun-16	31-May-17	01-Oct-18	13-May-19	12-Ago-20	18-Ago-21
2	Hito -->	LPA (A1)	LPA (FCK)	LPA (A1 y FCK)	LPA (A1 y FCK)	Aceptación provisonal (A1 y FCK)	Aceptación provisonal (A1 y FCK)
4	Fin de hito -->	24-Dic-17	21-Ene-19	27-Jul-19	30-Jun-20	31-Ago-21	30-Nov-21

Fuente: Elaboración Propia

III. APORTES REALIZADOS

3.1. Evidencias del Proceso de Implementación

Etapa 1: El Proyecto

La Refinería Talara se estableció a principios del siglo pasado, y cuenta con una capacidad de refinación de 65 MBD. Sin embargo, para el año 2008, Petroperú exploraba la posibilidad de aumentar la capacidad de la refinería, permitir el procesamiento de crudos más pesados, y a su vez, modernizar la misma para cumplir con nuevos requisitos ambientales y mejorar su competitividad en el mercado.

A esos efectos, Petroperú bajo la modalidad de contrato Engineering, Procurement, Construction (en adelante, "EPC" por sus siglas en inglés) subcontrato al Epecista para ejecutar los trabajos de ingeniería de detalle, construcción y complementarios para el Proyecto de modernización de la refinería Talara. Sobre este particular, Petroperú estima que el costo total de su inversión es de alrededor de US\$5,400,000,000, siendo el mayor componente de esta su contrato con el Epecista S.A de alrededor de US\$2,762,000,000.

Como parte de estos contratos, el 29 de mayo del 2014, Petroperú adjudica al Epecista el contrato de ingeniería, procura y construcción ("EPC") a un costo de US\$2,700,000,000.

Asu vez, el 29 de mayo del 2014, Petroperú y el Epecista acordaron el contrato de construcción y procura local, en el que se incluían todas las compras en el mercado local, al igual que todos los trabajos de construcción y pruebas del proyecto de modernización de la refinería.

Es como parte de este acuerdo para los trabajos de construcción que el Epecista dividió los trabajos de construcción en varios subcontratos de menor alcance. Estos alcances fueron divididos por los tipos de trabajo (como trabajos

civiles, estructurales, electromecánicos, etc.) y también por las diferentes unidades que componen la obra en general. Estos subcontratos fueron adjudicados a varias empresas constructoras del Perú, incluyendo a la empresa y otras subcontratistas del medio local.

Etapa 2: Trabajos Electromecánicos del Área 1 y FCK

Es así como el 25 de abril del 2017, el Epecista y la empresa celebraron un subcontrato para la construcción e instalación de los trabajos electromecánicos del Área 1 por un precio de US\$85,421,325. (el “subcontrato”).

El alcance de este subcontrato consistía, en general, del montaje, instalación y construcción electromecánica, incluyendo: (i) montaje de estructuras metálicas; (ii) montaje de equipos; (iii) montaje de tuberías; (iv) montaje de electricidad e instrumentación; (v) trabajos de aislamiento, ignifugado y pintura; y (vi) trabajos de precomisionado.

Es de suma importancia destacar que la empresa era responsable por el montaje, mas no así por la ingeniería de detalle, trabajos civiles, y procura de la mayoría de los materiales necesarios para la ejecución de los trabajos (estructuras, tuberías pre-fabricadas y sin pre-fabricar, equipos y cable de electricidad e instrumentación, entre otros) que eran de la entera responsabilidad del Epecista, y que eran precursores para la realización de los trabajos por parte de la empresa.

El subcontrato, solo incluía trabajos en tres de las varias unidades programadas a ser construidas como parte de la expansión y modernización de la refinería. Específicamente, las tres unidades contratadas entre el Epecista y la Empresa, que en conjunto son referidas como el “Suplemento 00”.

- Las Unidades de Tratamiento de GLP y recuperación de Gases II (“Unidad TGL-RG2”) a ser culminada (lista para el arranque) el 5 de diciembre del 2018.
- La unidad de Hidrotratamiento de Diesel (“**Unidad HTD**”), a ser culminada (lista para arranque) el 16 de diciembre del 2018.
- La unidad de Hidrotratamiento y separador de Nafta y Reformador catalítico de Nafta y separador (“**Unidad HTN-RCA**”), a ser culminadas (lista para el arranque) el 21 de diciembre del 2018.

Es importante señalar que aun cuando el Subcontrato indicaba hitos parciales de culminación para las tres unidades, el único hito penalizable en caso de atrasos atribuibles a la empresa era la fecha de término final, establecido como el 24 de diciembre 2018.

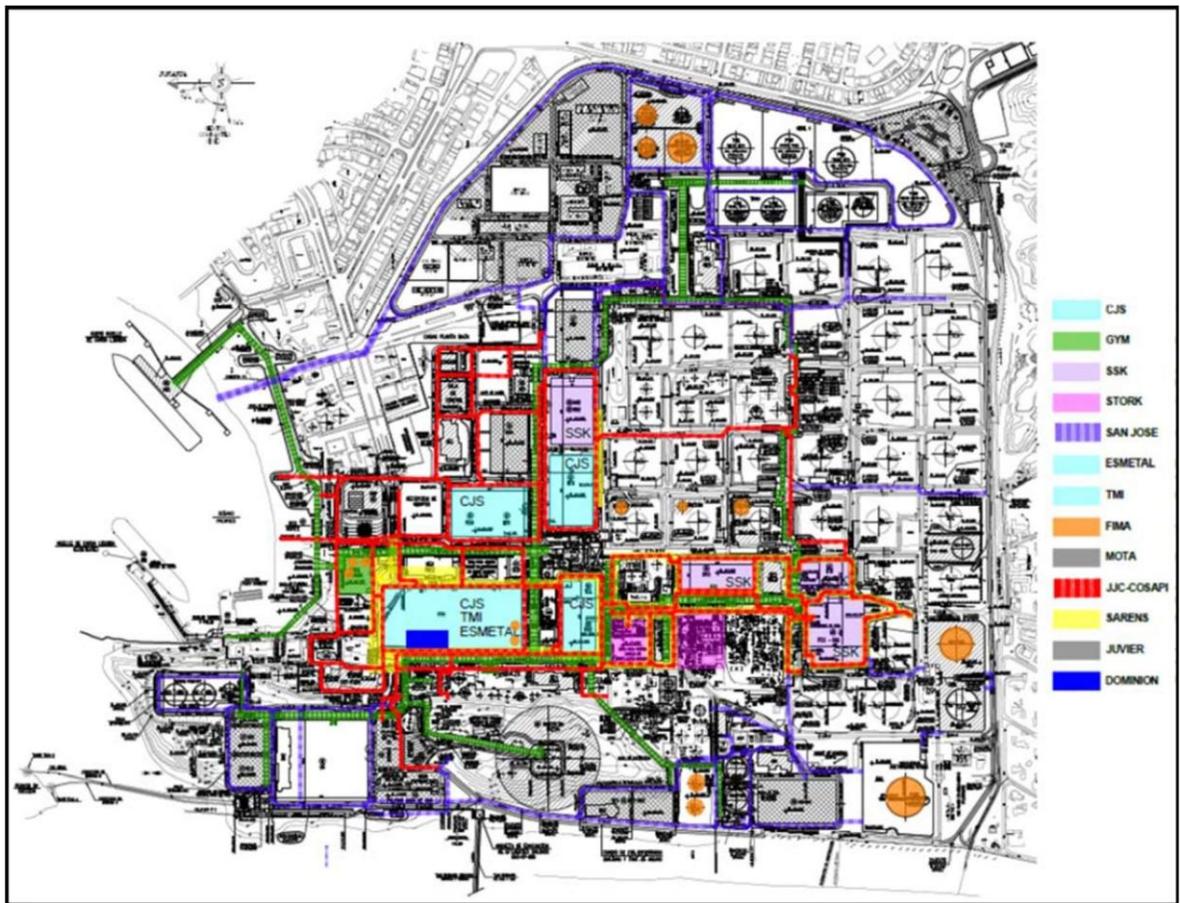
Posteriormente, el 20 de marzo del 2018, el Epecista y la empresa acordaron ampliar el alcance del subcontrato, con la suscripción del “Suplemento 01” al mismo. Bajo este suplemento, se añadió una unidad adicional a los trabajos de la empresa, el Flexicoque y Recuperación de Gases III (“**Unidad FCK**”). El precio para los trabajos de este suplemento era de US\$72,500,000.

El alcance de los trabajos de la empresa en el suplemento 01 era similar a los del Suplemento 00, excepto que, para esta unidad, el Epecista era responsable por el montaje de estructuras metálicas y no la empresa.

El suplemento 01 indicaba una fecha estimada de comienzo de estos trabajos en mayo del 2018, y una fecha de culminación (listo para arranque) para esta unidad 20 meses después del comienzo de los trabajos. A esos efectos, y como se discutirá en las siguientes secciones de este informe, la fecha de culminación requerida para el FCK fue establecida como el 21 de enero del 2020, convirtiéndose entonces en un segundo hito penalizable bajo el subcontrato.

En resumen, el Epecista subcontrato a la empresa para realizar trabajos electromecánicos en cuatro unidades del Área 1 del proyecto de modernización de la refinería Talara (Bajo suplementos 00 y 01), a un costo combinado de US\$157,921,321 o aproximadamente un 6% del alcance contratado entre el Epecista y Petroperú. La siguiente ilustración muestra el alcance de este subcontrato en comparación al alcance general del Epecista y sus otros subcontratos.

Figura 13 Layout de alcance de trabajos por Subcontratistas



Fuente: Elaboración Propia

Así las cosas, los hitos penalizables bajo el subcontrato en caso de los atrasos atribuibles a la empresa lo eran:

- 24 de diciembre del 2018, para la culminación de las unidades HTN-RCA, HTD, y TGL-RG2; y
- 29 de enero del 2020, para la culminación de la Unidad FCK.

Etapas 3: Descripción de los Impactos y Demoras:

Durante el transcurso de la ejecución de los trabajos asignados a la empresa, el Epecista impacto severamente el progreso de los trabajos de la empresa, desde prácticamente el inicio de los trabajos y a lo largo de toda su ejecución. A pesar de que los eventos de impacto se describen en detalle a través de este informe, los ejemplos más incidentes, y que denotan una falta de coordinación por parte del Epecista se resumen a continuación.

- **Demoras y deficiencias en la entrega de materiales:** El Epecista era responsable de suministrar la mayoría de los materiales necesarios para la ejecución de los trabajos: estructuras, tuberías, elementos de soportería, equipos, cables de instrumentación y fuerza, entre otros. De hecho, las partes acordaron que “el procedimiento de retirada de material desde el almacén de la empresa sería por paquetes completos de material por unidad, tramo y plano”. Las fechas de entrega de estos materiales, proyectadas por el Epecista, sirvieron como base para el desarrollo de los cronogramas de la obra.

Sim embargo, la documentación contemporánea muestra que, durante el transcurso del Proyecto, el Epecista ha suministrado material sin obedecer el orden establecido en el cronograma acordado entre las partes y de forma desordenada, resultando en atrasos y interrupciones en los trabajos de la empresa. Además, el Epecista ha suministrado

materiales con defectos de fabricación que han requerido reparaciones, trabajos adicionales y han generado indefiniciones resultando en atrasos y interrupciones adicionales. De hecho, la empresa ha generado alrededor de 180 registros de no conformidad relacionados a materiales suministrados por el Epecista y sus subcontratistas. Algunos de los ejemplos principales de este tema incluyen:

- Atrasos en las entregas de elementos para el montaje de estructuras.
- Demoras en la entrega de pernos para estructuras, en lo que requirió el uso de pernos provisionales, generando re-trabajos, atrasos y interrupciones.
- Defectos en los pernos suministrados por el Epecista que hacían necesario el re-trabajo de estos y las correspondientes placas, requiriendo la remoción de óxido sobre 18,000 pernos ya instalados y la instalación de pernos nuevos suministrados por el Epecista.
- Demoras en la entrega de soportes para bandejas portacables, por problemas del Epecista con sus proveedores, impactando el comienzo de los trabajos de cableado y requiriendo trabajos adicionales por parte de la empresa para la fabricación de los soportes que el Epecista no proveía.
- Paralización de los trabajos de tendido de cables en septiembre del 2018 debido a que el cable suministrado por el Epecista tenía deficiencias de aislamiento y acabados. Esto requirió la remoción de una cantidad significativa de cable ya tendido por la empresa y el subsiguiente tendido de cables nuevos. Las indefiniciones sobre este tema continúan impactando el plazo del proyecto.

- Atrasos en las entregas e incompatibilidades de elementos de estructuras como escaleras, barandillas y grating, los que ha impedido y/o demorado el montaje de ciertos elementos de tuberías y equipos, y además, ocasionando la mayor permanencia de andamios para realizar trabajos en esas áreas.
- **Demoras y paralizaciones por la no liberación de área de trabajo:** El Epecista era responsable de liberar las áreas de trabajo a la empresa de la siguiente manera: (i) para las unidades HTD, HTN-RCA y TGL-RG2, el Epecista debía entregar las áreas con las cimentaciones debidamente construidas por otros subcontratistas; y (ii) para la unidad FCK, el Epecista debía entregar las áreas con sus estructuras debidamente montadas. Los cronogramas para la obra fueron desarrollados con base en las fechas de liberaciones provistas por el Epecista. Sin embargo, las liberaciones de áreas fueron en muchos casos atrasadas, y muchas de ellas no cumplían con los requisitos contractuales. A manera de ejemplo:
 - Paralizaciones extendidas en el montaje de estructuras debido a trabajos correctivos que fueron realizados a cimentaciones realizadas por otros subcontratistas.
 - Atrasos en las liberaciones de áreas en el FCK, además, estas liberaciones ocurrieron en un orden diferente al acordado en el cronograma del proyecto.
- **Demoras en la entrega y modificaciones a la ingeniería:** Contractualmente, el Epecista era responsable por la ingeniería del Proyecto, y los cronogramas del Proyecto se basaban en proyecciones de cuando la misma sería entregada a la empresa. Sin embargo, han existido grandes demoras en la entrega de ingeniería por parte del

Epecista, además de revisiones a la misma durante el transcurso de los trabajos. Además, la ingeniería suministrada por el Epecista ha incluido información conflictiva o no ha incluido información necesaria para la fase de construcción electromecánica, requiriendo aclaraciones por parte del Epecista, las cuales han sido también demoradas. Como ejemplos de este tema podemos observar:

- A mayo del 2018, el Epecista aún continuaba modificando la ingeniería básica del proyecto, lo que a su vez impactaba los planos de montaje necesarios para las construcciones electromecánicas. Esto requirió trabajos adicionales de la empresa y desencadenó demoras y interrupciones.
 - Debido a la falta de información, incompatibilidades, o los conflictos en la ingeniería del Epecista, la empresa ha presentado una cantidad significativa de consultas técnicas (conocidos como “Site Technical Query” o “STQ” y otras como “Requerimiento de información” o “RDI”). Además, las respuestas del Epecista a estas consultas han sido tardías, generando impactos en la secuencia constructiva de la empresa.
 - Además, las modificaciones a la ingeniería continúan, en especial a través de instrucciones de ingeniería (“EI”), de las cuales el Epecista ha solicitado alrededor de 150.
- **Limitación en uso de recursos:** Durante el transcurso del Proyecto, el Epecista ha limitado el uso de ciertos equipos por parte de la empresa, lo que ha alterado los procedimientos constructivos planificados de la empresa, lo que ha generado demoras, interrupciones y sobrecostos. Por ejemplo:

- El Epecista rechazo el uso de líneas de visa para el montaje de estructuras metálicas, requiriendo el montaje de andamios adicionales para la realización de estos trabajos.
- El Epecista paralizó y luego limito el uso de montacargas, impactando los trabajos de transporte de materiales y requiriendo el uso de equipos de mayor costo y mayor cantidad de viajes.
- El Epecista impidió el uso de camiones grúa para trabajos de izaje, carga y descarga de materiales, igualmente impactando estas actividades y generando sobrecostos.

Paralizaciones por Restricciones: Los trabajos de la empresa han sido impactados por temas tales como la demora en la entrega de pases de ingreso de personal, demoras en la entrega de permisos de trabajos, actividades afectadas por evacuación de áreas, evacuación por incendio en la planta y paralización por simulacros de Petroperú.

Cambios de Alcance: A lo largo de la duración del proyecto, el Epecista ha solicitado a la empresa realizar una cantidad significativa de trabajos que se encontraban fuera de su alcance. A esos efectos:

- El Epecista ha indicado 1,000 instrucciones de campo (**“Site Instructions” o “SI”**). Estos cambios representan un valor contractual adicional de alrededor de US\$11,637,735.
- Entre estos cambios se encuentra la fabricación de elementos estructurales de soportería para ambos suplementos y la ejecución de trabajos estructurales en la Unidad FCK, los cuales no formaban parte del alcance de la empresa.

- A pesar de que los costos directos de la mayoría de SI y FEWO han sido aprobados, estos han generado interrupciones y demoras que aún no han sido reconocidos por el Epecista.
- EL Epecista ha rechazado varias solicitudes de trabajo adicionales que la empresa considera como adicionales, que totalizan alrededor de US\$8,367,672. Estas incluyen: (i) apoyo en el almacén del Epecista; (ii) paralizaciones por restricciones; (iii) mayor uso de andamios; (iv) pintados de pernos; y (v) demora en ingreso de personal directo.
- La empresa ha documentado y notificado al Epecista sobre estos impactos durante el transcurso del proyecto a través de correspondencia, informes semanales de progreso, durante reuniones y a través de cronogramas actualizados. Estos eventos desencadenaron en atrasos y interrupciones en todas las unidades, que resultaron en mayor permanencia de la empresa, así como impactos en la productividad de los trabajos y sobrecostos.
- Además de estos impactos, el Epecista no ha provisto a la empresa programas mensuales de construcción de acuerdo con los requerimientos contractuales, añadiendo a los temas de impacto e indefiniciones antes resumidos.

Etapa 4: Medidas de Mitigación Implementadas

Durante el transcurso del proyecto, la empresa ha implementado una serie de medidas de mitigación. A estos efectos, como se discute en detalle en este informe, estas medidas han logrado reducir significativamente el impacto en plazo de los eventos antes mencionados. Lo siguiente es un resumen de algunas de estas medidas implementadas por la empresa, según muestra la documentación contemporánea.

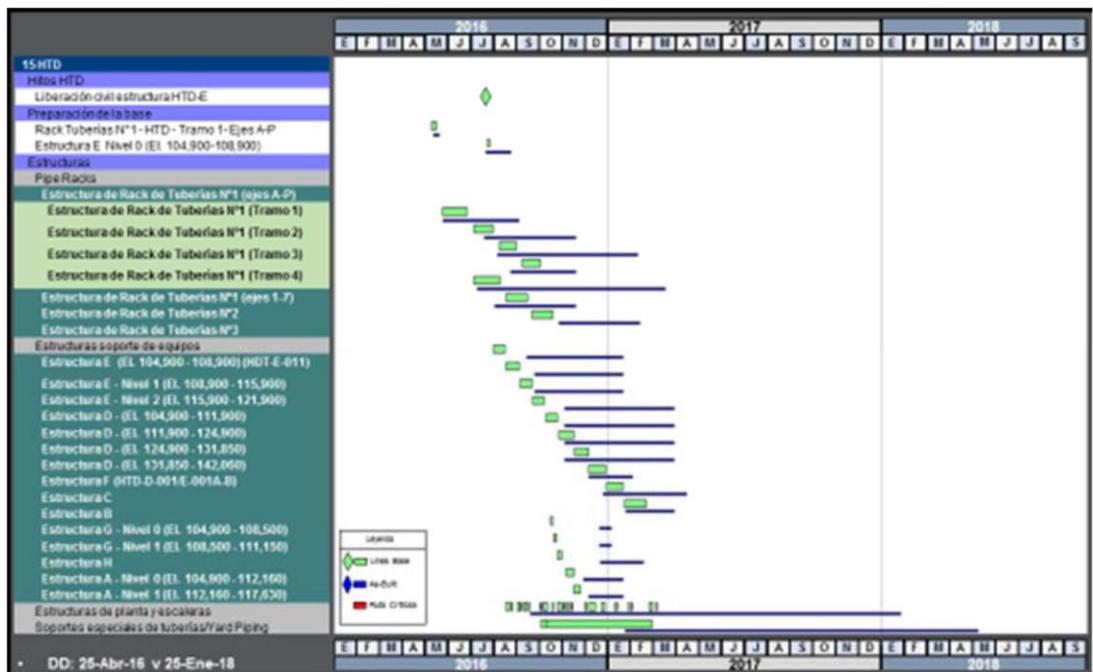
- **Trabajos en paralelo y fuera de secuencia:** Según se discute en las secciones relacionadas al cronograma base para el Área 1 y el FCK, las partes acordaron una secuencia constructiva con base en información provista por el Epecista durante el desarrollo de dichos cronogramas. Debido a los impactos y cambios en las condiciones de la obra, la empresa, en lugar de trabajar bajo la secuencia constructiva indicada en los cronogramas base, realizó una cantidad significativa de trabajos fuera de secuencia, y en múltiples frentes en paralelo, más allá de lo acordado originalmente.

A esos efectos, la secuencia constructiva planeada mostraba varios trabajos que se realizarían de forma secuencial, en otras palabras, que los trabajos en un área comenzarían al culminar los trabajos en el área que le precedían. Sin embargo, por los impactos que se detallan en el informe, las duraciones reales de las actividades fueron mucho mayores que las planificadas. Entonces, en lugar de esperar a la culminación de actividades para comenzar los trabajos subsiguientes, la empresa comenzó una cantidad significativa de trabajos aún antes que las actividades predecesoras culminaran, trabajando frentes en paralelo, y por ende mitigando demoras causadas por estos impactos. En otras palabras, si la empresa hubiera esperado a la culminación de actividades para comenzar los siguientes trabajos, como era el plan acordado entre las partes, las demoras en la obra serían mucho mayores a las que se proyectan en este informe.

A manera de ejemplo, las siguientes ilustraciones muestran como la empresa trabajó fuera de secuencia y en múltiples frentes en paralelo en las actividades de montaje de estructuras, en comparación a como se había acordado originalmente. A esos efectos, las barras verdes o rojas

muestran la secuencia constructiva como planificada y acordada entre las partes, y que demuestran que estos trabajos se realizarían de forma secuencial. Las barras azules muestran las fechas reales de estos trabajos, según reportados en los cronogramas updates de la empresa, mostrando que los trabajos fueron realizados en paralelo (múltiples frentes simultáneos) en lugar de secuencialmente.

Figura 14 Trabajos en paralelo y fuera de secuencia - HTD



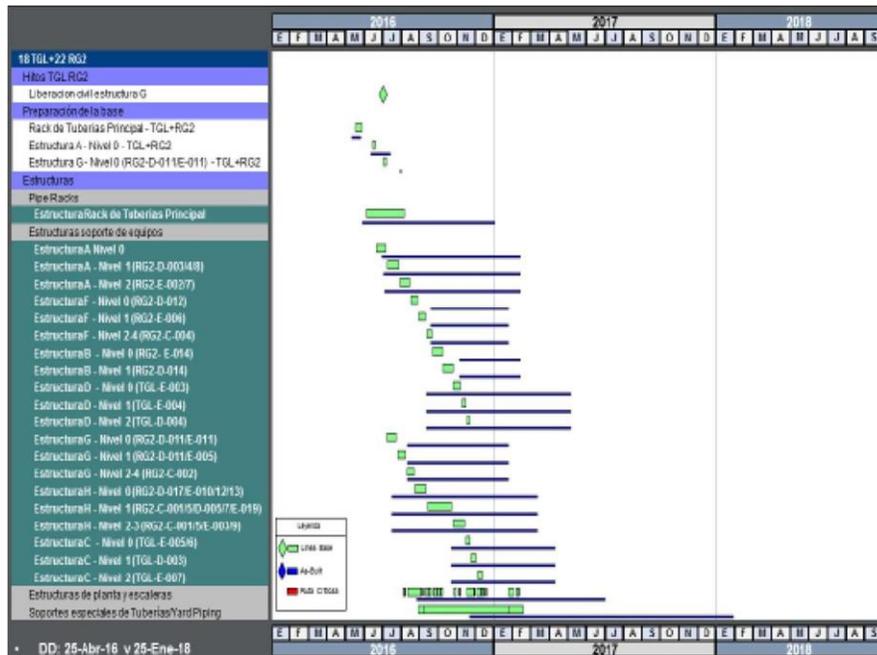
Fuente: Elaboración Propia

Figura 15 Trabajos en paralelo y fuera de secuencia – HTN/RCA



Fuente: Elaboración Propia

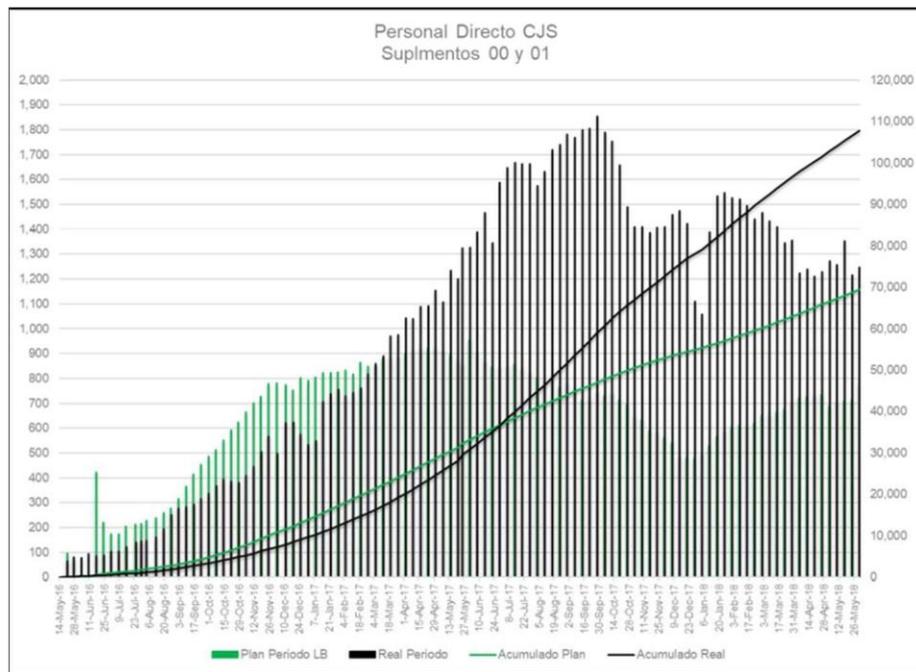
Figura 16 Trabajos en paralelo y fuera de secuencia – TGL/RG2



Fuente: Elaboración Propia

- Personal Directo Adicional:** Según los planes de personal directo acordados entre las partes para los trabajos en el proyecto, la empresa tendría un pico de 900 empleados directos por un periodo de aproximadamente un mes (entre abril y mayo del 2018). Sin embargo, la cantidad pico real fue de 1,800 empleados directos, más del doble de los originalmente acordado. Además, en lugar del periodo de un mes planificado, la empresa ha tenido más de 900 empleados directos por un periodo de 14 meses.

Figura 17 Histograma de Personal Directo

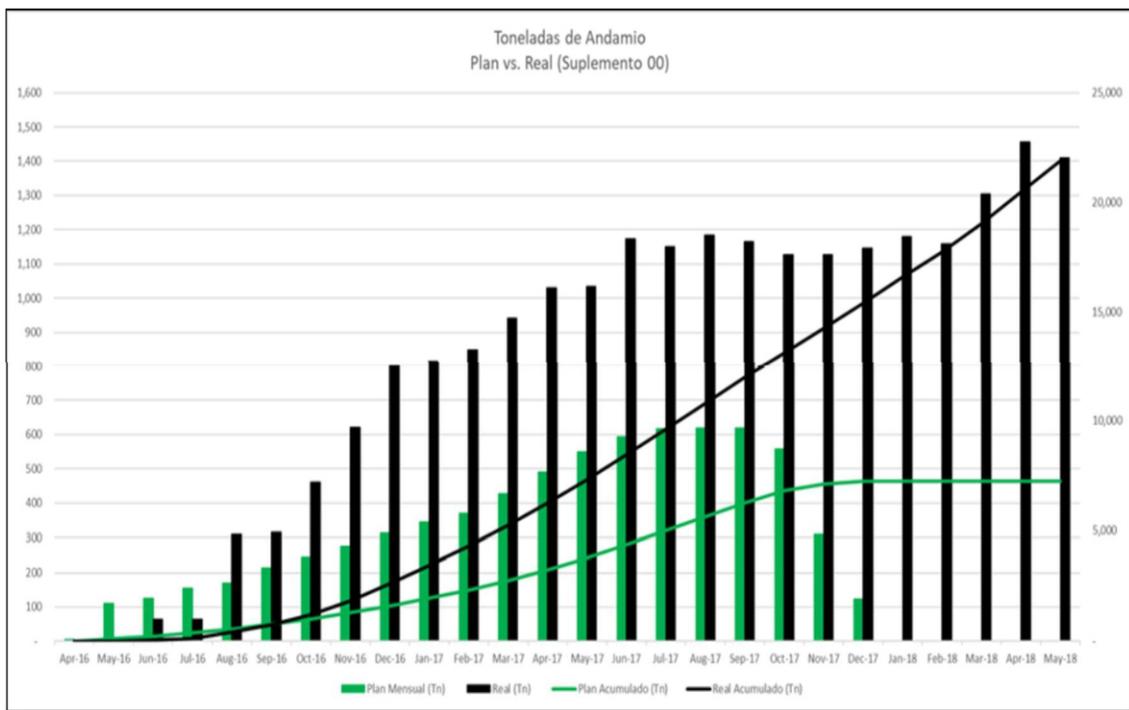


Fuente: Elaboración Propia

- Mayor utilización de Andamios:** Debido a los impactos por entregas de materiales, continuos cambios de ingeniería, y limitaciones en el uso de recursos por parte del Epecista, entre otros, la empresa utilizó mayor cantidad de andamios a lo originalmente planificado, a manera de poder continuar progresando con los trabajos. Sin embargo, es importante

señalar que, debido a estos impactos, varios de los andamios instalados por la empresa quedaban “atrapados” por faltas de liberaciones, por lo que (i) no podían ser reusados en otras áreas como es estándar en la industria; o (ii) interferían con trabajos a ser realizados. La siguiente ilustración muestra una comparación entre la cantidad de andamios originalmente planificada por la empresa contra la cantidad real utilizada para los trabajos en el Suplemento 00.

Figura 18 Histograma de utilización de Andamios

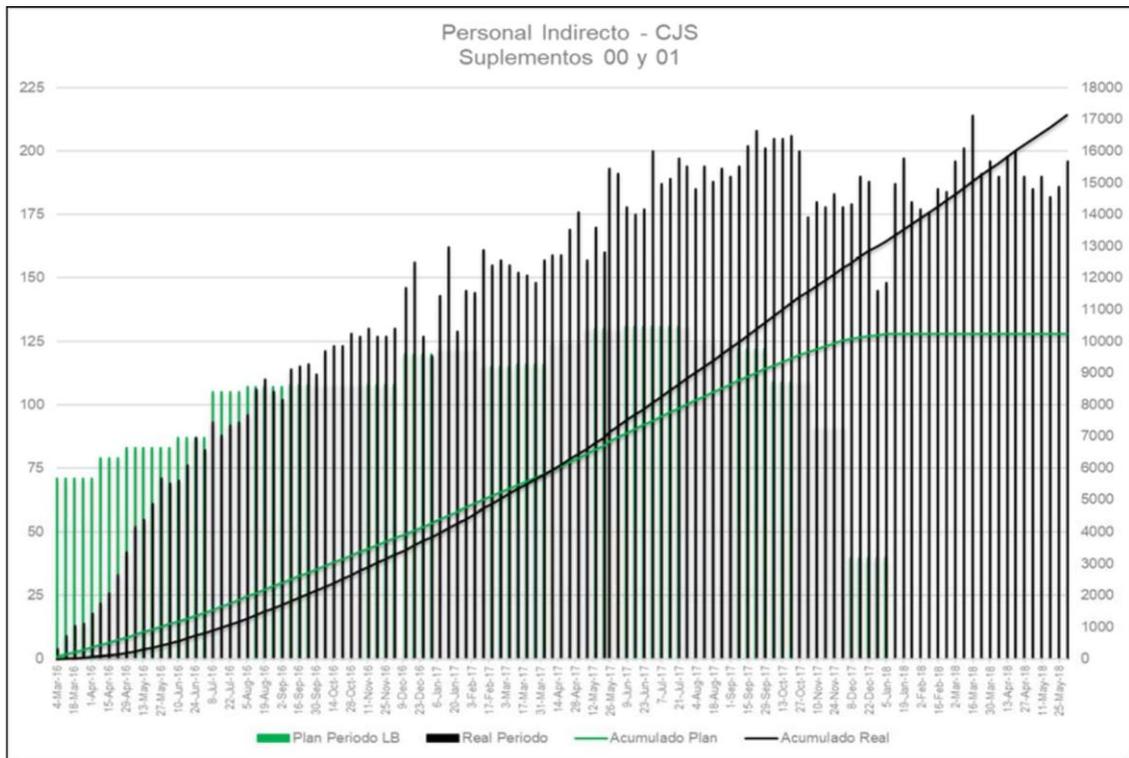


Fuente: Elaboración Propia

- Utilización de mayores recursos indirectos:** Según los planes de personal indirecto (supervisión), acordados entre las partes para los trabajos en la obra, la empresa tendría un pico de alrededor de 130 empleados indirectos por un periodo de alrededor de tres meses (entre mayo y julio del 2018). Sin embargo, la cantidad pico real fue de 200 empleados indirectos. Además, en lugar del periodo de tres meses

planificado, la empresa ha tenido más de 130 empleados indirectos en la obra prácticamente por un periodo de 17 meses (desde diciembre del 2017).

Figura 19 Histograma de Personal Indirecto



Fuente: Elaboración Propia

- **Reubicación de Personal:** Debido a los impactos descritos, en lugar de poder comenzar y culminar de manera continua, como acordado originalmente, los trabajos se han realizado reubicando personal constantemente entre actividades, para así proseguir trabajando en actividades disponibles en la espera de liberaciones de frentes (sea por falta de materiales, ingeniería, liberaciones de áreas, etc.).

- **Priorización de trabajos:** Desde febrero del 2019, y con base en los impactos generalizados a través de la obra, la empresa notificó (y el Epecista concordó) la movilización de recursos de la unidad HTN-RCA hacia las unidades HTD y TGL-RG2, para así priorizar el térmico de estas últimas unidades.
- **Trabajos en día domingo:** Los informes diarios de la empresa indican que, desde junio del 2017 a la fecha de corte, se vienen realizando trabajos en los días domingos, los cuales originalmente eran considerados como días no laborales.
- **Asistencia en despacho de materiales:** Debido a los problemas del Epecista en entregar materiales de acuerdo con los requerimientos del subcontrato, y para asistir en el despacho y organización de estos, la empresa aportó personal y equipos en los almacenes del Epecista.

Etapa 5: Implementación de la Metodología de Análisis por Ventanas

Para propósitos de realizar un análisis de demoras, en especial cuando el contrato no establece metodologías o procedimientos específicos para solicitudes de ampliación de plazo, el estándar de la industria de la construcción establece que el análisis de demoras se enfoque en la ruta crítica.

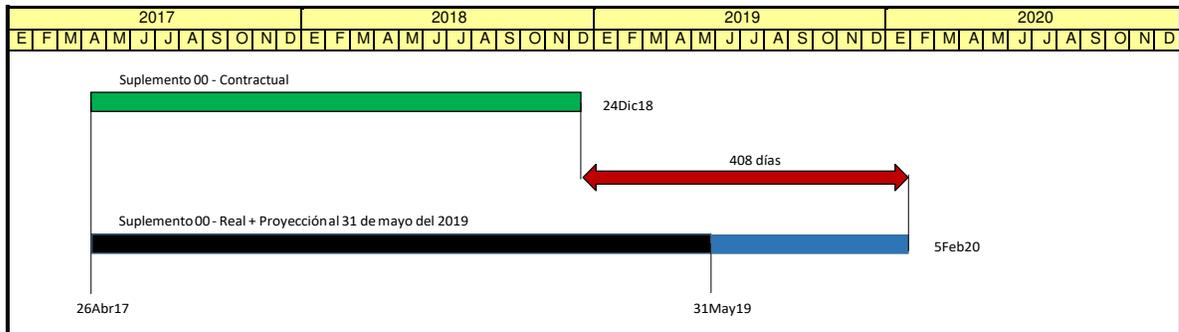
Es de suma importancia destacar que la ruta crítica es dinámica y cambia (o puede cambiar) durante la duración del proyecto pues la misma se va ajustando a las condiciones cambiantes de la obra.

Para un análisis de demoras, no es suficiente enfocarse en la ruta crítica planificada del Proyecto.

El enfoque de esta sección será la determinación de la ruta crítica real, y la identificación de impactos a la misma, divididos en varios periodos de tiempo. Para esto, y considerando que la obra cuenta con dos hitos de culminación independientes, se ha dividido la discusión en el Suplemento 00 (Unidades HTN-RCA, HTD y TGL-RG2) y para el Suplemento 01 (Unidad FCK).

- **Suplemento 00 (Unidades HTN-RCA, HTD y TGL-RG2):** Como se ha identificado anteriormente, la fecha requerida de culminación para las tres unidades del Suplemento 00 era el 24 de diciembre del 2018. Sin embargo, al 31 de mayo del 2019, se proyecta que estos trabajos serán culminados el 5 de febrero del 2020, un total de 408 días de demora.

Figura 20 Suplemento 00 (Unidades HTN – RCA, HTD y TGL-RG2)



Fuente: Elaboración Propia

A esos efectos, las siguientes subsecciones describen el análisis de demoras para los trabajos del Suplemento 00.

Cronograma As-planned:

El 13 de Julio del 2017, el Epecista aprobó un cronograma base para los trabajos del Suplemento 00. Esta aprobación fue finalización de un proceso interactivo de varios meses en que las artes intercambiaron cronogramas, información y comentarios.

En resumen, la empresa comenzó a desarrollar el cronograma as-planned desde el 2 de marzo del 2017, aun antes de la firma del contrato, y el mismo fue presentado oficialmente por primera vez el 23 de mayo del 2017. Esta versión del cronograma fue elaborada con base en información que proveía el Epecista con fechas estimadas de entregas de materiales y revisiones del mismo con personal del Epecista. Sin embargo, a esa fecha, la información provista por el Epecista para el desarrollo del cronograma era mínima.

El Epecista presento comentarios a este cronograma el 25 de mayo del 2017 y a su vez, el Epecista presentaba información complementaria, que fuera utilizada para que el 6 de junio del 2017 la empresa presentara una versión revisada del cronograma as-planned.

El Epecista presento comentarios detallados a la empresa sobre este cronograma el 13 de junio del 2017. Entre estos, el Epecista comentaba acerca de la secuencia constructiva en el cronograma, fechas de liberaciones de áreas, holguras en las actividades, y la ruta crítica, entre otros. Además, el Epecista continuaba informando al consorcio sobre nuevas fechas de suministro y prioridades de montaje a ser consideradas en el cronograma.

El 23 de junio del 2017, la empresa presento una tercera versión del cronograma indicando “que la revisión de este cronograma se ha llevado a cabo conjuntamente con el departamento de planeamiento del Epecista”. El Epecista contesto a esta comunicación el 6 de Julio del 2018 indicando luego de una reunión entre las partes para aclarar observaciones pendientes, que la empresa debía estar en posición de enviar una nueva versión del cronograma para su aprobación.

Ante estos comentarios, y reuniones entre las partes para discutir el tema, la empresa presento una cuarta versión del cronograma el 6 de Julio del 2017. Esta versión del cronograma fue aceptada por el Epecista, indicando que “El

Epecista da por confirmado el cronograma presentado por el subcontrato como as-planned o línea base.

Así las cosas, con base en un proceso interactivo entre las partes y en información de liberaciones, suministros y prioridades proporcionadas por el Epecista; se estableció el cronograma del Proyecto. (“Cronograma As.planned para el Suplemento 00”), Este cronograma establecía la secuencia constructiva a seguirse para culminar estos trabajos dentro del plazo contractual, con base en la información y comentarios provistos por el Epecista.

En general, la secuencia constructiva, para cada una de las tres unidades del Suplemento 00 incluía:

- Los trabajos comenzaban con el montaje de estructuras metálicas. Según lo planificado, primero se hacía el montaje de estructuras mayores y luego las estructuras menores (de adentro de las unidades hacia afuera). Se comenzaría con las bandejas de tuberías (“pipe racks”), continuando con la instalación de las estructuras de soporte de equipos, ubicadas alrededor del pipe racks, y luego las estructuras menores tales como plataformas, escaleras y barandas.
- En paralelo, se realizaba el montaje de equipos dentro de las estructuras, que incluían torres, reactores y columnas. Esto era seguido por el montaje de aerofriadores, que se realizarían inmediatamente después del montaje de pipe racks. Luego se pasaba al montaje de hornos, compresores e interno, seguido de la instalación de soportería de tuberías y de bandejas para los cables de alumbrado e instrumentación.

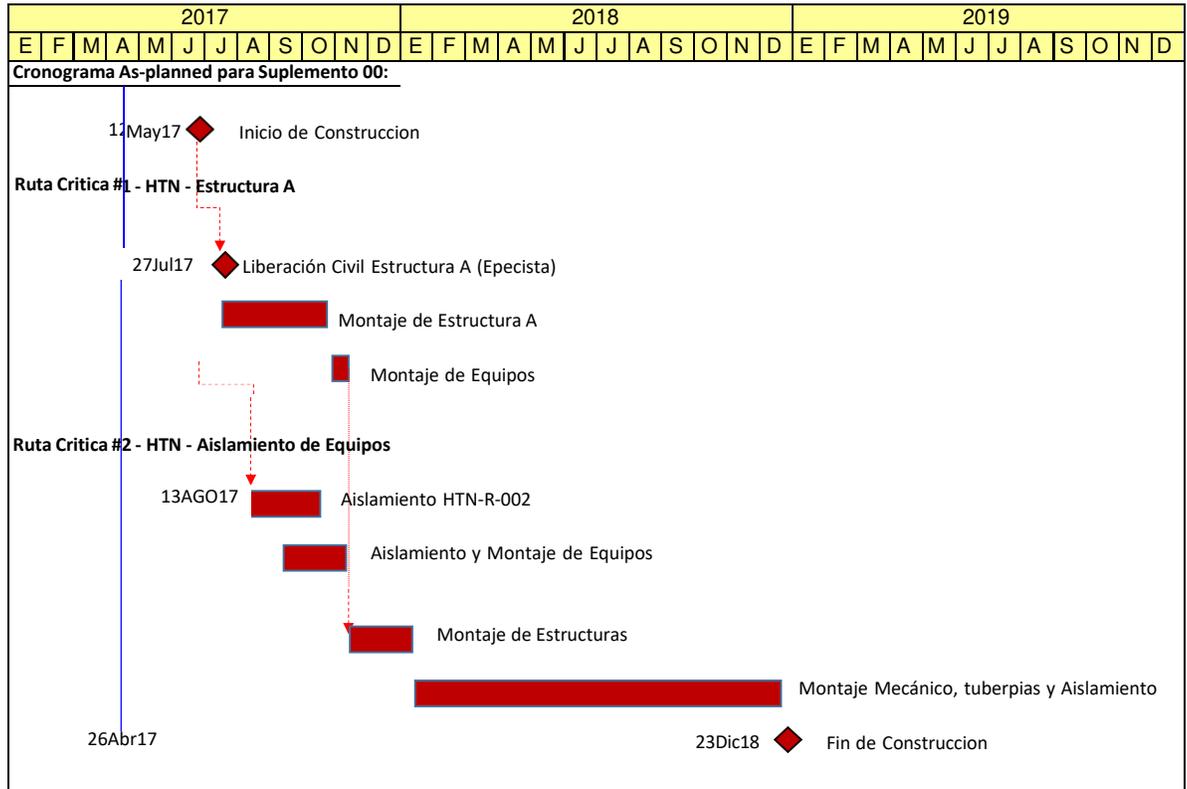
- Luego de la liberación de estructuras, se iniciaría el montaje de soportes (no estructurales) de bandejas de instrumentación y electricidad, sobre los que se colocarían los cables de electricidad e instrumentación, los cuales tenían que tenderse en tramo continuos.
- A medida que se iban culminando los trabajos de estructuras, equipos, tuberías y electricidad, se irían completando los trabajos de aislamiento, ignifugado y pintura.
- Ya culminados el resto de las disciplinas se realizaría el precomisionado, pruebas necesarias para asegurar una adecuada ejecución de la obra.

El cronograma as-planned para el Suplemento 00, con fecha de corte del 26 de abril del 2017 (el día siguiente a la fecha de la suscripción de subcontrato), proyectaba dos rutas críticas para culminar los trabajos del Suplemento 00 al 24 de diciembre del 2018. La primera de estas rutas era a través de la liberación y entrega, por parte del Epecista, de las fundaciones para el inicio de la estructura A en la unidad HTN-RCA, proyectada para el 27 de julio del 2016. Esta ruta continua a través del montaje de estructuras y equipos en la unidad HTN-RCA.

La segunda ruta crítica del cronograma as-planned para el Suplemento 00 era a través del comienzo de los trabajos de aislamiento y montaje de equipos en esta misma unidad.

Es ese punto de tiempo, en octubre del 2017, ambas rutas se unían continuando conjuntamente a través del montaje de estructuras, y luego de equipos mecánicos, tuberías y aislamiento en la unidad HTN-RCA, llegando a una fecha de culminación del 23 de diciembre del 2018 (un día más temprano que lo requerido contractualmente). Estas rutas se ilustran resumidamente a continuación.

Figura 21 Cronograma Ruta Critica Línea Base – Suplemento 00



Fuente: Elaboración Propia

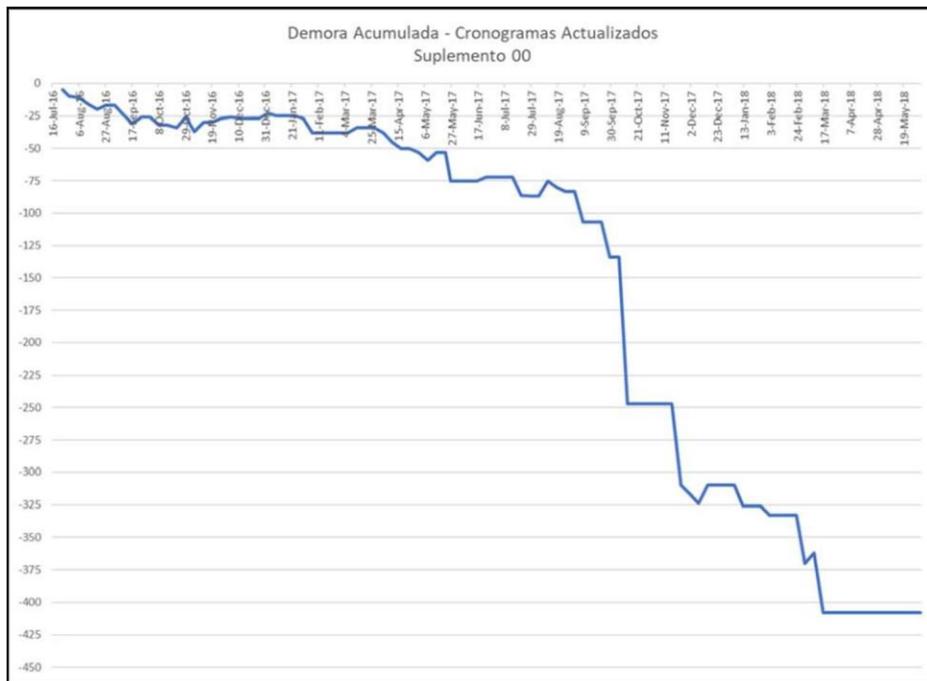
Cronograma Updates:

El subcontrato requería que la empresa informara del avance de los trabajos semanalmente, incluyendo información de avance real y proyecciones de saldo del Proyecto.

A esos efectos, luego de la aprobación del cronograma as-planned para el Suplemento 00, la empresa ha presentado, como parte de sus informes semanales, cronogramas actualizados de manera semanal. Estos cronogramas son actualizados por la empresa de acuerdo con lo realmente ejecutado en campo y utilizados para la gerencia de la obra y toma de decisiones. Además, estos cronogramas updates son discutidos periódicamente y en detalle con personal del Epecista.

Estos cronogramas updates mostraban como la ruta crítica real de la obra cambiaba a través del tiempo de acuerdo con los avances reales y los cambios en secuencia implementados por la empresa, como medidas de mitigación. Además, estos cronogramas indicaban la fecha de culminación proyectada de la Obra, con base en la información conocida al momento de elaborar cada actualización. Las siguientes ilustraciones resumen esta información según los cronogramas actualizados de la empresa.

Figura 22 Grafica de Tendencia de Demoras Acumuladas



Fuente: Elaboración Propia

El Subcontrato indicaba que en casos de demoras imputables al Epecista, la empresa podía presentar solicitudes de ampliación de plazos contractuales.

A esos efectos, y además de las continuas notificaciones de impacto presentadas por el Epecista a la empresa ha presentado varias solicitudes de ampliación de plazo durante el curso de los trabajos las cuales han sido

rechazadas por el Epecista. En otras palabras, a la fecha, el Epecista no ha aprobado ninguna ampliación de plazo a la empresa.

La primera solicitud formal de ampliación de plazo de la empresa tiene fecha del 20 de junio del 2018. En esa ocasión, la empresa indicaba que el plazo impactado atribuible al Epecista era de 146 días, de los cuales la empresa había mitigado 70 días de ellos, por lo que solicitaba una ampliación de plazo de 76 días.

Metodología de Análisis por Ventanas:

Considerando que la empresa ha presentado actualizaciones semanales al cronograma, que estas actualizaciones reflejan la realidad de la obra, que las mismas son utilizadas para la toma de decisiones contemporáneamente, y que estas son discutidas y comentadas detalladamente con el Epecista, el análisis de demoras para el Suplemento 00 se basa, en parte, en los cronogramas actualizados contemporáneamente por la empresa. Para esto, se ha utilizado una metodología conocida como análisis de ventanas de tiempo (**“Windows Analysis”**) para el desarrollo de este análisis.

Esta metodología requiere que la obra se divida en varios periodos de tiempo (“ventanas”) con base en las actualizaciones del cronograma. Cada ventana de tiempo muestra la ruta crítica real durante la misma, permitiendo entonces calcular las demoras ocurridas dentro de cada ventana, con base en la lógica de las actualizaciones dentro de cada ventana. Luego de esto, se investigan otros documentos contemporáneos de la obra (Registros de procura, reportes diarios, reportes de progreso, cartas, minutas de reuniones, etc.), para determinar los eventos que causaron los atrasos críticos en cada ventana.

Para propósito de este análisis los trabajos del Suplemento 00 han sido divididos en cuatro ventanas de tiempo. Estas ventanas fueron seleccionadas

con base en los criterios objetivos que se indican a continuación, que principalmente se relacionan a momentos en que ocurrieron cambios a la ruta crítica. Estas cuatro Ventanas se resumen a continuación:

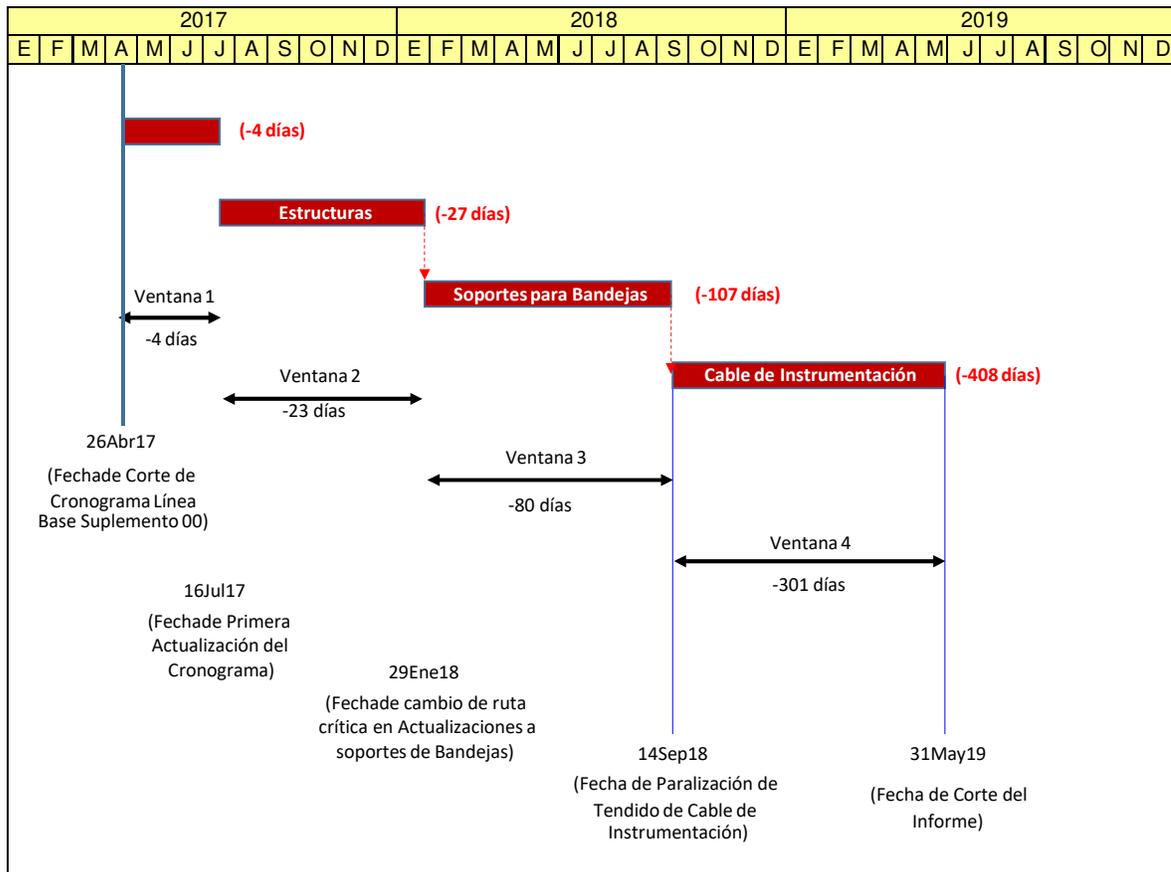
- **Ventana No 1:** Desde el 26 de abril del 2017 al 16 de julio del 2017.
Esta Ventana representa el periodo entre la fecha de corte del cronograma as-planned para el Suplemento 00 (26 de abril del 2017) y la fecha de corte de la primera actualización de este cronograma tras su aprobación por el Epecista (16 de julio del 2017). Según los cronogramas updates, durante esta primera Ventana hubo una demora de 4 días a la fecha de culminación requerida del Suplemento 00, y la ruta crítica era a través de los trabajos de montaje de estructuras.
- **Ventana No 2:** Desde el 16 de julio del 2017 hasta el 20 de enero del 2018. Esta ventana comprende el periodo desde la primera actualización as-planned para el Suplemento 00 (16 de julio del 2017), hasta la fecha de corte del último cronograma que muestra el montaje de estructuras en la ruta crítica (30 de enero del 2018). Según los cronogramas updates, durante esta segunda ventana hubo 23 días de demoras adicionales y la ruta crítica fue consistentemente a través del montaje de estructuras. En consecuencia, al final de este periodo (el 30 de enero del 2018) la demora acumulada ascendía a 27 días.
- **Ventana No 3:** Desde el 30 de enero del 2018 hasta el 14 de septiembre del 2018. Esta ventana incluye el periodo desde el cambio en ruta crítica al suministro de soportes de bandejas (30 de enero del 2018) hasta la fecha en que el Epecista ordenó la paralización del tendido de cables de instrumentación (14 de septiembre del 2018). Durante esta tercera ventana hubo 80 días de demoras adicionales según los cronogramas

updates y la ruta crítica fue generalmente a través de la entrega e instalación de los soportes de bandejas y sus impactos en los trabajos de instrumentación. En consecuencia, al final de este periodo (el 14 de septiembre del 2018) el proyecto acumulaba una demora de 107 días.

- **Ventana No 4:** Desde el 14 de septiembre del 2018 hasta el 31 de mayo del 2019.

Esta ventana comprende el periodo entre la paralización del tendido de cable de instrumentación (14 de setiembre del 2017) hasta la fecha de corte de este informe a la cual continúan indefiniciones relacionadas al suministro y tendido de cables de instrumentación (31 de mayo del 2019). Durante esta cuarta ventana ha ocurrido una demora adicional de 301 días y la ruta crítica ha sido a través de los trabajos de tendido de cables de instrumentación. En consecuencia, a la fecha de corte de este informe (31 de mayo del 2019), la demora asociada al Suplemento 00 asciende a 408 días.

Figura 23 Resumen de Análisis de Ventana de Tiempo – Suplemento 00



Fuente: Elaboración Propia

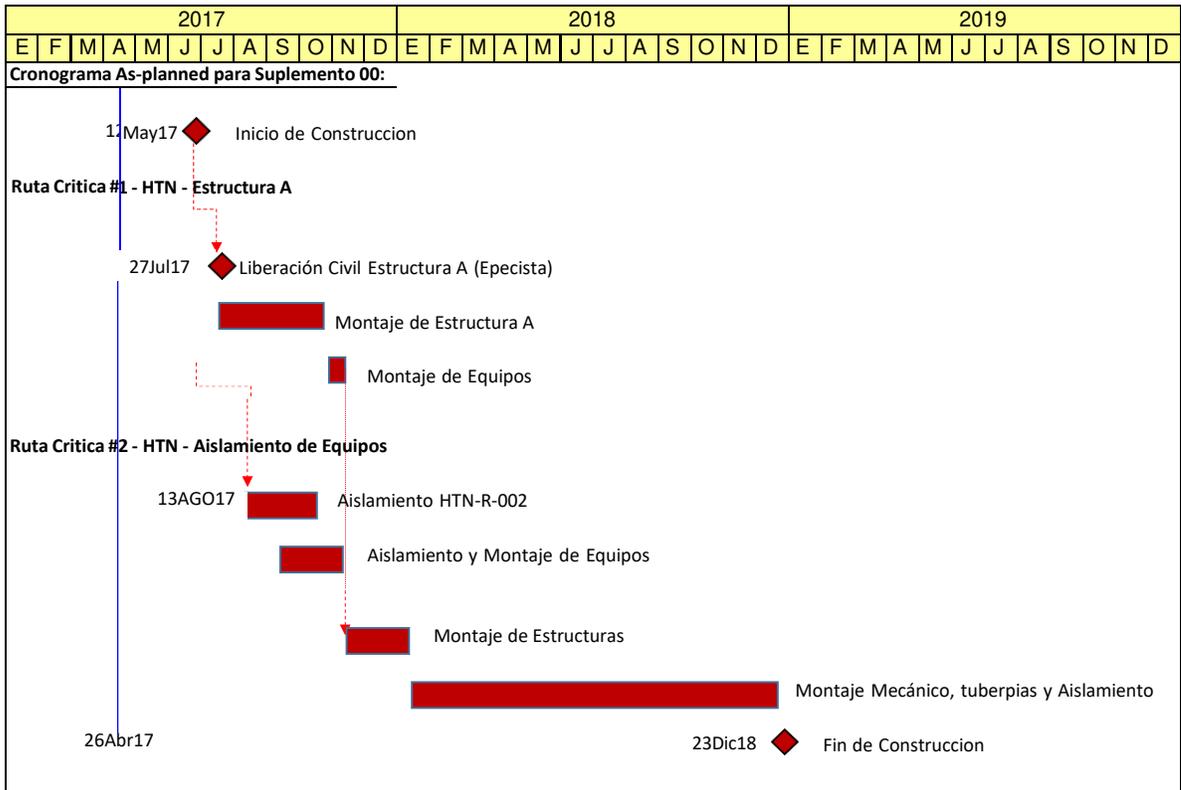
Las próximas subsecciones describen este análisis de demoras por ventanas. Para cada una de estas ventanas se discute: (i) la ruta crítica al comienzo de la ventana; (ii) la ruta crítica al final de la ventana; (iii) los eventos de impacto durante la ventana; y (iv) los impactos a la ruta crítica durante la ventana.

A. Ventana No 1: Suscripción del subcontrato al 16 de julio del 2017

La ventana No 1 abarca el periodo desde la fecha de corte del Cronograma línea base del Suplemento 00 hasta la fecha de corte de la primera actualización del cronograma por parte de la empresa del 16 de julio del 2017. Durante este

periodo, ocurrió una demora de 4 días a la fecha de culminación requerida para el Suplemento 00 debido a demoras en el montaje de estructuras.

Figura 24 Paso 1: Ruta Critica al comienzo de la ventana No 1

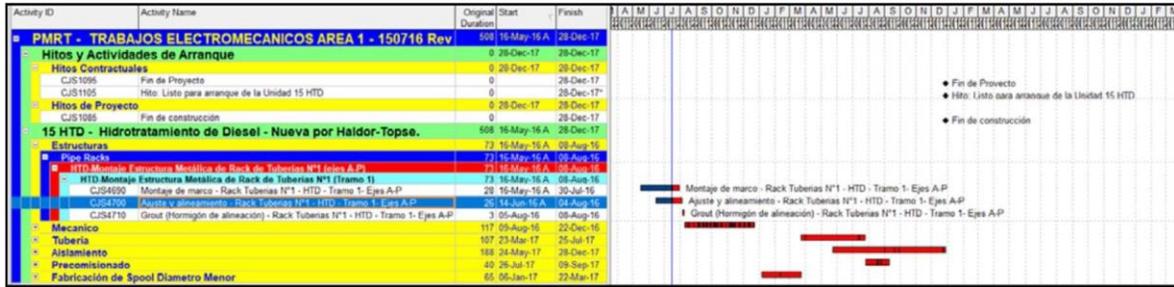


Fuente: Elaboración Propia

Paso 2: Ruta Critica al Final de la ventana 1

Según el cronograma actualizado al 16 de julio del 2018, el que fuera la primera actualización al cronograma línea base para el Suplemento 00 luego de su aprobación por el Epecista, los trabajos del Suplemento 00 culminarían el 28 de diciembre del 2018, 4 días tarde.

Figura 25 Paso 2: Ruta Crítica al Final de la ventana 1



Fuente: Elaboración Propia

La ruta crítica es este cronograma seguía siendo el montaje de estructuras, pero ahora a través de los trabajos en el rack de tuberías No. 1 de la unidad HTD. Esta rutina incluía los trabajos del montaje de estructuras, y el ajuste y alineamiento de las mismas, seguidas por los trabajos de montaje mecánicos y de tuberías, para entonces permitir trabajos de aislamiento.

Paso 3: Eventos de Impacto durante la Ventana No 1

Las actividades del montaje de estructuras del rack de tuberías No 1 en el HTD se vieron impactadas por varios temas durante esta ventana, incluyendo: (i) demoras en la entrega de materiales por parte del Epecista; (ii) defectos de fabricación en elementos estructurales suministrados por el Epecista; y (iii) restricciones en el uso de montacargas.

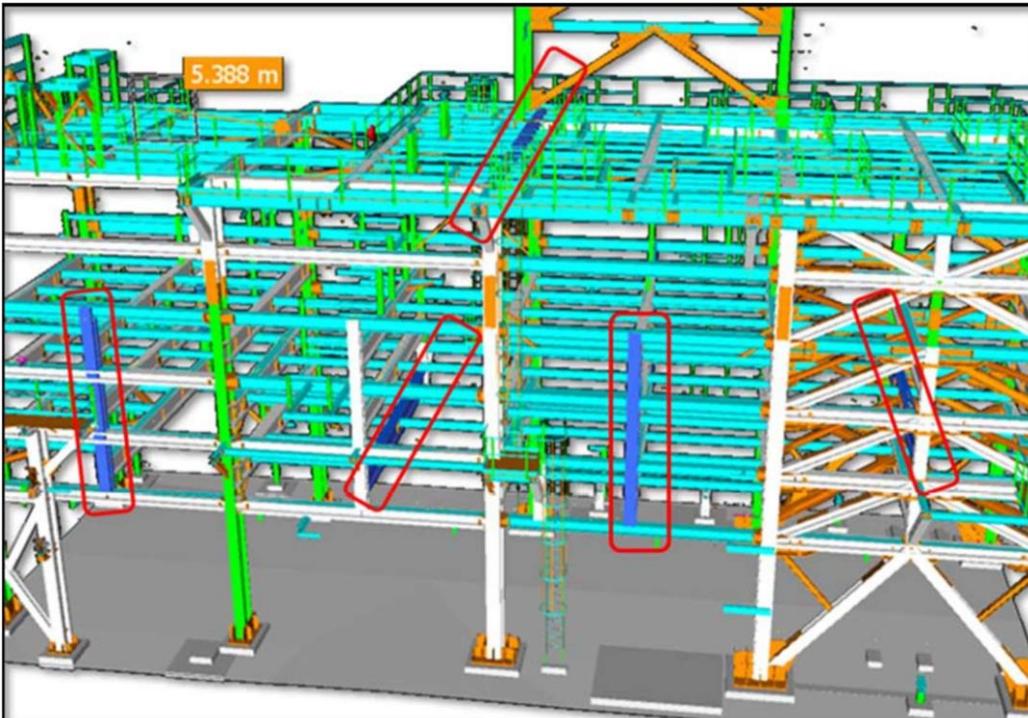
A manera de ejemplo, a continuación, se muestra una ilustración del avance en estos trabajos el 24 de junio del 2017, y una imagen que muestra las vigas de amarre faltantes a esa fecha según los datos de control de la empresa (en cuadros rojos).

Figura 26 Paso 3: Falta de suministro de elementos en pipe racks



Fuente: Elaboración Propia

Figura 27 Paso 3: Identificación de elementos faltantes en pipe racks



Fuente: Elaboración Propia

Paso 4: Impactos a la ruta crítica durante la Ventana N°1

En este caso, los trabajos relacionados a la segunda ruta crítica del cronograma línea base para el Suplemento 00 (el aislamiento de equipos en la unidad HTN-RCA) estaban proyectados a comenzar luego del 16 de julio del 2017 (la fecha de corte de esta primera ventana), por lo que los mismos no sufrieron demoras durante este periodo. Sin embargo, si ocurrieron impactos al montaje de estructuras del rack de tuberías No 1 en la unidad HTD, que se convirtió en crítico durante este periodo.

A esos efectos, en el cronograma línea base para el Suplemento 00, en la unidad HTD estaban previstos a culminar el 4 de Julio del 2017.

Figura 28 Impactos a la ruta crítica durante la Ventana N°1

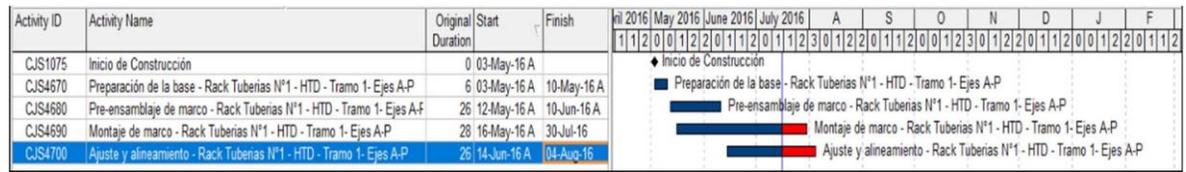


Fuente: Elaboración Propia

Sim embargo, esta actividad contaba con 27 días de holgura total en ese cronograma, por lo que podía culminar el 31 de julio del 2017 sin impactar la fecha de culminación requerida del Suplemento 00.

Según el cronograma actualizado del 16 de julio del 2017, el montaje, ajuste y alineamiento de las estructuras del rack de tuberías No 1 en HTD, a pesar de haber comenzado temprano (tomando en cuenta las holguras) culminaría el 4 de agosto del 2017.

Figura 29 Cronograma actualizada 4 de agosto 2017



Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto, al 16 de julio del 2017, esta ruta de trabajo mostraba una demora crítica de 4 días.

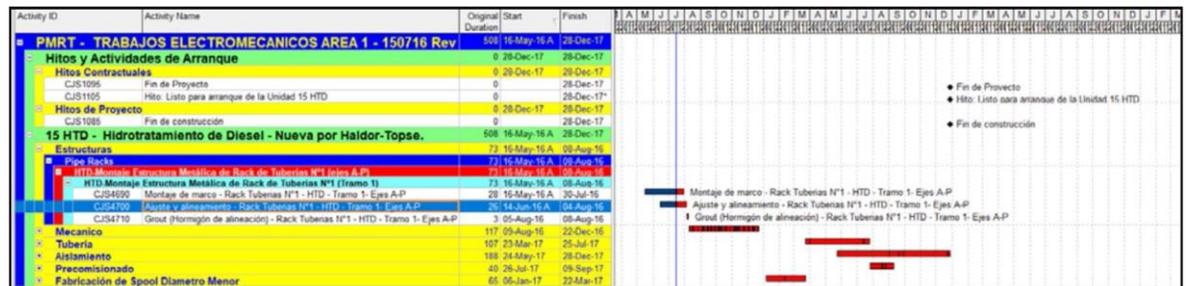
B. Ventana No 2: 16 de julio del 2017 al 30 de enero del 2018

Al comenzar esta ventana se proyectaba una fecha de culminación del 28 de diciembre del 2018, 4 días tarde. Al finalizar la misma, la nueva fecha de culminación proyectada era del 20 de enero del 2019, 27 días tarde. Por tanto, la demora durante esta ventana fue de 23 días, relacionada al montaje de estructuras.

Paso 1: Ruta Crítica al comienzo de la ventana No 2

Como se indicó anteriormente, al 16 de julio del 2017, el cronograma actualizado de la empresa indicaba una fecha de culminación del 28 de diciembre del 2018, una demora de 4 días.

Figura 30 Paso 1: Ruta Crítica al comienzo de la ventana No 2

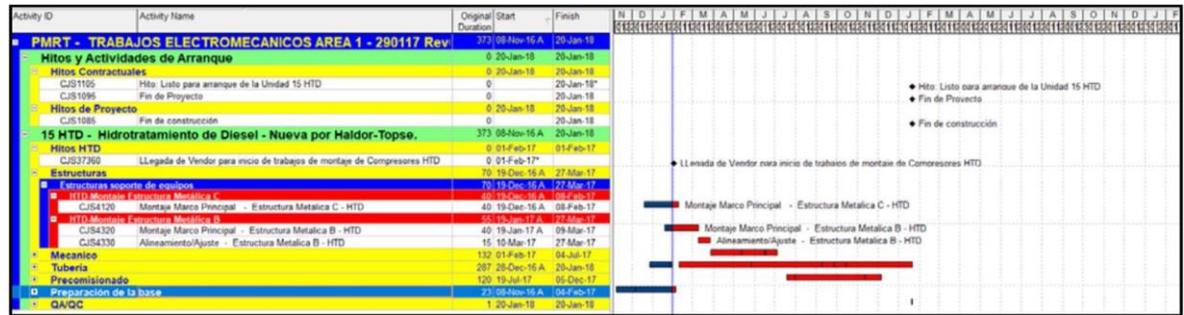


Fuente: Elaboración Propia

Paso 2: Ruta Crítica al Final de la ventana 2 (Real)

Al 30 de enero del 2018, el cronograma actualizado proyectaba una fecha de finalización del 20 de enero del 2018, 27 días tarde.

Figura 31 Paso 2: Ruta Crítica al Final de la ventana 2 (Real)



Fuente: Elaboración Propia

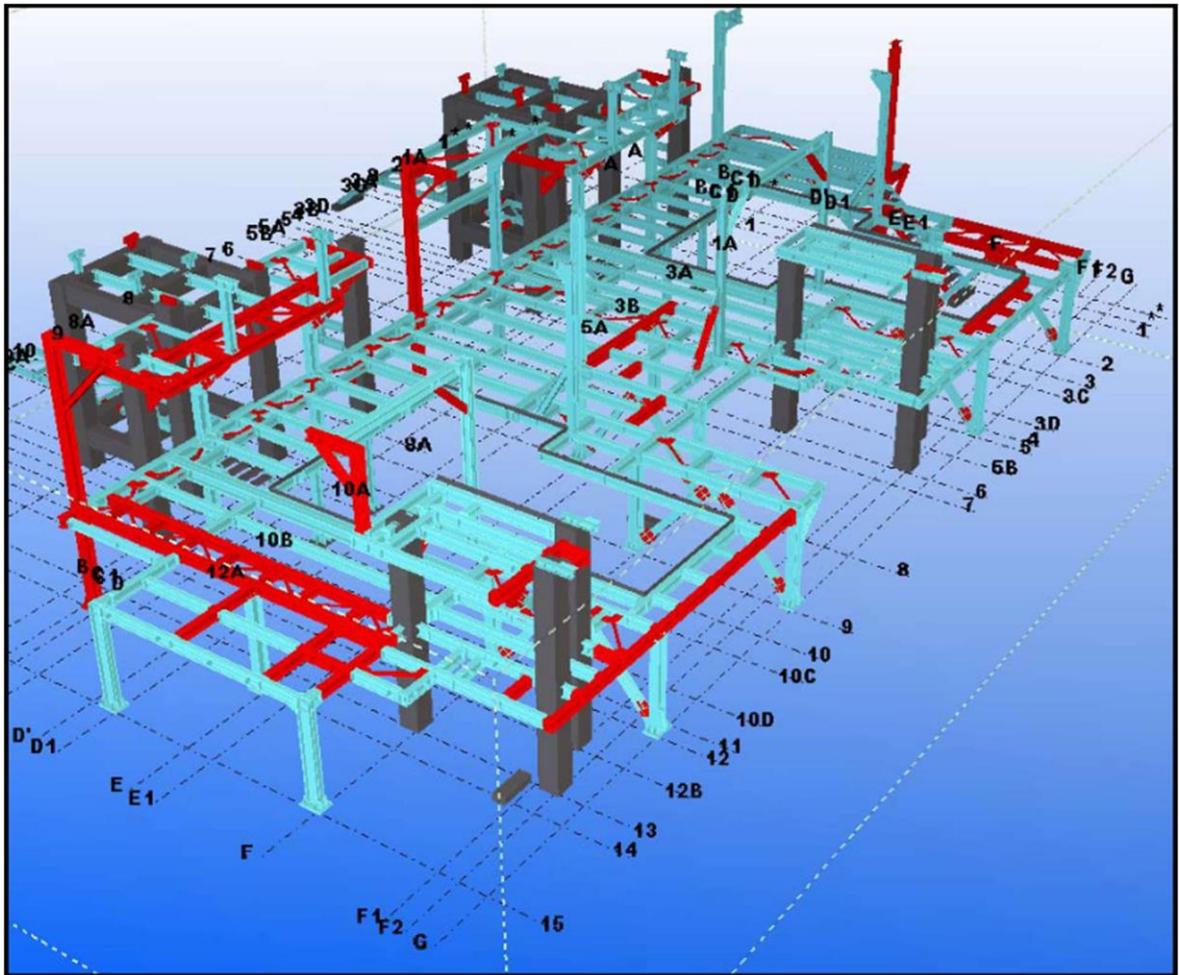
La ruta crítica en este cronograma continuaba a través del montaje de estructuras en la unidad HTD, pero ahora relacionada a estructuras de soporte de equipos denominados B y C. Luego del montaje de estas estructuras, la ruta crítica continuaba a través del montaje mecánico y de las tuberías en esta unidad.

Paso 3: Eventos de Impacto durante la Ventana No 2

Durante esta ventana, los trabajos de montaje de estructuras metálicas en la unidad HTD sufrieron varios impactos.

Primeramente, hubo demoras en las entregas de materiales por parte de TRT. A esos efectos, la siguiente ilustración muestra el estado del suministro de la estructura B de HTD al 4 de enero del 2018 (Según documentación de la empresa), indicándose en rojo las partes faltantes, las que no permitían culminar el montaje de varios sectores).

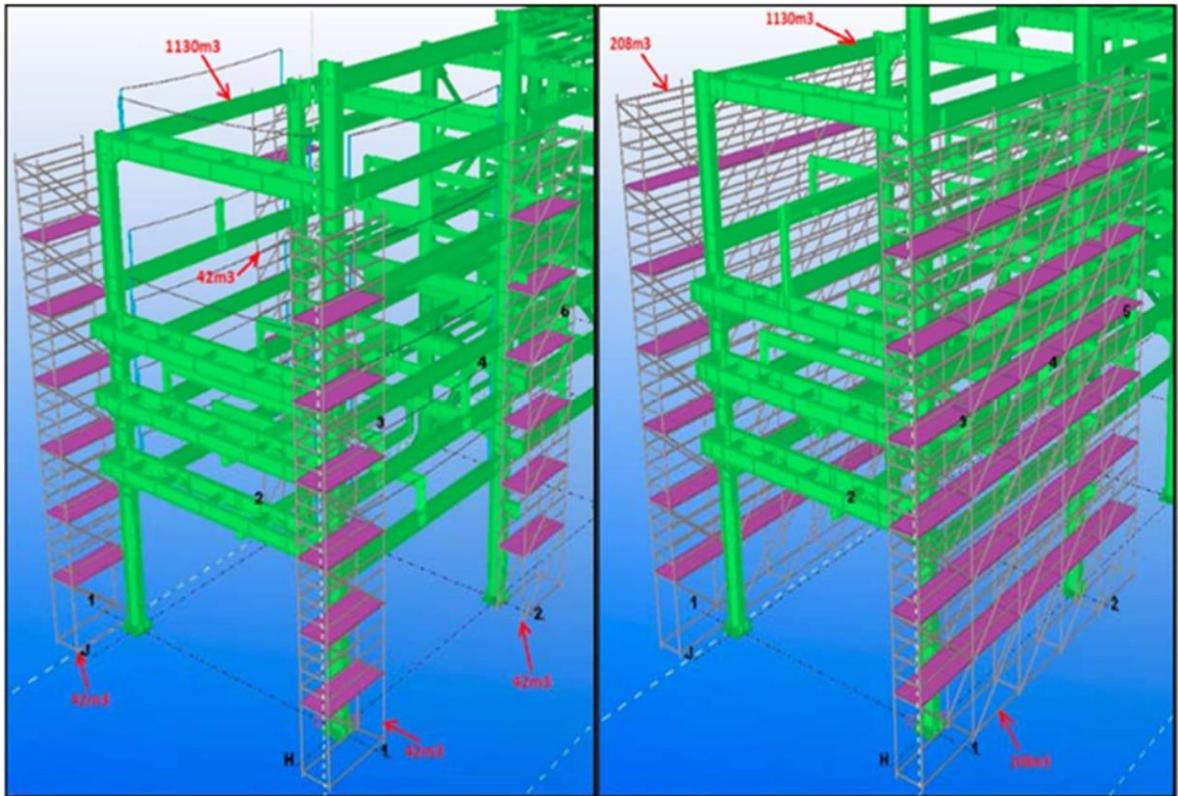
Figura 32 Paso 3: Eventos de Impacto durante la Ventana No 2



Fuente: Elaboración Propia

De hecho, según los sistemas de control de la empresa, la fecha inicial de entrega del material para esta estructura fue la semana del 11 de noviembre del 2017, y no fue hasta la semana del 15 de marzo del 2018 que se recibieron las últimas piezas por parte del Epecista.

Figura 33 Paso 3: Eventos de Impacto durante la Ventana No 2



Fuente: Elaboración Propia

Otro evento de impacto durante esta Ventana a los trabajos de montaje de estructuras en la unidad HTD fue la paralización de estos por parte del Epecista. A esos efectos, el Epecista paralizó estos trabajos (tanto de manera parcial como total) desde el 24 de septiembre del 2017 al 7 de octubre del 2017. Esta paralización se debió a temas civiles relacionados a las cimentaciones instaladas por otros subcontratistas del Epecista. El Epecista llegó a considerar el desmantelamiento de estructuras ya instaladas por la empresa.

Paso 4: Impactos a la ruta crítica durante la Ventana N°2

Con base en los cronogramas de comienzo y final de esta Ventana, durante la misma hubo tres impactos a la ruta crítica que suman 23 días: (i) la duración extendida de los trabajos de montaje de las estructuras; (ii) la proyección de una

duración extendida del alineamiento y ajuste de esta estructura; y (iii) otros cambios de secuencia.

En cuanto a la duración extendida del montaje de la estructura B, la misma comenzó antes de lo anticipado en el cronograma del 16 de julio del 2017, sin embargo, la empresa proyectaba que los trabajos culminarían el 9 de marzo del 2018, 10 días más tarde de lo anticipado. Este aumento de duración de debe a los impactos antes indicados.

Además, la duración de actividad siguiente al montaje, la de alineamiento y ajuste de la estructura, fue aumentada de 4 días a 18 días calendario. Este cambio obedece a las disrupciones asociadas a las demoras en entrega de materiales, deficiencias de pernos, e interrupciones generadas por la mayor incidencia de andamios.

Estos cambios, que totalizan una demora de 24 días a estas actividades se muestran a continuación:

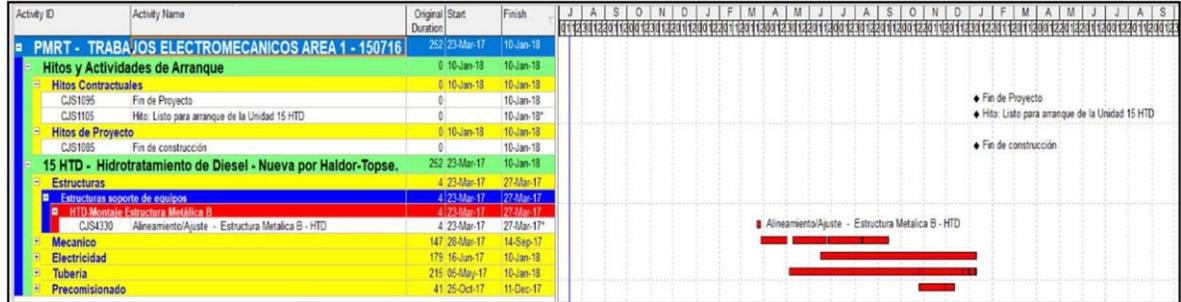
Figura 34 Actividades que muestran cambios



Fuente: Elaboración Propia

Sim embargo, estas actividades contaban con holguras en el cronograma del 16 de julio del 2017, por lo que al impactar este cronograma con este cambio hubiera resultado en una fecha de culminación del Suplemento 00 del 10 de enero del 2018, lo que representa una demora acumulada de 13 días.

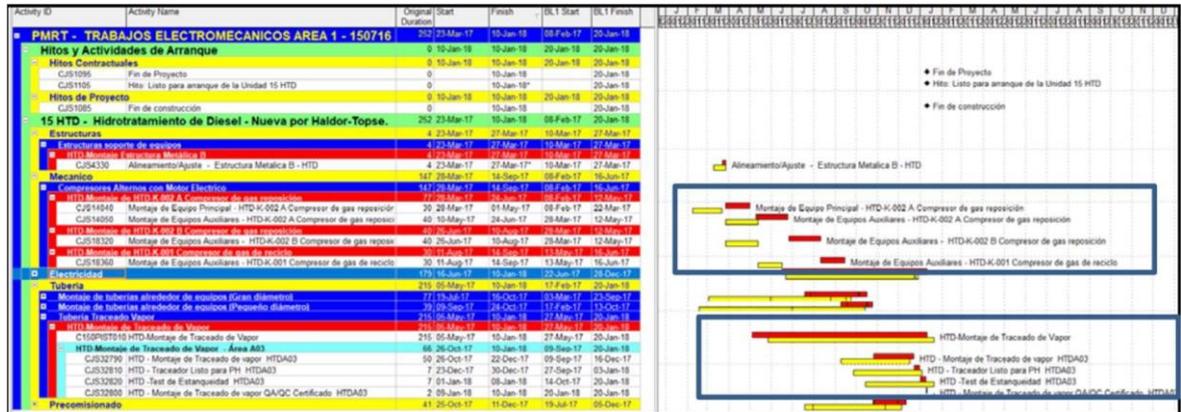
Figura 35 Representa demora acumulada de 13 días



Fuente: Elaboración Propia

El resto de la demora durante esta Ventana (10 días) se debió a una combinación de una resecuencia relacionada al montaje de compresores, y el aumento de duración de los trabajos de traceado de vapor. Aunque la resecuencia del montaje de compresores representa una mitigación por parte de la empresa, a la fecha, no se ha identificado documentación contemporánea durante esta ventana de tiempo que sustente impactos externos asociados al incremento de duración de los trabajos de traceado de vapor.

Figura 36 Demora de esta ventana (10 días)



Fuente: Elaboración Propia

Así las cosas, se atribuye a la empresa la demora de 13 días asociada con los temas estructurales, y 10 días a la empresa por la demora asociada al traceado de vapor.

C. Ventana No 3: 30 de enero del 2018 al 14 de septiembre del 2018.

Hasta el 30 de enero del 2018, los trabajos en el Suplemento 00 se encontraban demorados por 27 días (con fecha de culminación proyectada del 20 de enero del 2019) y la ruta crítica era a través de trabajos de estructuras. Sin embargo, a partir del 30 de enero del 2018, según los cronogramas updates de la empresa, la ruta crítica había cambiado del montaje de estructuras a la llegada de soportes de bandejas de instrumentación, las cuales debían ser suministradas por el Epecista.

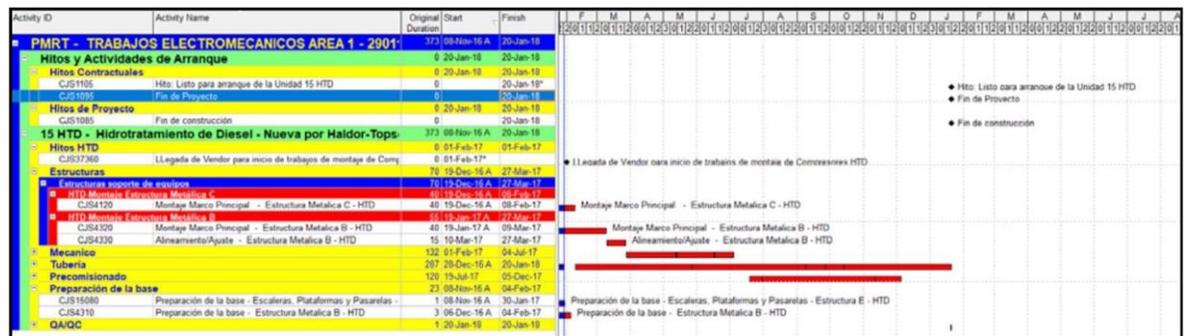
Durante esta Ventana, la ruta crítica fue impactada por demoras del Epecista en el suministro de estos soportes para bandejas de cableado, impactando los subsiguientes trabajos de tendido de cables.

Este impacto crítico continuo hasta el 14 de septiembre del 2018, cuando la ruta crítica fue impactada por la paralización por parte del Epecista. A esa fecha, la obra proyectaba culminarse el 10 de abril del 2019, acumulando una demora de 107 días. Por lo tanto, la demora crítica durante esta Ventana No 3 fue de 80 días.

Paso 1: Ruta Critica al comienzo de la ventana No 3

Como se indicó anteriormente, al 30 de enero del 2018, era a través del montaje de estructuras, seguido por montaje de tuberías.

Figura 37 Paso 1: Ruta Critica al comienzo de la ventana No 3



Fuente: Elaboración Propia

La fecha de culminación proyectada en este cronograma actualizado al 30 de enero de 2018 era del 20 de enero del 2019, 27 días tarde.

Además, como se indicó anteriormente, el cronograma actualizado al 6 de febrero del 2018 ya mostraba un cambio en la ruta crítica, donde ésta ya no era a través de los trabajos ya mostraba un cambio en la ruta crítica, donde ésta ya no era a través de los trabajos estructurales, sino a través del suministro, por parte del Epecista, de soportes de bandejas. Estos trabajos eran seguidos por la instalación de estos soportes, permitiendo entonces la instalación de las bandejas, conductos, tendido del cable y sus posteriores pruebas.

Figura 38 Paso 1: Ruta Critica al comienzo de la ventana No 3



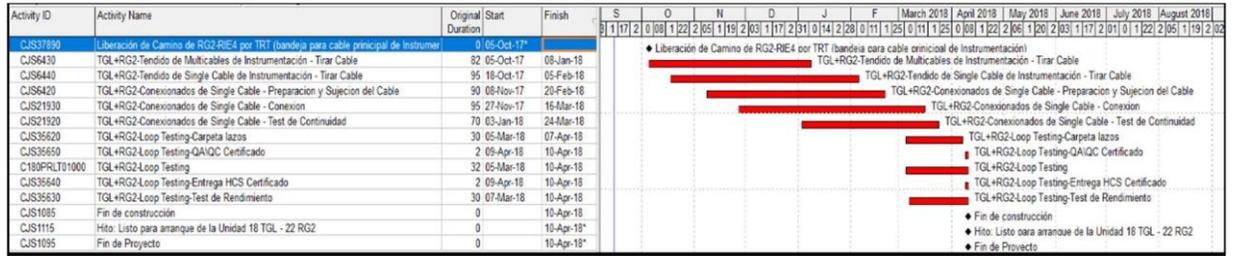
Fuente: Elaboración Propia

Paso 2: Ruta Critica al final de la ventana No 3

Al 15 de septiembre del 2018, el cronograma actualizado muestra una fecha de culminación proyectada del 10 de abril del 2019, 107 días tarde. Esto implica una demora adicional durante esta Ventana de 80 días.

La ruta crítica en este cronograma era a través de la liberación de ciertas bandejas para continuar con el tendido de cables, seguido por pruebas eléctricas.

Figura 39 Paso 2: Ruta Critica al final de la ventana No 3



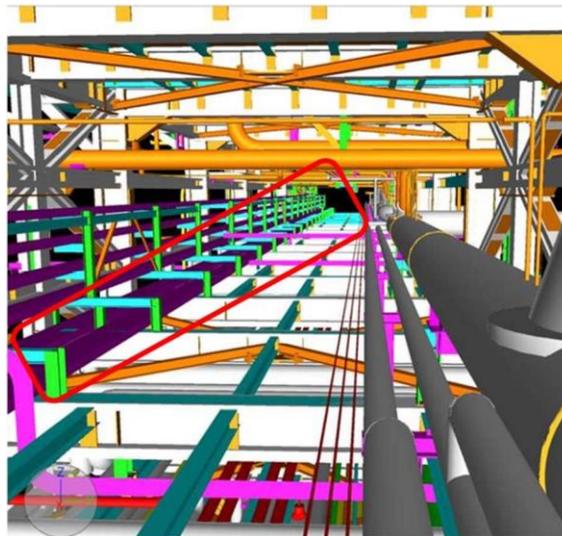
Fuente: Elaboración Propia

Paso 3: Eventos de Impacto durante la Ventana No 3

Durante esta Ventana, los impactos críticos principales fueron la demora del Epecista en proporcionar soportes estructurales para las bandejas en las que se instalarían cables eléctricos y de instrumentación, y la liberación de las mismas, y de otros caminos de cables entre los límites de las unidades hasta las subestaciones eléctricas, para el tendido de cables.

En cuanto al suministro de soportes de bandejas, el Subcontrato indicaba que el Epecista era responsable por la entrega de soportes específicos para las bandejas. La siguiente ilustración muestra ejemplos de estos elementos:

Figura 40 Paso 3: Eventos de Impacto durante la Ventana No 3

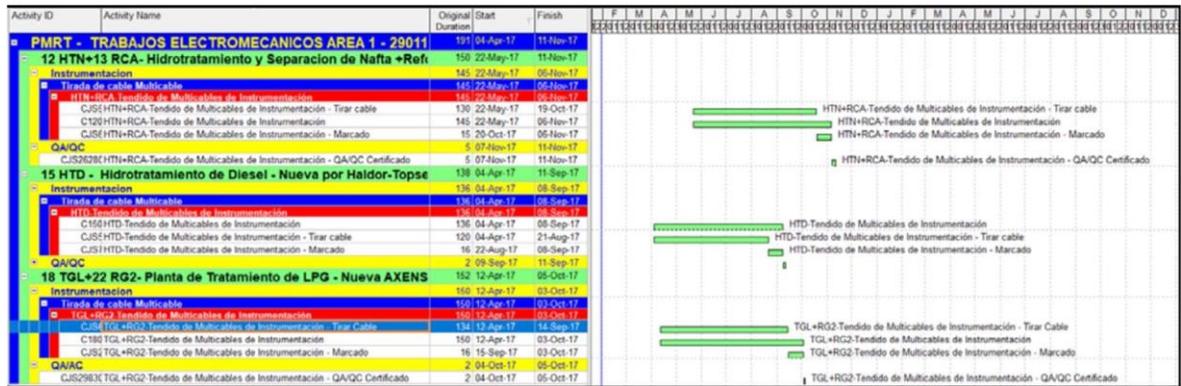


Fuente: Elaboración Propia

Paso 4: Impactos a la ruta crítica durante la Ventana N°3

Según el cronograma actualizado al 14 de septiembre del 2018, trabajos críticos de tendido de cables en el TGL no comenzarían hasta el 5 de octubre del 2017. Sin embargo, en el cronograma actualizado del 30 de enero del 2018, estos trabajos estaban proyectado a comenzar en abril del 2018.

Figura 41 Paso 4: Impactos a la ruta crítica durante la Ventana N°3

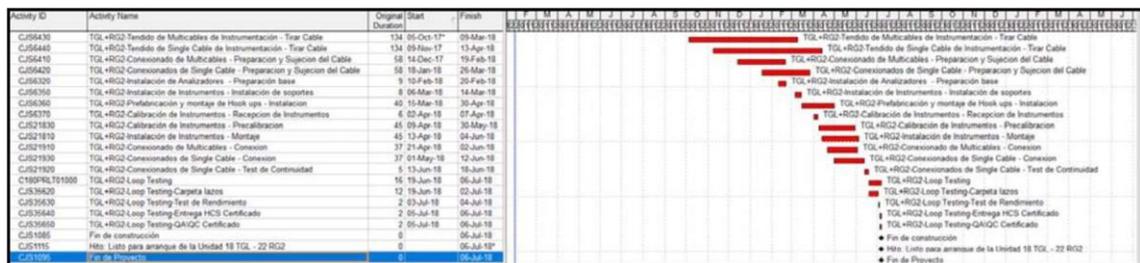


Fuente: Elaboración Propia

Esto representa una demora en el comienzo de la actividad de alrededor de 6 meses.

Al impactar el cronograma del 30 de enero del 2018 con esta información, la fecha de culminación de los trabajos del Suplemento 00 hubiera sido el 6 de julio del 2019, una demora crítica de 167 días con relación a la fecha proyectada en el cronograma actualizado, que era el 20 de enero del 2019.

Figura 42 Cronograma actualizado al 20 de enero del 2019

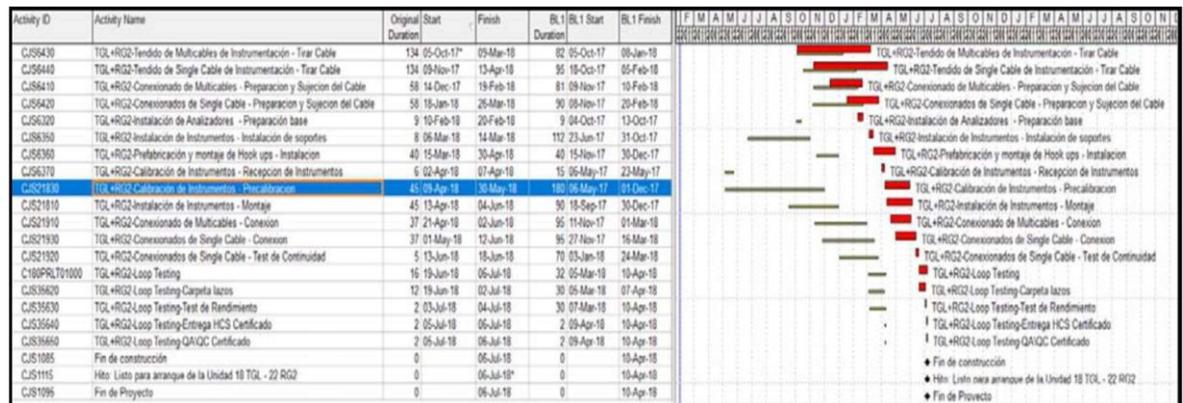


Fuente: Elaboración Propia

Sim embargo, durante esta Ventana, la empresa implemento medidas de mitigación que redujeron este posible impacto crítico de 167 días (una fecha de culminación proyectada del 6 de julio del 2019) a 80 días (una fecha de culminación proyectada del 10 de abril del 2019). Esto implica una mitigación de 87 días.

Como muestra la siguiente ilustración, que compara las actividades críticas en el cronograma del 30 de enero del 2018 impactado con las fechas para estas actividades en el cronograma actualizado del 14 de septiembre del 2018, esta mitigación se debió principalmente al comienzo de actividades de instalación de soportes de instrumentos y de precalibración de instrumentos antes de lo indicado en la secuencia constructiva del cronograma del 30 de enero del 2018. En otras palabras, el Epecista abrió frentes de trabajo adicionales para realizar trabajos en paralelo.

Figura 43 Demora adicional de 80 días



Fuente: Elaboración Propia

Así las cosas, considerando que el suministro de soportes de bandejas era responsabilidad del Epecista, y que esta fue la demora crítica durante esta Ventana, la demora adicional de 80 días durante la Ventana N°3 se atribuye al Epecista.

D. Ventana No 4: 14 de septiembre del 2018 al 31 de mayo del 2019

Al 14 de septiembre del 2018, los trabajos del Suplemento 00 se encontraban demorados por 107 (una fecha proyectada de culminación del 10 de abril del 2019). Sin embargo, a esa fecha, la ruta crítica cambió del impacto de las demoras en entregas de los soportes de bandejas al tendido de cables de instrumentación, cuando el Epecista paralizó estos trabajos por razones ajenas a la empresa.

Como se discutirá a continuación, el suministro de estos cables era responsabilidad del Epecista. Sin embargo, los cables provistos a la empresa tenían problemas de aislamiento y acabados, lo cual era advertido por la empresa aun con antelación a la paralización de los trabajos. Por esto, fue necesaria la remoción de los cables ya tendidos por la empresa, y el tendido de nuevos cables. Según la documentación contemporánea, al 31 de mayo del 2019, continúan las indefiniciones por parte del Epecista para este impacto.

Con base en la información conocida al 31 de mayo del 2019, los cronogramas actualizados de la empresa indican que el Suplemento 00 se demorara por 301 días adicionales durante este Ventana, con una fecha de culminación proyectada del 5 de febrero del 2019 (una demora acumulativa de 408 días).

Paso 1: Ruta Critica al comienzo de la ventana No 4

Como se mostró anteriormente, la ruta del cronograma actualizado al 5 de septiembre del 2018 era a través de la liberación de ciertas áreas para permitir la continuación del trabajo de tendido de cables.

Figura 44 Paso 1: Ruta Critica al comienzo de la ventana No 4



Fuente: Elaboración Propia

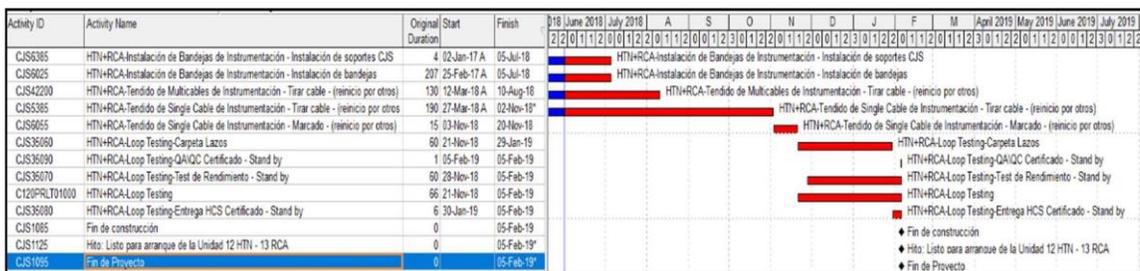
Luego de los trabajos de tendido, el consorcio continuaría con trabajos de conexionado y pruebas eléctricas, proyectando un final del Proyecto del 10 de abril del 2019, 107 días tarde.

Paso 2: Ruta Critica al final de la ventana No 4

Al 31 de mayo del 2019, el cronograma actualizado de la empresa muestra una fecha de culminación del 5 de febrero del 2020, una demora acumulada de 408 días. Esto implicaría una pérdida de 301 días durante la Ventana No 4.

La ruta crítica en este cronograma continuaba siendo el tendido de cables, pero ahora a ser por otros subcontratistas, y continuando a través de pruebas eléctricas. Según este cronograma, se proyecta que el tendido de cables en la unidad HTN-RCA culminará en noviembre del 2019, permitiendo entonces el comienzo de pruebas a los mismos.

Figura 45 Paso 2: Ruta Critica al final de la ventana No 4



Fuente: Elaboración Propia

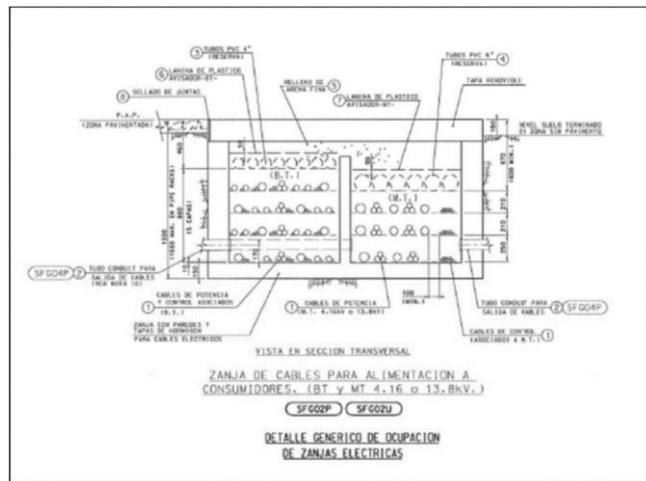
Paso 3: Eventos de Impacto durante la Ventana No 4

Durante esta Ventana, el evento de impacto crítico fue la paralización por parte del Epecista de las actividades de tendido de cables de electricidad e instrumentación. Esta paralización fue instruida por el Epecista debido a que los cables provistos por el Epecista a la empresa confrontaban problemas con su aislamiento y acabados, por lo que fue necesaria la remoción de los cables ya tendido por la empresa, además del tendido de nuevos cables provistos por el Epecista. Cabe señalar que el Epecista asignó los trabajos de remoción de cables a otros subcontratistas y luego removió del alcance de la empresa el tendido de estos cables.

A esos efectos, como parte de sus trabajos, y según datos del sistema de control de la empresa, era responsable por la instalación de 860,913 metros de cable eléctrico y de instrumentación, el cual sería suministrado por el Epecista.

Los cables debían ser tendidos en zanjas y bandejas. Luego de la colocación de estos cables, a Empresa proseguía con la instalación de otros materiales encima del mismo. La siguiente muestra de instalación típica de estos cables.

Figura 46 Paso 3: Eventos de Impacto durante la Ventana No 4



Fuente: Elaboración Propia

Además, como muestran las siguientes ilustraciones, la instalación del cable era trabajo que se realizaba en cada una de las tres unidades.

A estos efectos, la empresa comenzó con la instalación de cables el 8 de mayo del 2018. Sin embargo, desde el propio mes de mayo del 2018 hasta septiembre del 2018, la empresa continuamente notificaba al Epecista de defectos en estos cables.

El 14 de septiembre del 2018, el Epecista paralizó los trabajos de tendido de cables “hasta nueva orden”. Cabe señalar que, a esa fecha, había tendido sobre 130,000 metros de cable (alrededor del 15% de los cables previstos para las tres unidades).

A esos efectos, como se describe a continuación, a pesar de las continuas solicitudes de la empresa sobre la fecha en que el Epecista entregaría cables que pudieran ser tendidos, esta información no era provista a la empresa. Eventualmente, el Epecista decidió remover ese alcance del subcontrato, para ser realizado por otros subcontratistas. Sin embargo, mientras la empresa esperaba por la entrega de nuevos cables, las partes discutían como proceder para remover el cable ya tendido.

El 25 de octubre del 2018, el Epecista solicitó a la empresa una cotización para la remoción de los cables ya instalados en zanjas y bandejas. Ante este pedido, la empresa presentó una propuesta por US\$2,648,172 para la remoción de estos cables. Esta propuesta incluía los siguientes rubros:

- US\$ 1,994,520 por costos directos para la remoción de 133,267 metros de cables, incluyendo su desconexión y re-bobinado.
- US\$ 488,506 por costo indirecto y gastos generales.
- US\$ 165,146 por beneficio industrial.

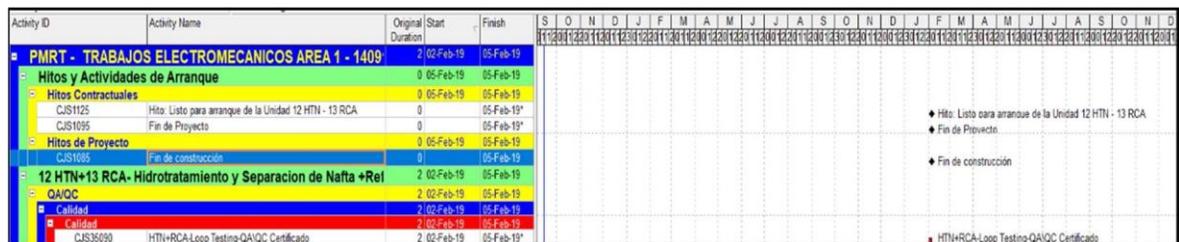
Sim embargo, la demora en el comienzo de los loops test no fue la única demora crítica originada por el tema de los cables. Además del impacto en el comienzo de la actividad de loop test debido a la demora en el tendido de los cables, causada por los materiales entregados por el Epecista, la duración de estos loop tests ha sido incrementada en los cronogramas actualizados.

Para la unidad HTN-RCA, según el cronograma del 15 de septiembre del 2018, los loops tests se realizarían entre el 14 de febrero del 2019 y el 26 de marzo del 2019, una duración de 40 días. El cronograma del 31 de mayo del 2019 indica que los loops test en esta unidad comenzarán el 21 de noviembre del 2019 y culminarán el 5 de febrero del 2020, una duración de 76 días.

Este incremento de 36 días en la duración de los loop test de la unidad HTN-RCA se debió a una reconsideración en la duración de la actividad derivada de nueva información de ingeniería que se desconocía al momento de hacer la programación previa.

Al añadir esta modificación al cronograma del 15 de septiembre del 2018 (ya impactado con la demora al comienzo de los lopp tests), se proyecta una fecha de culminación del 5 de febrero del 2020, una demora critica adicional de 35 días, con relación a la fecha del 1 de enero del 2020 proyectada por la demora en el comienzo de los loop tests.

Figura 50 Proyectada por la demora de los loop test.



Fuente: Elaboración Propia

Cronograma As-planned:

Mediante comunicación con fecha del 4 de enero del 2019, el Epecista aprobó un cronograma base para los trabajos del FCK. Al igual que para el suplemento 00, esta aprobación fue la finalización de un proceso interactivo de varios meses en que las partes intercambiaron cronogramas, información y comentarios.

En resumen, la empresa comenzó a desarrollar el cronograma base para el FCK desde abril del 2018 y el mismo fue presentado oficialmente por primera vez el 3 de agosto del 2018. En dicha comunicación, la empresa indicaba que el cronograma se iba elaborando con la información provista por el Epecista relacionada a secuencia de prioridades, fechas de liberación de estructuras, y otras sugerencias.

Así las cosas, con base en un proceso interactivo entre las partes y en información de liberaciones, suministros y prioridades proporcionadas por el Epecista; se estableció el programa del Proyecto (“Cronograma Línea Base para el Suplemento 01”). Este cronograma establecía la secuencia constructiva a seguirse para culminar los trabajos de la unidad FCK dentro del plazo contractual, con base en la información y comentarios provistos por el Epecista.

La Secuencia era generalmente similar a la de los trabajos del Suplemento 00, a excepción que los trabajos en la unidad FCK no incluían el montaje de estructuras metálicas, las cuales en esta unidad eran responsabilidad de otros subcontratistas del Epecista. A esos efectos, la unidad FCK fue dividida en 10 áreas de trabajo, como muestra la siguiente ilustración.

Figura 52 Secuencia de trabajos del Suplemento 00

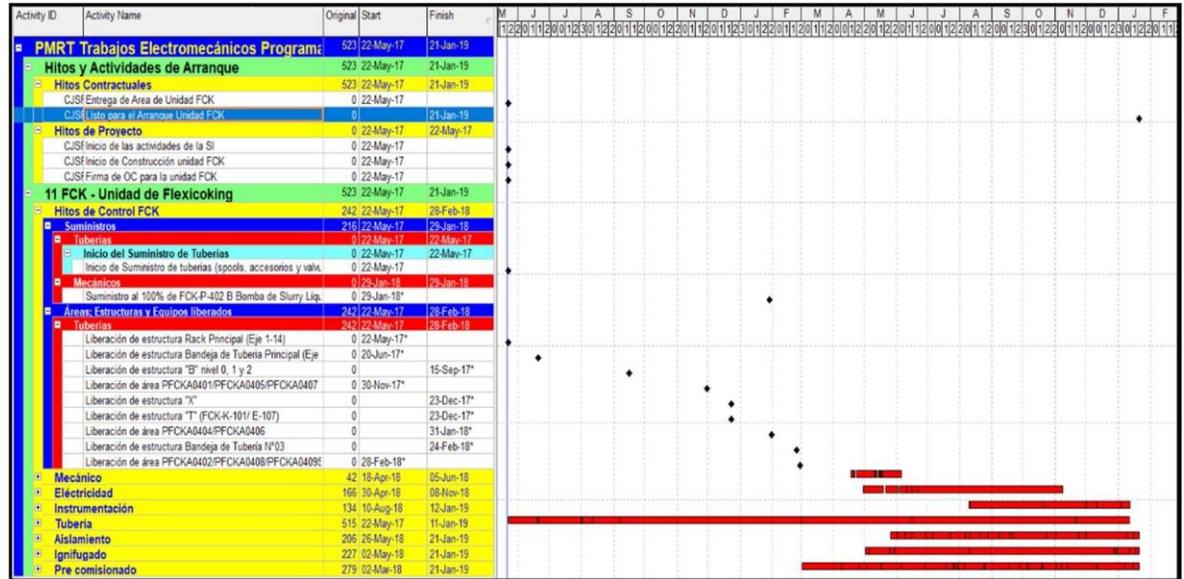


Fuente: Elaboración Propia

Sobre el comienzo de los trabajos en estas áreas, el subcontrato indicaba que “El subcontratista comenzara los trabajos por estructuras metálicas liberadas”. Sobre este particular, durante las reuniones para la elaboración del cronograma base, el Epecista afirmaba que la empresa ingresaría a trabajar en zona liberadas por los subcontratistas de estructuras (Trabajos que no formaban parte del Suplemento 01). Así las cosas, para comenzar con los trabajos de montaje de tuberías era necesario para la empresa contar con trabajos completados por otros subcontratistas de estructuras, pipe racks, prevestidos metálicos y soportes del tipo SPS.

Como se muestra a continuación, el cronograma línea base para el Suplemento 01 tenía varios hitos críticos de entregas y liberaciones por parte del Epecista, los cuales debían cumplirse para que los trabajos del suplemento 01 culminaran a tiempo.

Figura 53 Cronograma línea base Suplemento 01



Fuente: Elaboración Propia

Cronograma Updates:

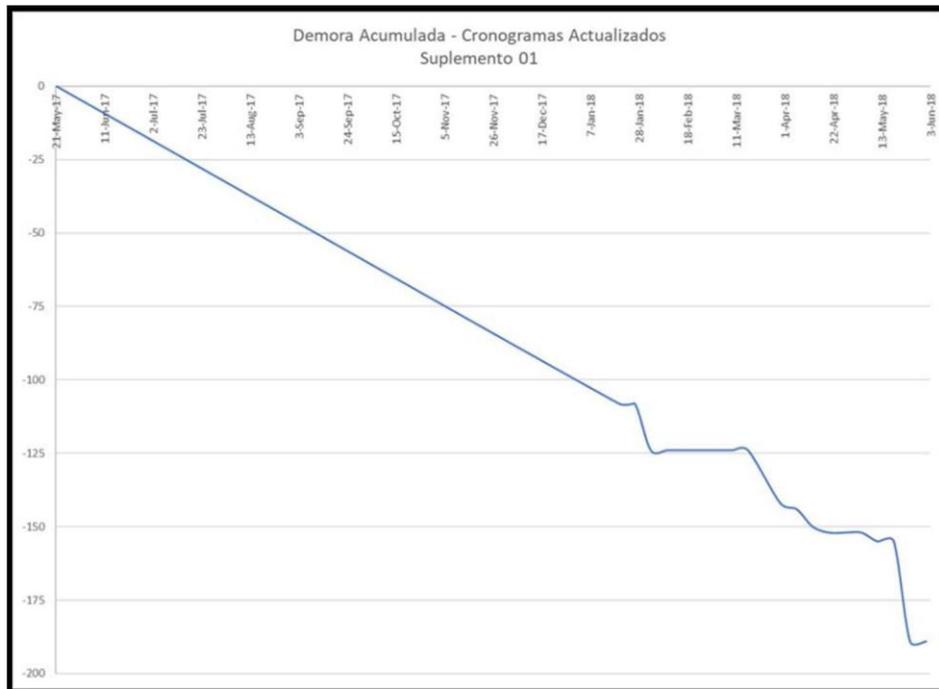
Al igual que para el Suplemento 00, el Subcontrato requería que la empresa informara del avance de los trabajos semanalmente, incluyendo información de avance real y proyecciones de saldo del Proyecto.

A esos efectos, luego de la aprobación del cronograma línea base para el Suplemento 00, la empresa ha presentado, como parte de sus informes semanales, cronogramas actualizados de manera semanal. Estos cronogramas son actualizados por la empresa de acuerdo con lo realmente ejecutado en campo y utilizados para la gerencia de la obra y toma de decisiones. Además, estos cronogramas actualizados son discutidos periódicamente y en detalle con personal del Epecista, tanto en reuniones contractuales, como en reuniones de planeamiento.

Estos cronogramas actualizados mostraban como la ruta crítica real de la unidad FCK cambiaba a través del tiempo de acuerdo con los avances reales y los cambios en secuencia implementados por la empresa, como medidas

de mitigación. Además, estos cronogramas indicaban la fecha de culminación proyectada por la unidad FCK, con base en la información conocida al momento de elaborar cada actualización. Las siguientes ilustraciones resumen esta información según los cronogramas actualizados de la empresa para esta unidad.

Figura 54 Cronograma Updates



Fuente: Elaboración Propia

Metodología de Análisis por Ventanas:

Para propósitos de este análisis los trabajos de la unidad FCK han sido divididos en las siguientes dos Ventanas de tiempo. Estas Ventanas fueron seleccionadas con base en los criterios objetivos que se indican a continuación.

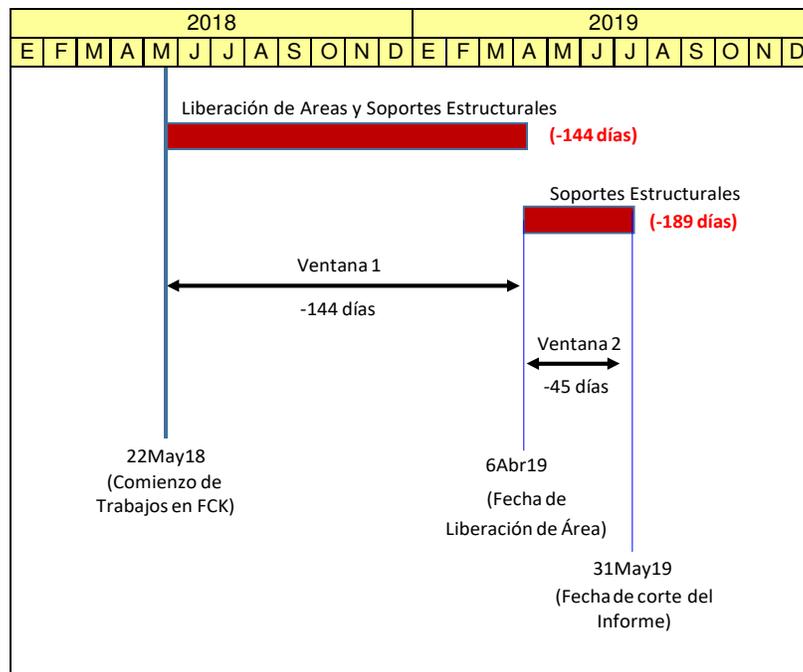
- **Ventana No 1:** Desde el 22 de mayo del 2018 al 6 de abril del 2019. Esta primera Ventana comprende el periodo entre el comienzo de los trabajos en la unidad FCK hasta la liberación parcial del Área FCK A04,

específicamente las Estructuras E y F que se encuentran en esa zona. A esa fecha, se proyectaba una fecha de culminación del 14 de junio del 2020, 144 días tarde. Durante esta Ventana la ruta crítica de los cronogramas actualizados fue consistentemente a través de las liberaciones de áreas.

- Ventana No 2:** Desde el 6 de abril del 2019 hasta 31 de mayo del 2019. Esta Ventana comprende el periodo desde la liberación parcial del Área FCK A04 hasta la fecha de corte de May19. La demora adicional durante esta Ventana fue de 45 días (para una demora acumulada al 31 de mayo del 2019 es de 189 días). Durante esta Ventana la ruta crítica de los cronogramas updates fue generalmente a través de trabajos adicionales de montaje de soportes por parte de la empresa.

La siguiente ilustración resume estas Ventanas de análisis.

Figura 55 Resume estas Ventanas de análisis



Fuente: Elaboración Propia

A. Ventana No 1: Comienzo de los trabajos en FCK al 6 de abril del 2019

La primera Ventana para la unidad FCK abarca desde el comienzo de los trabajos hasta el 6 de abril del 2019, cuando el Epecista libero las estructuras E y F a la empresa. La fecha de culminación al 6 de abril del 2019 se proyectaba al 14 de junio del 2020, 144 días tarde. Este atraso se relaciona a la demora del Epecista en liberar áreas de trabajo a la empresa.

Paso 1: Ruta Critica al comienzo de la ventana No 1

Como se mencionó anteriormente, el cronograma as-planned para el Suplemento 01 proyectaba una fecha de culminación a tiempo del 21 de enero del 2020 y su ruta crítica era a través de varias liberaciones y entregas por parte del Epecista.

Entre estas áreas con fechas críticas de liberación se encontraba el área (sector) FCKA04, una de las areas de mayor tamaño y que era la de mayor peso relativo en cuanto al volumen de trabajo para el suplemento 01, como muestra el siguiente resumen proveniente del sistema de control de la empresa.

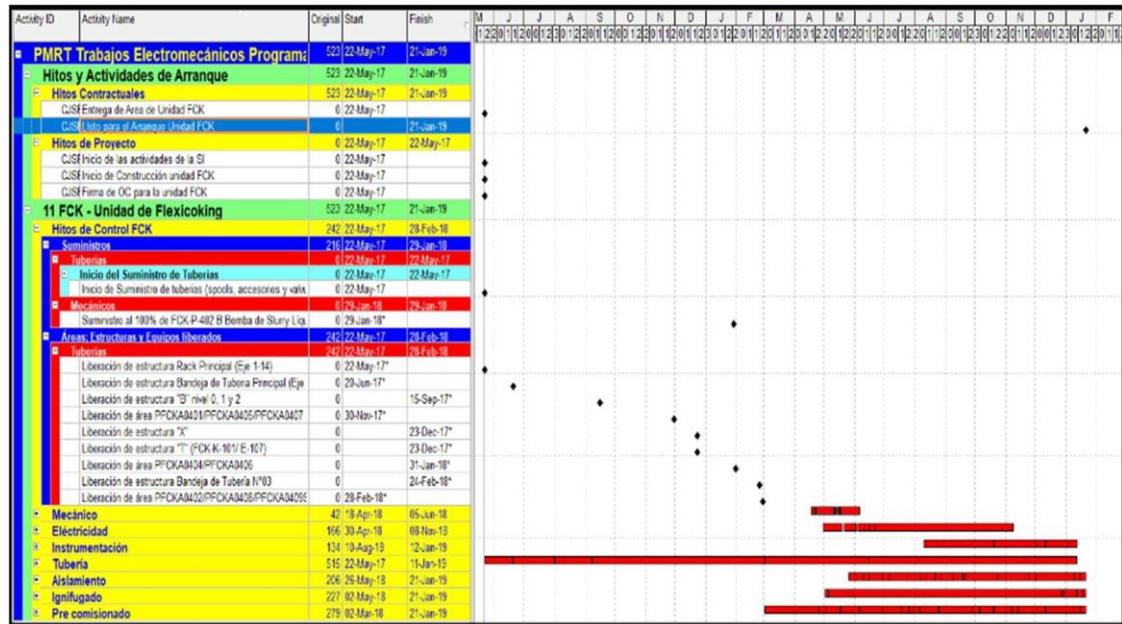
Figura 56 Ruta Critica al comienzo de la ventana No 1

Codigo Actividad	Montaje de tuberías alrededor de equipos (Gran diámetro)	Subcontrato	Unidad de Medida	Cantidad	Cantidad Ejecutada	Peso Relativo Construcción	Peso Relativo
	Nombre Actividad						
C110PIBB01005	FCK-Montaje de Tubería de Diámetro Mayor - FCK Area A08	JJC-COSAPI	02070.PI.ER.DI	4533.92	2,040,000	0.1094718%	6.93%
C110PIBB01015	FCK-Montaje de Tubería de Diámetro Mayor - FCK Area A09	JJC-COSAPI	02070.PI.ER.DI	11305.31	5,578,500	0.2456418%	15.55%
C110PIBB01025	FCK-Montaje de Tubería de Diámetro Mayor - FCK Area A02	JJC-COSAPI	02070.PI.ER.DI	3302.43	165,500	0.0746365%	4.74%
C110PIBB01035	FCK-Montaje de Tubería de Diámetro Mayor - FCK Area A03	JJC-COSAPI	02070.PI.ER.DI	10581.99	5,994,000	0.2368082%	14.99%
C110PIBB01045	FCK-Montaje de Tubería de Diámetro Mayor - FCK Area A06	JJC-COSAPI	02070.PI.ER.DI	5704.82	1,417,000	0.1211161%	7.67%
C110PIBB01055	FCK-Montaje de Tubería de Diámetro Mayor - FCK Area A07	JJC-COSAPI	02070.PI.ER.DI	5640.16	3,177,250	0.1187896%	7.52%
C110PIBB01065	FCK-Montaje de Tubería de Diámetro Mayor - FCK Area A10	JJC-COSAPI	02070.PI.ER.DI	3557.16	3,057,000	0.0748943%	4.74%
C110PIBB01075	FCK-Montaje de Tubería de Diámetro Mayor - FCK Area A04	JJC-COSAPI	02070.PI.ER.DI	12345.04	3,825,500	0.3250128%	20.57%
C110PIBB01085	FCK-Montaje de Tubería de Diámetro Mayor - FCK Area A05	JJC-COSAPI	02070.PI.ER.DI	7636.97	3,172,250	0.1560764%	9.88%
C110PIBB01095	FCK-Montaje de Tubería de Diámetro Mayor - FCK Area A11 (Aeroenfriadores Rack Principal - Ejes 11-27)	JJC-COSAPI	02070.PI.ER.DI	4256.27	1,744,250	0.0881071%	5.58%
C110PIBB01105	FCK-Montaje de Tubería de Diámetro Mayor - FCK Area A16 (Aeroenfriadores Rack N°2 - Ejes D-G)	JJC-COSAPI	02070.PI.ER.DI	176.46	78,000	0.0036048%	0.23%
CS40PIBB01000	FCK OFFSITE-Montaje de Tubería de Diámetro Mayor - FCK Area A01	JJC-COSAPI	02070.PI.ER.DI	1133.74	345,500	0.0253120%	1.60%
				70,174,296	30,594,750	1.580%	46.25%

Fuente: Elaboración Propia

Específicamente, la ruta crítica de este cronograma incluía la liberación de las subáreas 1, 5 y 7 del área FCKA04, la cual debían ser liberadas al 30 de noviembre del 2018 para no impactar la fecha de culminación de los trabajos.

Figura 57 Cronograma de Culminación de trabajos.

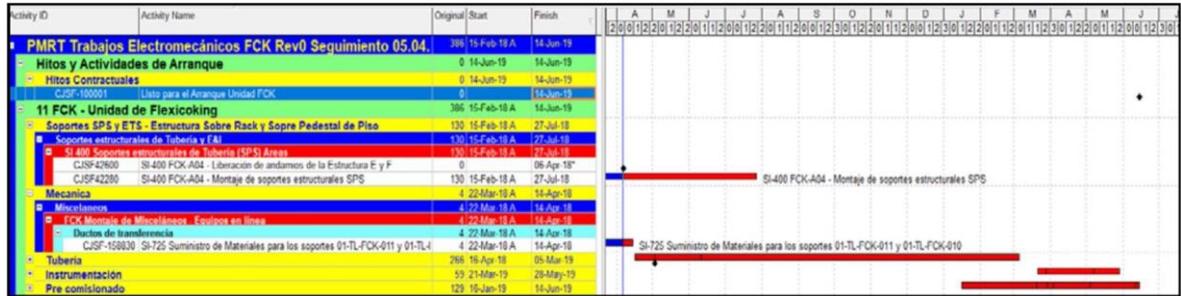


Fuente: Elaboración Propia

Paso 2: Ruta Crítica al culminar la Ventana No 1

La ruta crítica del cronograma actualizado al 6 de abril del 2019 comenzaba con la liberación de las estructuras E y F del área FCKA04 por parte del Epecista. La fecha de culminación proyectada en dicha actualización era del 14 de junio del 2020, lo que representaba una demora de 144 días.

Figura 58 Ruta Critica al culminar la Ventana No 1



Fuente: Elaboración Propia

Paso 3: Eventos de Impacto durante la Ventana No 1

Desde mayo del 2018, la empresa notificaba al Epecista de restricciones de acceso a múltiples áreas de trabajo. Estas notificaciones fueron continuas por parte de la empresa y continuaban.

En cuanto al Área FCKA04 específicamente, el 5 de diciembre del 2017 la empresa ya advierte al Epecista que el montaje de estructuras por parte de otros subcontratistas restringía el acceso de grúas para el montaje de tuberías.

Esta notificación de restricciones en esta área se repitió el 19 de diciembre del 2018, esta vez indicando que las zonas de bajada del rack principal continuaban ocupadas por otro subcontratista.

La empresa continuaba indicando restricciones en esta área a través de sus informes semanales. Por ejemplo, la siguiente ilustración proviene del informe semanal del 1 de febrero del 2019.

Figura 59 Eventos de Impacto durante la Ventana No 1



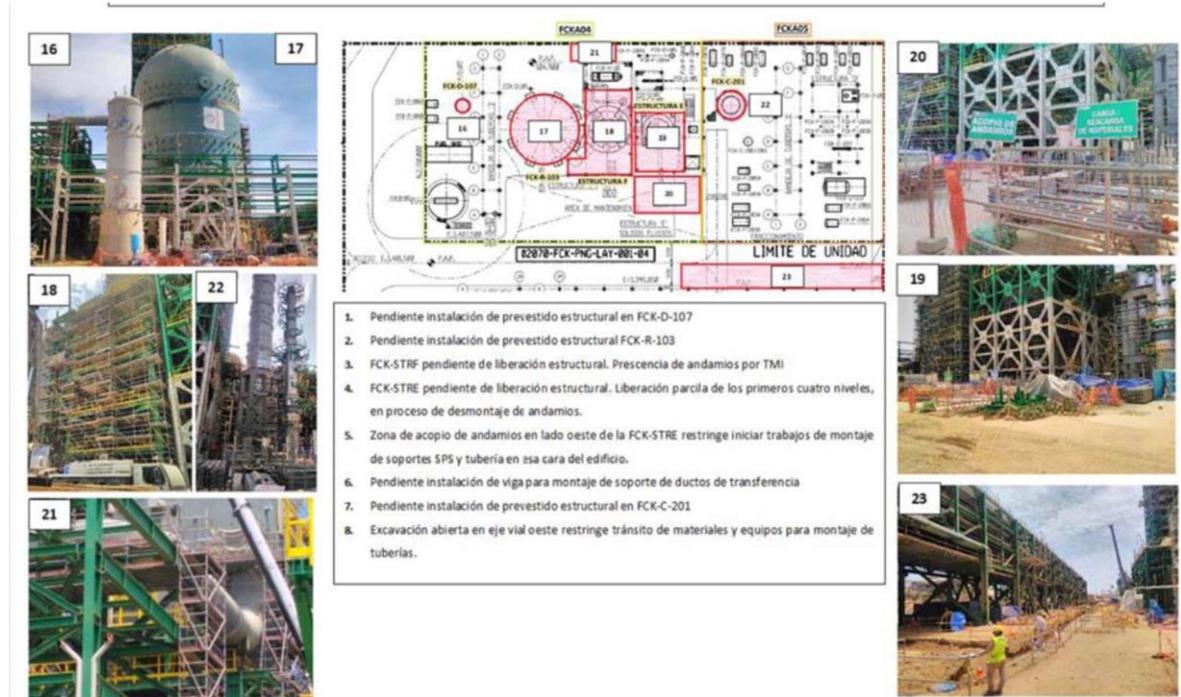
Fuente: Elaboración Propia

Estas restricciones fueron reiteradas por la empresa mediante una carta con fecha del 6 de febrero del 2019, al igual que el 15 de febrero del 2019.

El Epecista respondió a estas notificaciones el 12 de marzo del 2018, pero limitando su respuesta a temas anteriores al 18 de enero del 2019. Sobre este particular, y relacionado al FCKA04, el Epecista indicaba que la empresa había contado con accesos a estas áreas, e indicaba demoras en la movilización de equipos por parte de la empresa. Las apreciaciones del Epecista fueron respondidas por la empresa indicando que varias de las restricciones fueron levantadas por el Epecista precisamente el 18 de enero del 2019, fecha de corte de su carta, y que la grúa indicada en su carta no podía movilizarse a esa área por falta de acceso.

Los informes semanales de la empresa continuaban indicando restricciones en esta área, por trabajos de otros subcontratistas. Por ejemplo, al 29 de marzo del 2019, la empresa indicaba interferencias con las estructuras E y F en esta área, implicando el progreso de los trabajos.

Figura 60 Estructuras E y F progreso de los trabajos



Fuente: Elaboración Propia

Se indica que, según la coordinación realizada entre subcontratista, esa área sería liberada el 2 de abril del 2019, cuando el acuerdo según el cronograma línea base para el Suplemento 01 era que la misma zona fuera liberada e 30 de noviembre del 2018 (cuatro meses de demoras).

Paso 4: Impactos a la ruta crítica durante la Ventana N°1

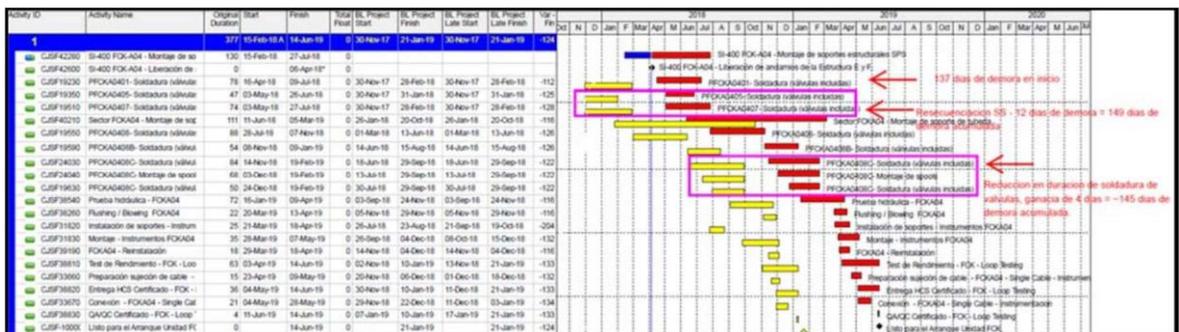
Como se mencionó anteriormente, la secuencia constructiva en el cronograma línea base del Suplemento 01, indicaba que el Área FCKA04 sería liberada el 30 de noviembre del 2018, liberación que formaba parte de la ruta crítica de

este cronograma. Esta liberación restringía el comienzo del montaje de tuberías en el FCKA0401 al 30 de noviembre del 2018, que también formaba parte de la ruta crítica.

Sim embargo, debido a la demora en la liberación del área, y con base en los trabajos adicionales necesarios para comenzar el montaje de tuberías en esta área, el cronograma del 6 de abril del 2019 proyectaba que el montaje de estas tuberías comenzaría el 16 de abril del 2019m una demora de 137d.

La demora adicional de 7 días proyectada en el cronograma del 6 de abril del 2019 se debe a cambios en la secuencia constructiva que generalmente incluyen: re-secuencias y reducciones en las duraciones de actividades de montaje de spools en el Área FCKA04, la cuales se relacionan a las condiciones reales del Proyecto.

Figura 61 Paso 4: Impactos a la ruta crítica durante la Ventana N°1



Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto, la demora de 144 días de esta Ventana se atribuye al Epecista por los impactos de falta de liberaciones de áreas y trabajos adicionales asignados a la empresa que impiden el comienzo de montaje de tuberías en ciertas zonas del área FCKA04.

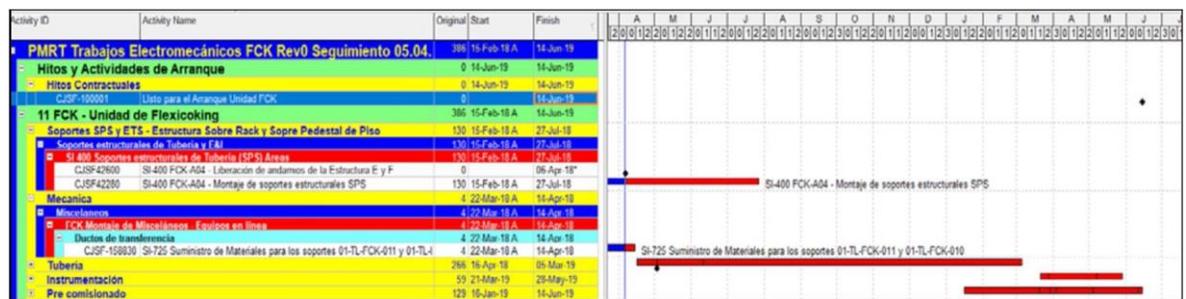
B. Ventana No 2: 6 de abril del 2019 al 31 de mayo del 2019

Esta segunda Ventana comprende el periodo entre el 6 de abril del 2018, la liberación parcial de la estructura E, y los trabajos de soportes estructurales en esa área y fecha de corte del 31 de mayo del 2019. La fecha de culminación a esa fecha se proyectaba al 29 de julio del 2020, 189 días tarde, una demora adicional de 45 días durante esta Ventana. Este atraso se relaciona a trabajos adicionales de montaje de soportes por parte de la empresa.

Paso 1: Ruta Critica al comienzo de la ventana No 1

La ruta crítica del cronograma actualizado al 6 de abril del 2019 comenzaba con la liberación de las Estructuras E y F del Área FCK 04 por parte del Epecista. La fecha de culminación proyectada en dicha actualización era del 14 de junio del 2019, lo que representaba una demora de 144 días. Esta fecha se basaba en una proyección que la empresa pudiera culminar los trabajos de montaje de soportes estructurales SPS para el Área FCKA04 (Trabajos que no formaban parte del Subcontrato) al 27 de julio del 2019, seguido por los trabajos de montaje de tuberías.

Figura 62 Paso 1: Ruta Critica al comienzo de la ventana No 1

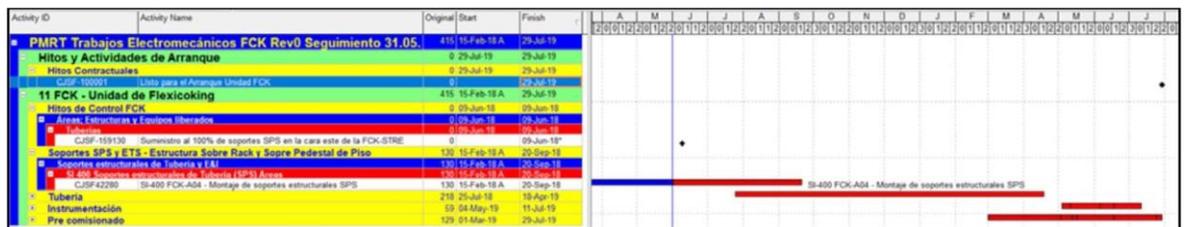


Fuente: Elaboración Propia

Paso 2: Ruta Critica Final de la Ventana No 2

La ruta crítica del cronograma actualizado al 1 de junio del 2019 era a través del montaje de soportes estructurales SPS en el FCKA04, los cuales formaban parte de la ruta crítica al comienzo de esta Ventana. Sin embargo, estos trabajos ahora proyectaban culminarse el 20 de septiembre del 2019, 55 días más tarde de lo proyectado al comienzo de esta Ventana.

Figura 63 Paso 2: Ruta Critica Final de la Ventana No 2



Fuente: Elaboración Propia

A esa fecha, la fecha de culminación proyectada en el cronograma era del 29 de julio del 2020, una demora adicional de 45 días durante esta Ventana, para un atraso acumulado al 31 de mayo del 2019 de 189 días.

Paso 3: Eventos de Impacto durante la Ventana No 2

Durante esta Ventana los eventos de impacto continúan relacionándose a la falta de suministro de soportes para el FCKA04 por parte del Epecista y a las indefiniciones acerca de los mismos, impidiendo los trabajos de montaje de tuberías en esa área. Además, existen impactos relacionados a trabajos adicionales en las líneas de transferencias (“transfer lines”). Estas restricciones continúan siendo notificada por la empresa semanalmente.

Paso 4: Impactos a la ruta crítica durante la Ventana N°2

El incremento en el alcance de los trabajos de montaje de soportes SPS en el área FCKA04, lo cual es un trabajo adicional para la empresa durante esta

Ventana ha llevado a la empresa a incrementar la duración de esta actividad (demora en su fecha de culminación). A comienzos de abril del 2019, la empresa proyectaba culminar con estos trabajos, bajo la SI-400, el 27 de julio del 2019. A la fecha de corte de este informe, la empresa ahora proyecta que esta actividad culminara el 20 de septiembre el 2019, 55 días más tarde.

3.2. Evaluación técnica económica

Como resultados de la implementación de la metodología de análisis de ventanas, se logró estimar la extensión de plazo para los Suplementos 00 (408 días) y para el Suplemento 01 (189 días), es decir se tendrá mayor permanencia de recursos indirectos durante los días de extensión de plazo. Se adjunta los costos asociados a esta mayor permanencia.

Tabla 3 Costo diario real por los recursos indirectos por cada día de atraso – Suplemento 00

Descripción		Costo Real por Día (US\$)
Costos indirectos del Proyecto asociados al transcurso de tiempo	(a)	\$24,355,817
Gastos administrativos de la oficina central	(b) = (a * 5%)	1,217.791
Total de los costos indirectos asociados al tiempo y afectados por atrasos	(c) = (a + b)	\$25,573,608
Número de días en el periodo	(d)	761
Costo indirecto real incurrido por cada día de atraso sufrido – Suplemento 00	(e) = (c + d)	US\$33,605

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4 Costo diario real por los equipos de Apoyo – Suplemento 00

Periodo		Costo Real por Día (US\$)
Costos de equipos directos de apoyo afectados por los atrasos (asociados con tiempo)	(a)	\$5,881,244
Gastos administrativos de la oficina central	(b) = (a * 5%)	294,062
Total de los costos de equipos directos asociados al tiempo y afectados por atrasos	(c) = (a + b)	\$6,175,306
Número de días en el periodo	(d)	761
Costo de equipo directo incurrido por cada día de atraso sufrido - Suplemento 00	(e) = (c + d)	US\$8,115

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5 Costo diario real por los recursos indirectos por cada día de atraso – Suplemento 01

Descripción		Costo Real por Día (US\$)
Costos indirectos del Proyecto asociados al transcurso de tiempo	(a)	\$ 9,994,866
Gastos administrativos de la oficina central	(b) = (a * 5%)	499,743
Total de los costos indirectos asociados al tiempo y afectados por atrasos	(c) = (a + b)	\$10,494,609
Número de días en el periodo	(d)	396
Costo indirecto real incurrido por cada día de atraso sufrido – Suplemento 01	(e) = (c + d)	US\$26,502

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6 Costo diario real por los equipos de Apoyo – Suplemento 01

Periodo		Costo Real por Día (US\$)
Costos de equipos directos de apoyo afectados por los atrasos (asociados con tiempo)	(a)	\$1,710,667
Gastos administrativos de la oficina central	(b) = (a * 5%)	85,533
Total de los costos de equipos directos asociados al tiempo y afectados por atrasos	(c) = (a + b)	1,796,200
Número de días en el periodo	(d)	396
Costo de equipo directo incurrido por cada día de atraso sufrido - Suplemento 01	(e) = (c + d)	US\$4,536

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 7 Resumen de Evaluación Económica

Conceptos	Área 01 (408 días)		FCK (189 días)		Total (M\$)
	Costo \$k/día	Subtotal (M\$)	Costo \$k/día	Subtotal (M\$)	
Indirectos	33.6	13.7	26.5	5.0	18.7
Equipos de apoyo	8.1	3.3	4.5	0.9	4.2
Fianzas	1.3	0.5	1.3	0.2	0.8
Total (MM\$)		17.6		6.1	23.7

Fuente: Elaboración Propia

3.3. Análisis de resultados

Resultados Suplemento 00

La fecha de culminación requerida contractualmente para los trabajos del Suplemento 00 era el 24 de diciembre del 2018. Sin embargo, al 31 de mayo del 2019, se proyecta que estos trabajos serán culminados el 5 de febrero del 2020, 408 días tarde.

A esos efectos, las demoras críticas al 31 de mayo del 2019 en estos trabajos se deben principalmente a demoras e indefiniciones del Epecista en la entrega de ingeniería, materiales estructurales, de soportes de bandejas y de cables de fuerza e instrumentación, entre otros.

Con base en nuestro análisis independiente de demoras y de la documentación contemporánea, concluimos que estos 408 días de demora se dividen en: (i) 485 días de demora por parte del Epecista; (ii) 10 días de demoras por parte de la empresa; y (iii) 87 días de mitigaciones por parte de la empresa.

Tabla 8 Resultado Suplemento 00

Ventana	Fechas		Descripción	Actividades de Impacto Crítico	Atrasos			
	Comienzo	Final			Ventana	La Empresa	Epecista	Acumulada
1	26-Abr-2017	16-Jul-2017	Suscripción del Subcontrato a Primera Actualización del Cronograma	Montaje de Estructuras	-4	0	-4	-4
2	16-Jul-2017	30-Ene-2018	Primera Actualización del Cronograma Cambio de Ruta Crítica a Soportes de Bandejas	Montaje de Estructuras	-23	-10	-13	-27
3	30-Ene-2018	14-Set-2018	Cambio de Ruta Crítica a Soportes de Bandejas a Paralización de trabajos de tendido de cables de instrumentación	Soportes de Bandejas de Cables	-80	87	-167	-107
4	14-Set-2018	31-May-2019	Paralización de Trabajos de Tendido de Cables de Instrumentación a Fecha de Corte	Remoción y Tendido de Cable de Instru	-301	0	-301	-408
Total					-408	77	-485	

Fuente: Elaboración Propia

Resultados Suplemento 01

La fecha de culminación requerida contractualmente para la unidad FCK es del 21 de enero del 2020. Sin embargo, al 31 de mayo del 2019, se proyecta que estos trabajos serán culminados el 29 de julio del 2020, 189 días tarde.

A esos efectos, las demoras críticas al 31 de mayo del 2019 en los trabajos del suplemento 01 se deben a demoras del Epecista en la liberación de estructuras para que la empresa pueda realizar el alcance de sus trabajos, y los trabajos adicionales de estructuras y soportes que el Epecista ha asignado a la empresa los cuales no formaban parte del alcance del suplemento 01.

Con base en nuestro análisis independiente de demoras y de la documentación contemporánea, concluimos que de estas demoras: (i) El Epecista ha sido responsable por 199 días de atrasos; (ii) que la empresa ha logrado mitigar 10 días de estas.

Tabla 9 Resultado Suplemento 01

Ventana	Fechas		Descripción	Actividades de Impacto Crítico	Atrasos			
	Comienzo	Final			Ventana	La Empresa	Epecista	Acumulada
1	21-May-2018	6-Abr-2019	Comienzo de Trabajos a Liberación de Estructuras E y F en FCKA04	Liberación de Area y Montaje de Soportes Estructurales	-144	0	-144	-144
2	6-Abr-2019	31-May-2019	Liberación de Estructuras E y F en FCKA04 a Fecha de Corte del Informe	Montaje de Soportes Estructurales	-45	10	-55	-189
Total					-189	10	-199	

Fuente: Elaboración Propia

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

- Durante la etapa de implementación se tenía que analizar la ruta crítica as-planned, identificar los eventos de demoras, clasificar los eventos de demoras. Esto coincide con la investigación realizada por (Daza, 2019) y (Melgar, 2019).
- Durante la etapa de selección de la metodología, se tenía que verificar la taxonomía de la AACE para identificar el estándar de la metodología recomendada a usar. Esto coincide con la investigación realizada por (Rudeli, 2019).

4.2 Conclusiones

- Se concluye que la metodología de análisis por ventanas satisface nuestro objetivo de determinar los impactos económicos por los eventos de demora.
- Se concluye que, con la metodología de análisis por ventanas o de periodos contemporáneos se puede aplicar tanto de forma prospectiva como retrospectiva para medir los efectos de los eventos de demoras.
- Se concluye que la metodología de análisis por ventanas puede determinar los efectos de las mitigaciones para reducir los impactos.

V. RECOMENDACIONES

- En los futuros proyectos de debe establecer bien la ruta crítica del cronograma, validadas con los 14 puntos de la DCMA y GAO-16-89G. 2015; los supuestos y consideraciones en las bases de programación. Con el fin de identificar los eventos de demoras que impacten a la ruta crítica.
- La metodología de análisis de ventanas necesita de una buena calidad de los registros, para actualizar el cronograma as-built.
- La metodología de análisis requiere de documentación as-built, para la actualización de los cronogramas updates.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- AACE, International. 2011.** *Recommended Practice No. 29R-03 Forensic Schedule Analysis.* Association for the Advancement of Cost Engineering [AACE]. Morgantown : AACE International, 2011. p. 134, Recommended Practice.
- . **2009.** *Recommended Practice No. 38R-06 Documenting the schedule basis.* Association for the Advancement of Cost Engineering [AACE]. Morgantown : AACE International, 2009. p. 11, Recommended Practice.
- . **2009.** *Recommended Practice No. 45R-08 Scheduling Claim Protection Methods.* Association for the Advancement of Cost Engineering [AACE]. Morgantown : AACE International, 2009. p. 9, Recommended Practice.
- . **2010.** *Recommended Practice No. 49R-06 Identifying the critical path.* Association for the Advancement of Cost Engineering [AACE]. Morgantown : AACE International, 2010. p. 13, Recommended Practice.
- . **2006.** *Recommended Practice No. 52R-06 Time Impact Analysis - As Applied in Construction.* Association for the Advancement of Cost Engineering [AACE]. Morgantown : AACE International, 2006. p. 8, Recommended Practice.
- Alves, Filipe. 2017.** AACE Perú Section. *AACE Perú Section.* [Online] Octubre 21, 2017. [Cited: Agosto 20, 2022.] <https://aacei.org.pe/>.
- Barroso, Natalia. 2017.** Análisis de Retrasos en Proyectos. *Análisis de Retrasos en Proyectos.* 2017, p. 8.
- Caballero, José. 2019.** *Modelamiento y Evaluación de Ampliaciones de Plazo en la Etapa de Ejecución de Obras y Peritajes [en línea].* Universidad Nacional de Ingeniería. Lima : s.n., 2019. p. 110, Tesis.
- Carson, Chris. 2014.** *CPM Scheduling For Construction.* Pennsylvania : Project Management Institute, 2014. p. 320. 978-1-62825-037-4.
- Daza, Astrid. 2019.** *Análisis de demoras de un proyecto de obra involucrando el riesgo.* Universidad del Valle. Palmira : Universidad del Valle, 2019. p. 58, Tesis.

Daza, Astrid and Domínguez, Ingrid. 2019. *Análisis de Demoras de un Proyecto de Obra Civil Involucrando el Riesgo en el Municipio de Pradera - Valle.* Palmira, Universidad del Valle. Palmira : s.n., 2019. Tesis.

GAO-16-89G. 2015. *Schedule Assessment Guide: Best Practices for Project Schedule.* Center for Science, Technology, and Engineering, Government Accountability Office. USA : Government Accountability Office, 2015. p. 240, Best Practices.

Jiménez, Paola and Méndez, Daniel. 2021. *Causas de Retraso en Cronograma de Proyectos de Construcción Colombianos: Una Consulta a Profesional.* Bogotá, Universidad Católica de Colombia. Bogotá : s.n., 2021. Tesis.

Marroquín, Diana. 2010. *Aplicabilidad de los Métodos de Análisis de Retrasos en los Proyectos de Construcción Nacionales [en línea].* Piura, Universidad de Piura. Piura : s.n., 2010. p. 88, Tesis.

Melgar, Wendy. 2019. *Implementación de Gestión del Tiempo para Controlar Retrasos en Obras de Saneamiento por Administración Directa del Municipio Distrital de Asecensión.* Huancavelica, Universidad Nacional de Huancavelica. Huancavelica : s.n., 2019. p. 91, Tesis.

Memoria Anual 2020. **Cosapi S.A. 2021.** Lima : Cosapi S.A, Marzo 23, 2021, p. 45.

Memoría Anual 2021. **Cosapi S.A. 2022.** Lima : Cosapi S.A, Marzo 04, 2022, p. 93.

Muaz, Fagiar. 2019. *Forensic Schedule Information Modeling for Analysis of Time Claims in Construction Projects [en línea].* University of Alberta. Edmonton : s.n., 2019. p. 185, Tesis.

Mubarak, Saleh. 2019. *Construction Project Scheduling and Control.* Fourth Edition. Hoboken : John Wiley & Sons, Inc., 2019. p. 479. 9781119499824.

Neyra, David. 2021. *Implementación de la Constructabilidad del Cronograma de Obra para la Reducción de Reclamos en Proyectos de Construcción Fast-TRack: Caso de Estudio Proyecto de Construcción de una Planta Industrial en Arequipa.*

Arequipa, Universidad Nacional de San Agustín. Arequipa : s.n., 2021. p. 185, Tesis Magistral.

O'Brien, James and L. Plotnick, Fredric. 2006. *CPM in Construction Management*. Sexta. New York : McGraw-Hill, 2006. p. 674.

Rudeli, Natalia. 2019. *Proyectos de Construcción: determinación de causas principales de retraso y desarrollo de modelos estadísticos para la mejora*. Universidad de Navarra. Navarra : s.n., 2019. p. 218, Tesis doctoral.

Santos, Cosme. 2019. *Factores que inciden en retrasos de proyectos públicos en la etapa de ejecución en la ciudad de Cerra de Pasco*. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Pasco : s.n., 2019. p. 127, Tesis.

Soto, Félix. 2020. *Se busca Analista de Atrasos*. Primera edición. Lima : Aleph Impresiones SRL, 2020. p. 281. 978-612-00-5719-3.