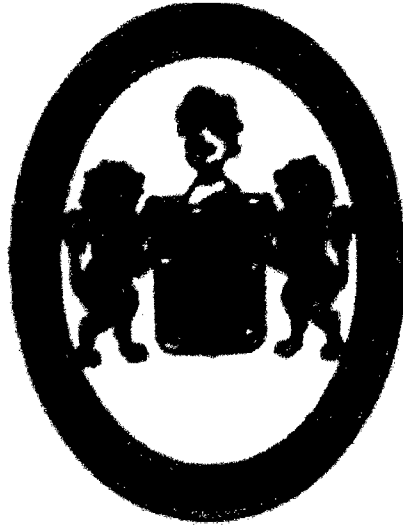


UNIVERSIDAD NACIONAL “HERMILIO VALDIZÁN”

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**MODELACIÓN DE LAS DEMORAS EN LA RED PDM DE OBRA
CON FINES DE UNA GESTIÓN DE AMPLIACIÓN DE PLAZO
CONTRACTUAL.**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

TESISTA:

Bach. MAYLLE SARA VIA, Alex

ASESOR:

Mba. CARLOS ENRIQUE CÓRDOVA FACUNDO

HUÁNUCO – PERÚ

2015

MIEMBROS DEL JURADO CALIFICADOR DE LA TESIS

Mg. Víctor Manuel, GOICOCHEA VARGAS Presidente

Mg. Edgar G. MATTO PABLO Secretario

Ing. José Luis, VILLAVICENCIO GUARDIA Vocal

Ing. Moisés R. TORRES RAMIREZ Accesitario

ASESOR DE TESIS

Mba. CARLOS ENRIQUE CÓRDOVA FACUNDO

DEDICATORIA

A Haizler y Dylan.

RESUMEN

Los contratos de ejecución de obras públicas se rigen por Ley de Contrataciones del Estado (LCE) aprobado mediante Decreto Legislativo N°1017, modificado por la Ley N°29873 y su Reglamento (RLCE) aprobado mediante Decreto Supremo N° 184-2008-EF, modificado con D.S. N°021-2009-EF y con D.S. N°138-2012-EF.

La ley y su reglamento a fin de adecuarse a la dinámica del contrato, ha previsto la posibilidad de la ampliación de plazo, bajo determinadas condiciones o supuestos que, de ser otorgada por la entidad pública, modifica válidamente el plazo contractual y establece un nuevo plazo para el cumplimiento de las prestaciones del contratista.

La Ampliación de Plazo está regulada en el artículo 41° de la Ley y en los artículos: 175°, 200°, 201° y 202° del Reglamento. En estos artículos solo se establece un procedimiento administrativo para la solicitud y resolución.

Sin embargo, para determinar analíticamente la cantidad de días de ampliación de plazo no se tiene registro o conocimiento de la utilización de alguna metodología de análisis que permita determinar los efectos de los atrasos, paralizaciones y prestaciones adicionales en el calendario de avance de obra o programa de ejecución de obra vigente y el efecto de los mismos en el plazo contractual como sustento técnico en la gestión de ampliación de plazo de obras de construcción tanto públicas como privadas.

En la Algorítmica actual, una modificación en la duración de algunas partidas denominadas críticas inversas, de la Red PDM, produce un efecto contrario en la duración del proyecto.

José Luis Ponz Tienda en su Tesis doctoral representa una nueva formulación en la Programación de Proyectos mediante grafos PDM (Precedence Diagramming Method) en entornos realistas, en la cual las tareas son diferenciadas entre productivas y no productivas y las dependencias entre ellas no se limitan a los ya clásicos valores de dependencia, sino que se incorpora un nuevo concepto de relación de producción, apareciendo relaciones basadas en un cierto nivel de producción necesario de otra tarea para poder comenzar, o cierta producción que quedará pendiente de finalizar una vez finalizada la tarea precedente.

Este nuevo enfoque del problema basado en procesos productivos, no solo eliminaría las paradojas causadas por las partidas críticas inversas, sino que podría adaptarse, con ciertas modificaciones para el análisis de las demoras no imputables al contratista en la red PDM de obra en concordancia con lo señalado al respecto por el LCE y RLCE.

Las actualizaciones planteadas por el investigador en las relaciones de producción y duración de las partidas afectadas son compatibles con las iniciales en virtud a lo señalado por el RLCE: Artículo 205.- Durante la ejecución de la obra, el contratista está obligado a cumplir los avances parciales establecidos en el calendario de avance de obra vigente y Artículo

201° la red de programación antes vigente, se actualiza, considerando para ello solo las partidas que se han visto afectadas.

Presentando, de esta manera la formulación de un modelo robusto para la determinación analítica de los días de ampliación de plazo basada en grafos PDM y que sirve de punto de partida en una gestión de ampliación contractual en entornos realistas.

Además se implementó para diferentes escenarios, el algoritmo propuesto con el fin de testear la siguiente hipótesis nula: "La modelación de los días de demora en una partida de la red de precedencia de obra origina una ampliación de plazo, tanto como la demora de la partida misma.", Afirmación que a la actualidad se supone cierta.

Se testeó la hipótesis en forma matricial, a través de un test conjunto de hipótesis lineales y con el estadístico de prueba experimental $F(q, n-k)$, la que al ser comparado con el valor crítico de la F de Snedecor con q y $n-k$ grados de libertad para un nivel de significación, α , prefijado, resultó menor, razón por la cual NO se puede rechazar la hipótesis nula.

INDICE

INTRODUCCION.....	1
1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.1 ANTECEDENTES	5
1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA	8
1.3.1. PROBLEMA GENERAL:.....	9
1.3.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS:.....	9
1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	9
1.4.1. JUSTIFICACIÓN	9
1.4.2. IMPORTANCIA	11
1.5. LIMITACIONES.....	13
1.6. ALCANCES.....	13
1.7. OBJETIVOS:.....	14
1.7.1. OBJETIVO GENERAL:	14
1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
1.8. HIPOTESIS:.....	14
1.8.1. HIPÓTESIS GENERAL:	14
1.8.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS:.....	15
CAPITULO II	16
2 MARCO METODOLOGICO.....	16
2.1 CONSIDERACIONES PREVIAS.	16
2.2 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION.....	17
2.2.1 TIPO.....	17
2.2.2 NIVEL	17
2.3 METODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACION.	18
2.3.1 MÉTODO.	18
2.3.2 DISEÑO	18
2.4 POBLACION Y MUESTRA	19
2.4.1 POBLACIÓN	19
2.4.2 MUESTRA	20
2.5 TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION, PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS.	
21	
2.5.1 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.	21

2.5.2	TÉCNICAS PARA PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	24
2.6	METODOLOGIA UTILIZADA	26
2.7	VARIABLES.....	29
CAPITULO III		30
3	MARCO TEORICO.....	30
3.1	REVISIÓN DE ESTUDIOS REALIZADOS	30
3.2	CONCEPTOS FUNDAMENTALES	34
3.2.1	DEPENDENCIAS O RELACIONES LÓGICAS (GUÍA DEL PMBOK®2013, SECUENCIAR LAS ACTIVIDADES, PAGINA.156).....	36
3.2.2	MÉTODO DE LA RUTA CRÍTICA (GUÍA DEL PMBOK®2013, DESARROLLAR EL CRONOGRAMA, P. 176).....	40
3.2.3	ALGORITMO PARA EL PDM-PRECEDENCE DIAGRAMING METHOD	43
3.2.4	LAS PRECEDENCIAS GENERALIZADAS Y LA CRITICIDAD INVERSA (RELACIONES ESTÁTICAS). 45	
3.2.5	RELACIONES DE PRECEDENCIA DINÁMICAS (RELACIONES DE PRODUCCIÓN).....	48
3.2.6	SOLUCIÓN A LA RUTA CRÍTICA INVERSA	50
3.2.7	ENVOLVENTE DE LA FAMILIA DE CURVAS DE COSTO.	55
3.3	BASES LEGALES.....	56
3.3.1	LAS CAUSALES QUE DAN DERECHO A LAS AMPLIACIONES DE PLAZO.....	59
3.3.2	PROCEDIMIENTO DE LA AMPLIACIÓN DE PLAZO ART. 42° LEY, ART. 201°, 202° RLCE	65
3.3.3	EFFECTOS DE LA AMPLIACIÓN DE PLAZO.....	70
3.3.4	SOLUCIÓN DE CONTROVERSIAS.....	74
3.4	MARCO SITUACIONAL.....	74
3.4.1	RESPECTO AL ANÁLISIS DE DEMORAS NO IMPUTABLES AL CONTRATISTA.....	75
3.4.2	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	77
3.5	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	82
CAPITULO IV		89
4	MODELACION DINAMICA DE LAS DEMORAS EN LA RED PDM DE OBRA	89
4.1	CONSIDERACIONES PREVIAS.	89
4.2	PRESENTACIÓN DE LA PROPUESTA.....	90
4.3	JUSTIFICACION DE LA PROPUESTA.	91
4.4	OBJETIVO DE LA PROPUESTA.....	92
4.5	ALCANCE DE LA PROPUESTA.....	92

4.6	ESTRUCTURA DE LA PROPUESTA.	93
4.6.1	PARALIZACIÓN TEMPORAL DE LA OBRA	97
4.6.1.1	CONSIDERACIONES PREVIAS.	97
4.6.1.2	ESCENARIOS SINGULARES DE PARALIZACIÓN	100
4.6.1.3	RED DE PRECEDENCIAS DE OBRA ACTUALIZADO POR PARALIZACIÓN	122
4.6.1.3.1	TIEMPOS ACTUALIZADOS DE LAS PARTIDAS CUYA OCURRENCIA PROGRAMADA VIGENTE ES ANTERIOR AL DIA DE INICIO DE LA PARALIZACION	124
4.6.1.3.2	TIEMPOS ACTUALIZADOS DE LAS PARTIDAS SUBORDINADAS CUYA OCURRENCIA PROGRAMADA VIGENTE EN UNO DE SUS DIAS COINCIDE CON EL DIA DE PARALIZACION O ESTAN COMPLETAMENTE A LA DERECHA DE ESTA	125
4.6.1.3.2.1	REPERCUSIÓN DE LA PARALIZACIÓN EN EL CAO VIGENTE	129
4.6.1.3.2.2	NORMATIVIDAD VIGENTE APLICABLE	130
4.6.1.3.2.3	ACTUALIZACIÓN DE LA RELACION DOMINANTE QUE LLEGA EN LA PARTIDA PARALIZADA	133
4.6.1.3.2.4	ACTUALIZACIÓN DE LAS DURACIONES E INTERRELACION DE DOS PARTIDAS, QUE NO SE ENCUENTRAN COMPLETAMENTE A LA IZQUIERDA DEL DIA DE INICIO DE LA PARALIZACION	137
4.6.2	ATRASO DE OBRA	156
4.6.2.1	CONSIDERACIONES PREVIAS	156
4.6.2.2	INDICADOR DE ATRASO POR PARTIDA	165
4.6.2.3	ESCENARIOS SINGULARES DE ATRASO	168
4.6.2.3.1	ATRASO SEGÚN ESCENARIO – 1A	173
4.6.2.3.2	ATRASO SEGÚN ESCENARIO – 2A	188
4.6.2.3.3	ATRASO SEGÚN ESCENARIO – 1B	210
4.6.2.3.4	ATRASO SEGÚN ESCENARIO – 2B	219
4.6.2.3.5	ATRASO SEGÚN ESCENARIO 1C Y 2C	242
4.6.2.4	RED DE PRECEDENCIAS DE OBRA ACTUALIZADO POR ATRASO	248
4.6.2.4.1	TIEMPOS ACTUALIZADO DE LAS PARTIDAS CUYA OCURRENCIA PROGRAMADA VIGENTE ES ANTERIOR AL DIA DE ATRASO	248
4.6.2.4.2	TIEMPOS ACTUALIZADOS DE LAS PARTIDAS SUBORDINADAS CUYA OCURRENCIA PROGRAMADA VIGENTE EN UNO DE SUS DIAS COINCIDE CON EL DIA DE ATRASO O ESTAN COMPLETAMENTE A LA DERECHA DE ESTA	249
4.6.2.4.2.1	DETERMINACIÓN DE LAS PARTIDAS DOMINANTES A LAS QUE INSERTAREMOS DIRECTAMENTE EL INDICADOR DE ATRASO POR PARTIDA (IAP).	
	250	
4.6.2.4.2.2	CONDICIÓN GENERAL DE UNA PARTIDA DOMINANTE "I" DENTRO DE LA RED DE PRECEDENCIAS	253

4.6.2.4.2.3. ACTUALIZACIÓN EN LA RELACION DOMINANTE QUE LLEGA Y POR EL INCREMENTO DE DURACIÓN EQUIVALENTE A LA FRACCIÓN DE DÍA QUE SE ATRASÓ LA PARTIDA.	255
4.6.2.4.2.4. REPERCUSIÓN DEL ATRASO DE LAS PARTIDAS DOMINANTES A LAS PARTIDAS SUBORDINADAS QUE NO SE ENCUENTRAN COMPLETAMENTE A LA IZQUIERDA DEL DIA DE INICIO DE ATRASO.	262
4.6.3 PRESTACIÓN ADICIONAL.....	289
4.6.3.1 CONSIDERACIONES PREVIAS.	289
4.6.3.2 PRESTACIÓN ADICIONAL EN LOS SISTEMAS DE CONTRATACIÓN.	292
4.6.3.2.1 PRESTACIÓN ADICIONAL EN EL SISTEMAS A PRECIOS UNITARIOS.....	292
4.6.3.2.2 PRESTACIÓN ADICIONAL EN EL SISTEMA A SUMA ALZADA.....	295
4.6.3.3. PATRONES LÓGICOS BÁSICOS PARA DIAGRAMA DE PRECEDENCIAS.	303
4.6.3.4 EL CALENDARIO DE AVANCE DE OBRA ACTUALIZADO POR ADICIÓN DE PARTIDAS.....	321
4.6.3.5 PROGRAMACIÓN IDEAL CON EFECTOS DE LAS PARTIDAS ADICIONANTES. 329	
4.6.4 DEMORAS EN PARTIDAS NO CRITICAS DE LA RED PDM	332
4.6.4.1 CALENDARIO DE EXPERIMENTACIÓN.....	332
CAPITULO V	349
5 ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS	349
5.1 CONSIDERACIONES PREVIAS.	349
5.2 ANALISIS DE REGRESION LINEAL.....	355
5.3 PROCEDIMIENTO DE PRUEBA DE HIPOTESIS	374
5.3.1 IDENTIFICAR LOS PARÁMETROS DE INTERÉS Y DESCRIBIRLO EN EL CONTEXTO DE LA SITUACIÓN DEL PROBLEMA.	374
5.3.2 DETERMINAR EL VALOR NULO Y ESTABLECER LA HIPÓTESIS NULA.	375
5.3.3 ESTABLECER LA HIPÓTESIS ALTERNATIVA ADECUADA.....	375
5.3.4 DAR LA FÓRMULA PARA EL VALOR CALCULADO DEL ESTADÍSTICO DE PRUEBA.....	376
5.3.5 ESTABLECER LA REGIÓN DE RECHAZO PARA EL NIVEL DE SIGNIFICANCIA ESPECIFICADO. 377	
5.3.6 DETERMINAR SI HO DEBE SER RECHAZADO O NO Y ESTABLECER LA CONCLUSIÓN EN EL CONTEXTO DEL PROBLEMA.	385
CONCLUSIONES	386
RECOMENDACIONES.....	389
BIBLIOGRAFIA	391

INTRODUCCION

En la actualidad es muy común utilizar programas de cómputo para la programación de proyectos de construcción, debido a su rapidez de cálculo como a la capacidad de permitir al usuario analizar diversos escenarios hasta alcanzar la solución deseada. Para una obra en la que se tiene un alto N° de actividades y/o partidas, el cálculo manual será de gran complejidad por lo que será necesario recurrir al ordenador.

El Programa que hoy más se emplean, en el medio, para el cálculo del C.A.O. (lo que contratista presenta para la firma del contrato) es el Microsoft Project de Microsoft Corporation, otros pocos programadores emplean Primavera Project Planner para el mismo fin.

El algoritmo de cálculo para ambos se fundamenta en el método de precedencia o diagramas de precedencia, que se asocian más con las técnicas CPM que con el PERT y su característica fundamental es que las partidas ocupan los vértices o nudos de la red y las flechas o arcos, sirven únicamente para indicar las dependencias o precedencias entre partidas (interrelaciones lógicas entre ellas), por lo que no tienen otro valor.

Mientras que el Método de Diagrama por Precedencias (PDM) maneja la ruta crítica, el Last Planner System o Sistema del Último Planificador (SUP) se preocupa de manejar la variabilidad. Mientras los métodos de redes manejan fechas, el SUP maneja flujos de trabajo. La planificación a través del Método de Diagrama por Precedencias (PDM) generalmente se usa para

manejar contratos, mientras el PDM se preocupa de manejar interdependencias. El SUP apunta a incrementar la fiabilidad de la planificación y con eso a mejorar los desempeños.

En la Algorítmica actual, de los programas de cómputo para el cálculo de una red PDM, una modificación en la duración de algunas partidas denominadas críticas inversas, produce un efecto contrario en la duración del proyecto, cuando en realidad es de esperarse una modificación en el mismo sentido.

El problema surge porque tradicionalmente se ha considerado a los prerrequisitos como lapsos o desfases, y de forma inercial así se han seguido considerando. Cuando realmente y especialmente en los procesos constructivos, su verdadera naturaleza suele ser la de determinados niveles de producción necesarios para comenzar o finalizar una determinada tarea o que no podrán ser ejecutados mientras no finalice su precedente. Criticidad inversa que fue solucionado por José Luis Ponz Tienda en su Tesis doctoral.

El presente trabajo expone la elaboración de una propuesta metodológica, para su posterior aplicación, en la modelación dinámica de los efectos ocasionados por diferentes tipos de demoras en la red PDM de obra con fines de una gestión de ampliación de plazo contractual en entornos reales y regulados por la LCE y RLCE.

Para cumplir con los objetivos planteados, el trabajo está dividido en cinco capítulos, los cuales se detallan brevemente a continuación.

El capítulo I titulado "PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA"; se presentan los antecedentes, la formulación del problema, la justificación e importancia, las limitaciones, los alcances, los objetivos y las hipótesis.

El capítulo II titulado "MARCO METODOLOGICO"; se describe el tipo y nivel de investigación, método y diseño de la investigación, población y muestra seleccionada a la que se le evaluó la propuesta metodológica para la modelación dinámica de los efectos ocasionados por diferentes tipos de demoras, técnicas e instrumentos de recolección, procesamiento y análisis de datos .

El capítulo III titulado "MARCO TEORICO"; se establece los fundamentos teóricos relacionados con el tema de investigación, de esta manera facilitar la comprensión del lector de los capítulos posteriores.

El capítulo IV titulado "MODELACION DINAMICA DE LAS DEMORAS EN LA RED PDM DE OBRA"; en este capítulo, se tratan conceptos referidos a los hechos validos que modifican el programa de ejecución de obra (PDM-vigente), y como estos recaen en lo referido a ampliación de plazo contractual en tres (03) categorías que son: Paralización, Atraso y Prestación Adicional; las mismas que circunscriben las numerosas variantes.

El primer aspecto que se determina es de qué manera las acciones o eventos presentados durante la ejecución de obra pueden modificar la red de programación vigente (tabla de tiempos por actividad), El análisis se realiza sobre particas críticas y no críticas de la red PDM. Identificado los casos, se procede a generalizarlos para su aplicación.

El segundo aspecto que se define es si esa modificación afecta o no el plazo de ejecución de la obra.

El capítulo V titulado "ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS"; se presenta el desarrollo experimental, donde la comprobación de nuestras hipótesis se lograra mediante la modelación de las demoras en las redes PDM, que quedaron definidas en la selección de la muestra.

El testeo de la hipótesis se realiza en forma matricial, a través de un test conjunto de hipótesis lineales y con el estadístico de prueba experimental $F(q, n-k)$, la que al ser comparado con el valor crítico de la F de Snedecor con q y $n-k$ grados de libertad para un nivel de significación, α , prefijado, resultó menor, razón por la cual NO se puede rechazar la hipótesis nula.

Finalmente en hoja aparte se presentan las conclusiones y recomendaciones, así como también la bibliografía.

CAPITULO I

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES

Es claro que las demoras en la ejecución de la obra no son siempre culpa de una mala planificación, ya que como sabemos, durante la ejecución de una obra surgen distintas eventualidades, que pueden variar la ruta crítica prevista; por ejemplo, una variación en el nivel freático en el suelo donde se está excavando una cimentación, no prevista en el expediente técnico, provocara una demora en la culminación de la obra, y el proveer de una bomba para abatir el agua que surge implica un costo adicional al presupuestado.

La nueva ley de contrataciones del estado, ha sido expedida en concordancia con las disposiciones del capítulo nueve (9) del tratado de libre comercio (TLC) entre Perú y estados unidos, que contempla la obligación del gobierno de reformular la legislación peruana sobre compras estatales.

Ello trajo consigo una amplia reestructuración jurídica y organizacional de la entidad que hasta ese momento venia centralizando dichas actividades como era el CONSUCODE, la misma que, a partir de la entrada en vigencia de la norma, paso a denominarse OSCE.

Para el caso de obras públicas nacionales ejecutadas por contrata se tiene que en el Artículo 175° del Decreto Supremo N° 138—2012-EF, Reglamento

de la Ley de Contrataciones del Estado (RLCE), existe una disposición referida a las ampliaciones de plazo donde menciona que estas procederán solo si se sustenta que las causales de las mismas no son imputables al contratista, son ocasionadas por la entidad, cuando se apruebe una prestación adicional, o son ocurrencias de Caso fortuito o fuerza mayor y siempre que modifiquen la ruta crítica del programa de ejecución de obra vigente al momento de la solicitud de ampliación (Artículo 200° del RLCE), estableciéndose un procedimiento administrativo para la solicitud y resolución en los Artículos 175° y 201° del RLCE.

Sin embargo, no se tiene registro o conocimiento de la utilización de alguna metodología de análisis que permita determinar los efectos de los atrasos, paralizaciones o prestaciones adicionales en la red de programación y el efecto de los mismos en el plazo contractual como sustento técnico en la gestión de ampliación de plazo de obras de construcción tanto públicas como privadas, en las que se establece un contrato.

En la actualidad a nivel nacional solo hay un estudio, muy somero, el expuesto por la ingeniera, Diana Edith Marroquín Liu en el año 2010, en su tesis titulada, "Aplicabilidad de los métodos de análisis de retrasos en los proyectos de construcción nacionales", en la que se enfoca en determinar algunos lineamientos para el análisis de retrasos en construcción, el estudio no intenta realizar un análisis específico para la determinación de las causas de retrasos en obra, determinar la relevancia o importancia del uso de los

métodos de análisis de retrasos, ni establecer preferencias por la aplicación de algún método de retrasos en especial, ya que corresponderá a una investigación posterior y profunda la determinación de los mismos.

Además tenemos que el sector construcción a nivel nacional represento más del 30% de casos de arbitraje en el país en el 2008, según informo la cámara de comercio de lima. Se trata de empresas constructoras que tienen controversias con el estado por diversos aspectos relacionados con los contratos suscritos para el desarrollo de obras viales. La mayoría de las controversias están referidas a ampliaciones de plazo y adicionales de obra (El comercio, 2008)

Por lo expuesto este plan de tesis plantea desarrollar una modelación dinámica de las demoras en la red de precedencias de obra con fines de gestión de ampliación de plazo contractual, donde se podrá modelar el impacto de una demora tanto en una partida critica como en una no critica de la red de precedencias de obra, el resultado final será una red de precedencias vigente del cual se desprende según el método ASAP el calendario de avance de obra vigente requerido por el Artículo 201° del RLCE, el mismo que una vez aprobado, como señala el RLCE, reemplazara en todos sus efectos al anterior.

1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA

Dentro de la administración contractual de una obra, la ampliación de plazo, es una de las menos trabajadas, al menos desde el punto de vista de su cuantificación. Estableciéndose en la normatividad vigente, solo un procedimiento administrativo para la solicitud y resolución, viéndose un hueco metodológico para demostrar la justificación cuantitativa, a pesar de tener la documentación necesaria. Probablemente debido a su intangibilidad, variedad y complejidad. Esto prácticamente ha llevado a la mayoría de las organizaciones (entidades contratantes y contratistas) a tratar la gestión de ampliación de plazo de manera superficial y descriptiva al no contar con herramientas pertinentes que cuantifiquen la justa ampliación de plazo al no existir información clara disponible ni software para este fin.

La estructura de un pedido formal de ampliación de plazo debe ser afrontada desde dos enfoques diferenciados pero inseparables, un enfoque cualitativo conformado por la solicitud expresa de la prórroga (causal, fecha de inicio y termino, etc.) y la sustentación de las causales (asientos del cuaderno de obra, fotografías, informes oficiales, recortes de diarios, etc.) y otro enfoque cuantitativo de la causal que se enmarca en la determinación analítica de la cantidad de días de ampliación de plazo.

Se entiende que el acto o evento que origina una extensión de tiempo requerido para la terminación de una obra bajo contrato, debe reflejar en la red de programación como días adicionales de trabajo ya sea por inicio o la

continuación tardía de alguna partida o actividad, y puede o no ocasionar cambios en el alcance del contrato.

Partiendo del análisis anteriormente planteado se presenta las siguientes interrogantes:

1.3.1. PROBLEMA GENERAL:

¿Cómo influirá la modelación de las demoras en la red de precedencias de obra en una gestión de ampliación de plazo contractual?

1.3.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS:

- ✓ ¿La modelación de las demoras en la red de precedencias de obra me permitirá determinar el impacto de una demora en una partida crítica de esta?
- ✓ ¿La modelación de las demoras en la red de precedencias de obra me permitirá determinar el impacto de una demora en una partida no crítica de esta?

1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

1.4.1. JUSTIFICACIÓN

El tiempo es menos tangible que la mano de obra o el material de los elementos que intervienen en la construcción, sin embargo es real e importante ya que el tiempo y el costo, en una obra, están relacionados en muchas formas.

A menudo la realización de cambios o inconvenientes que se presentan en obra puede implicar demoras en las partidas programadas que realiza el

contratista, de acuerdo al programa de ejecución de obra o calendario avance de obra (CAO). Estos atrasos en muchos casos implican costos adicionales, por lo que el contratista tratara de cobrar estos costos en sus valorizaciones (artículo 41° de la ley y Artículos 192° y 202° del reglamento). Esto presta mayor importancia al trabajo del supervisor de registrar y verificar cuales son las causas de los atrasos o paralizaciones presentados en obra, y comprobar la veracidad del contratista para la solicitud de una ampliación de plazo o cobro de costos adicionales.

El efecto del tiempo ganado o perdido en cualquier actividad se refleja en muchas otras partidas de la obra, por tanto, es necesaria una frecuente revisión, cuando el calendario de avance de obra en todas las actividades no conserva su precisión. Sin embargo, Merrit (1985) menciona que:

“... la revisión formal de todo el programa de avance de obra con frecuencia se considera innecesaria, debido a que la dependencia del contratista con respecto al programa es sustituida por su familiaridad con las operaciones principales y con los factores físicos, de tal manera que llega a conocer cuándo y que debe hacer”

La mención de no ser necesaria una revisión formal, debido a la experiencia del contratista, no excluye que el supervisor o inspector de obra, como representante del propietario, no deberá verificar el cumplimiento del calendario de avance de obra en una revisión formal.

Las empresas contratistas y las entidades se verán beneficiados de implantarse la modelación de las demoras en la red PDM de obra con fines de una gestión de ampliación de plazo contractual, ya que se sentirán seguros y confiados de que las ampliaciones de plazo en la ejecución de obra se encuentran justificadas cuantitativamente, la propuesta que se pretende plantear eliminara la problemática planteada anteriormente, así mismo permitirá aprovechar los recursos (Computadoras, redes) existentes en la empresa y entidades públicas, con lo que se obtendrá un trabajo eficaz y eficiente de los involucrados en la ejecución de obra.

1.4.2. IMPORTANCIA

Para el caso de obras públicas, el contratista debe tener mayor interés en mantener un registro de las acciones que se realizan en obra (Artículo 205° del Decreto Supremo N° 138—2012-EF, RLCE) sobre todo de aquellas en las que esté involucrado la entidad, ya que las eventualidades que se puede presentar en obra son muy probables de ocurrir. Si las eventualidades que se presentan afectan la terminación de la obra y se dan por causas externas al contratista, entonces este podrá solicitar una ampliación de plazo. Los Artículos 175°, 200° y 201° del Decreto Supremo N° 138—2012-EF, RLCE, mencionan cuales son las causas de ampliación de plazo y el procedimiento a seguir para la solicitud de la misma.

Sin embargo, el artículo 201° del Reglamento solo indica el procedimiento administrativo a seguir para la solicitud de la ampliación de plazo,

mencionando simplemente que el contratista deberá justificar las causas por las que solicita la ampliación, viéndose un hueco metodológico para demostrar la justificación cuantitativa, a pesar de tener la documentación necesaria.

Y si a esto adicionamos que, de acuerdo al reglamento de contrataciones del estado, artículo 192° y 165° del RLCE, se menciona cuáles son las obligaciones del contratista en obra en caso de demora en la finalización de obra, y cuáles son las penalidades por las demoras injustificadas en la ejecución de la obra, entonces la necesidades de justificar, dentro del plazo vigente, que los retrasos ocasionados son causados por circunstancias ajenas al contratista es primordial para este.

Por otra parte, las normas del SNIP, solo indica en el artículo 26° ítem 26.2 que el cambio del plazo de ejecución es una modificación no sustancial. Es decir, señala que se puede hacer tales modificaciones pero no regula los términos detallados de los cambios a realizar.

El autor de esta investigación luego de haber laborado en campo o desde la oficina principal para la ejecución de obras por contrata pudo notar el hueco metodológico para demostrar la justificación cuantitativa de las ampliaciones de plazo.

La situación antes expuesta hace necesario establecer lineamientos que permitan a las empresas y entidades un mejor y eficaz método para demostrar la justificación cuantitativa de las ampliaciones de plazo, es por

ello la realización del presente trabajo el cual está dirigido a la modelación de las demoras en la red PDM de obra con fines de una gestión de ampliación de plazo contractual.

1.5. LIMITACIONES

Durante el desarrollo del estudio se debe tomar en cuenta que la veracidad de los resultados obtenidos dependerá de: la cantidad de información disponible y actualizada sobre el problema de investigación, la calidad de los datos y la confiabilidad del análisis de la información.

1.6. ALCANCES

El alcance de esta investigación comprende todo lo necesario para Desarrollar la modelación de las demoras en la red PDM de obra con fines de una gestión de ampliación de plazo contractual.

Para desarrollar la propuesta objeto de este estudio, se tomara en consideración:

- La Teoría de grafos AON de precedencias generalizadas.
- Artículo 41° de la ley y Artículos 175°, 200°,201° del Decreto Supremo N° 138—2012-EF, Reglamento de la Ley de Contrataciones del Estado (RLCE).
- Ley del sistema de inversión pública Art. 27 (DIRECTIVA N° 01-2011-EF/68.01 (válida desde 09 de Abril del 2011): Modificaciones de un PIP en la Fase de Inversión.
- Filosofía Lean construction.

Como resultado del trabajo de investigación, se presentara una propuesta metodológica la que puede ser implementada en un software para demostrar la justificación cuantitativa de las ampliaciones de plazo, permitiendo determinar los efectos del hecho generador de atraso o paralización no imputable al contratista en la red de programación antes vigente y el efecto de los mismos en el plazo contractual como sustento técnico en la gestión de ampliación de plazo de obras de construcción, ejecutadas por contrata.

1.7. OBJETIVOS:

1.7.1. OBJETIVO GENERAL:

Desarrollar una modelación de las demoras en la red de precedencias de obra con fines de una gestión de ampliación de plazo contractual.

1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- ✓ Modelar dinámicamente el impacto de una demora en una partida crítica de la red de precedencias de obra.
- ✓ Modelar dinámicamente el impacto de una demora en una partida No crítica de la red de precedencias de obra.

1.8. HIPOTESIS:

1.8.1. HIPÓTESIS GENERAL:

La modelación de los días de demora en una partida de la red de precedencia de obra origina una ampliación de plazo, tanto como la demora de la partida misma.

1.8.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS:

- ✓ La modelación dinámica de las demoras en la red de precedencias de obra demuestra que si alguna partida de la ruta crítica se demora, entonces la ampliación de plazo será tanto como la demora de la partida misma.
- ✓ La modelación dinámica de las demoras en la red de precedencias de obra demuestra que si la demora ocurre en una partida No crítica, esto no afectará la fecha de terminación de la obra mientras no se consume su holgura.

CAPITULO II

2 MARCO METODOLOGICO

2.1 CONSIDERACIONES PREVIAS.

Se trata aquí de incorporar los aspectos centrales, que constituyen el marco metodológico de la investigación realizada, atendiendo al orden de aparición de los mismos. De esta manera, el lector del trabajo puede notar inmediatamente, el conjunto de procedimientos tecno-operacionales que se ofrecen en el desarrollo de la investigación planteada (Balestrini 2007, p.127).

El fin esencial del marco metodológico, es presentar el lenguaje de la investigación, los métodos e instrumentación que se emplearon en la investigación planteada, desde la ubicación acerca del tipo de estudio y el diseño de la investigación; su universo o población y muestra; los instrumentos y técnicas de recolección de datos. De esta manera, se proporciona al lector una información detallada acerca de cómo se realiza la investigación. (Sabino 2007, p. 113).

El marco metodológico de la presente investigación mediante la cual se plantea la modelación de las demoras en la red PDM de obra con fines de una gestión de ampliación de plazo contractual, es la instancia que alude al momento tecno-operacional del proyecto de investigación, donde se sitúa al detalle, el tipo de estudio y el conjunto de métodos, técnicas y protocolos instrumentales que se emplearon en el proceso de recolección de los datos

requeridos en dicha investigación. En este orden de ideas, a continuación se presentan los diferentes elementos constitutivos del marco metodológico a utilizar.

2.2 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION.

2.2.1 TIPO

Por la naturaleza del trabajo que se está desarrollando, el diseño de la metodología a utilizar es del tipo aplicado, ya que se centra en la verificación de las hipótesis establecidas anteriormente.

2.2.2 NIVEL

La investigación estará a un nivel correlacional (causa - efecto) pues se busca medir el impacto de la demora no imputable al contratista (variable independiente: X) sobre la ampliación de plazo (variable dependiente: Y) en un modelo que en este caso es la red PDM de obra.

Un modelo es una representación simplificada de la realidad, diseñado para representar, conocer y predecir propiedades del ente real (proceso constructivo). La finalidad de los modelos no es otra que el estudio con una mayor facilidad, permitiendo la deducción de propiedades de observar o cuantificar en la realidad.

Definida el modelo, y haciendo uso de la simulación, se podrá experimentar mediante la replicación de diferentes escenarios que proporcionan información de cómo actúa la causal válida sobre el modelo. Estos escenarios se tratan de la alteración de los diferentes elementos que

componen el modelo, provocado por la causal válida de ampliación de plazo, en ocasiones modificando todos ellos, y en otras manteniendo algunos constantes para ver el efecto marginal de otros.

2.3 METODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACION.

2.3.1 MÉTODO.

El método que ha de utilizarse es el Método Experimental ya que la comprobación de nuestras hipótesis se logrará mediante la modelación de las demoras en la red PDM.

2.3.2 DISEÑO

El diseño que se utilizará es una investigación experimental, conforme a:

$$G_1 \quad O_1 \quad \underline{X} \quad O_2$$

Donde:

G1: Muestra (partes de la red PDM) a las que se aplicará la modelación dinámica de los días de demora.

O1: Estado de la muestra (de la red PDM) antes de la modelación dinámica de los días de demora.

O2: Estado de la muestra (de la red PDM) después de la modelación dinámica de los días de demora.

X: modelación dinámica de los días de demora en la red PDM de obra.

2.4 POBLACION Y MUESTRA

2.4.1 POBLACIÓN

La población objeto de estudio, está conformada por todas y cada uno de los documentos atinentes con nueve (9) proyectos de construcción de obras civiles en los que estuvo involucrado, ya sea desde la oficina principal o en campo, el autor del presente estudio de investigación, cuyas definiciones genéricas son: "(1)Construcción del Coliseo Municipal Señor de Huayllay"; "(2)Construcción del Sistema de Agua y Desagüe de Tomaykichwa"; "(3)Construcción del Sistema de Agua y Desagüe del Centro Poblado de Tambopampa, Distrito de Yanahuanca, Provincia de Daniel Alcides Carrión-Pasco"; "(4)Construcción del Local de usos múltiples del Barrio Centro Distrito de Paucartambo-Pasco-Pasco"; "(5)Mejoramiento del Servicio Educativo en la I.E. N° 34480- del Anexo de Luychococha – Paucartambo – Pasco"; "(6)Construcción de la Trocha Carrozable Chupaca-Wishcapallac, distrito de Paucartambo, Pasco-Pasco"; "(7)Creación de Aulas, Comedor y Área Administrativa de la I.E.P. N° 32846 en el Caserío de Cajón, Distrito de Molino-Pachitea-Huánuco"; "(8)Rehabilitación de la carretera Jupayhuaro - Shunqui- Goyllarcancha, Distrito de Shunqui - dos de mayo - Huánuco"; "(9)Rehabilitación y Mejoramiento del Camino Vecinal Chalcan – San Juan Glorioso – Wilcapuquio – Palestina – Cochapata - Tambillos, Distrito de Shunqui - Dos de Mayo – Huánuco"; así mismo, Ley del sistema de inversión pública: DIRECTIVA N° 01-2011-EF/68.01 (válida desde 09 de Abril del

2011): Art. 27. Modificaciones de un PIP en la Fase de Inversión, gestión de ampliación de plazo (Art. 41 Ley, Art. 175°, 200°, 201°RLCE), Teoría de Grafos AON de Precedencias Generalizadas en base a Niveles de Producción, Filosofía Lean Construction; La RED CPM/PDM de 20 viviendas unifamiliares, detallada en el libro, Gerencia de Construcción y del Tiempo, del ing. Walter Rodríguez Castillejo. 2006: pág. 383; Así como una (01) red de precedencias desarrollado por el autor y en la que todas las tareas de la red PDM son críticas.

En tal sentido, Arias (2007) denomina población al “conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio” (p.81). En cambio Tamayo y Tamayo (2007) la define como “la totalidad del fenómeno de estudio, en donde las unidades de la población poseen una característica común, cuyo estudio da origen a los datos de la investigación” (p.96). Por su parte Morales (2007) plantea que “la población o universo se refiere al conjunto de elementos o unidades para el cual serán válidas las conclusiones que se obtengan (personas, instituciones o cosas) a los cuales se refiere la investigación” (p.17).

2.4.2 MUESTRA

Con respecto a la muestra, Arias (2007) la concibe como “el sub conjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible” (p.83). En la presente investigación la propuesta metodológica desarrollada para la

modelación dinámica de los efectos ocasionados por diferentes tipos de demoras en partidas críticas y no críticas de la red PDM, se realizara sobre dos (02) redes de precedencia, de los cuales: una RED CPM/PDM de 20 viviendas unifamiliares fue extraído del libro, Gerencia de Construcción y del Tiempo, del ing. Walter Rodríguez Castillejo. 2006: pág. 383; y la otra red PDM fue desarrollado por el autor de tal forma que su estructura permitiera abarcar la mayor cantidad de escenarios posibles de demoras y en la que todas las tareas de la red PDM fueran críticas. Considerándose de esta manera muestras de tipo no probabilístico o dirigidas, pues la elección de los elementos no dependió del azar o probabilidad, sino de las características de la investigación y del criterio del investigador.

Arias (2007) destaca además “que cuando por diversas razones resulta imposible abarcar la totalidad de los elementos que conforman la población accesible, se recurre a la selección de una muestra” (p.83).

2.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION, PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS.

2.5.1 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

En cuanto a las técnicas e instrumentos de recolección de datos, Balestrini (2007) indica que se debe:

Señala y precisa, de manera clara y desde la perspectiva metodológica, cuales son aquellos métodos instrumentales y técnicas de recolección de información, considerando las particularidades y límites de cada uno de

estos, más apropiados, atendiendo a las interrogantes planteadas en la investigación y a las características del hecho estudiado, que en su conjunto nos permitirán obtener y recopilar los datos que estamos buscando (p.132).

En cambio para Arias (2007) las técnicas e instrumentos de recolección de datos “son las distintas formas o maneras de obtener la información” (p.57).

Con base en lo descrito anteriormente, en el transcurso de la investigación se utilizarán como técnicas de recolección de datos la Observación Directa, Ley del sistema de inversión pública: DIRECTIVA N° 01-2011-EF/68.01 (válida desde 09 de Abril del 2011): Art. 27. Modificaciones de un PIP en la Fase de Inversión; Ley de Contrataciones del Estado aprobado mediante Decreto Legislativo N° 1017, modificado por la Ley N° 29873 y su Reglamento Aprobado mediante Decreto Supremo N° 184-2008-EF, modificado con D.S. N° 021-2009-EF y D.S. N° 138-2012-EF; Documentos Bibliográficos y Grupos de Discusión.

En este orden de ideas, Méndez (2007) destaca que la observación directa “es el proceso mediante el cual se perciben deliberadamente ciertos rasgos existentes en la realidad por medio de un esquema conceptual previo y con base en ciertos propósitos definidos generalmente por una conjetura que se quiere investigar” (p.99). En cambio Arias (2007) indica que es “una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o

en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos” (p.69).

Con relación a la observación participante, arias (2007) lo destaca como el caso en el que “el investigador pasa a formar parte de la comunidad o medio donde se desarrolla el estudio” (p.70).

La utilización de estas técnicas en el presente estudio, condujeron por un lado a proporcionar al investigador los conocimientos tanto técnicos como operativos para la modelación de las demoras en la red PDM de obra con fines de una gestión de ampliación de plazo contractual, y por otro lado, a recopilar información de los elementos más característicos de un proyecto de construcción con relación a los objetivos de la presente investigación, políticas de control, de los conceptos, leyes, normas, directivas y tendencias más recientes sobre, técnicas de gestión de proyectos que permite Gestionar Ampliaciones de Plazo Contractual a Través de Grafos PDM. Para ello se realizara una lectura general de los textos y la búsqueda y observación de los hechos presentes en los documentos escritos consultados que son de interés para esta investigación.

Los datos a recopilar mediante la técnica de revisión documental (documentos de los proyectos objeto de estudio, leyes, normas y textos sobre técnicas de gestión de proyectos que permite Gestionar Ampliaciones de Plazo Contractual a Través de Grafos PDM; Teoría de grafos AON de precedencias generalizadas en base a niveles de producción, gestión de

ampliación de plazo (Art. 41 Ley, Art. 175°, 200°, 201°RLCE), Filosofía Lean Construction y los obtenidos mediante los grupos de discusión y la observación directa del autor, se combinarán para formar el argumento sobre el cual se desarrolla la modelación de las demoras en la red PDM de obra con fines de una gestión de ampliación de plazo contractual, objeto de esta investigación.

Con respecto a los instrumentos de recolección de datos, Arias (2007) señala que “es cualquier recurso, dispositivo o formato (papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información” (p.69).

Los instrumentos de recolección de datos utilizados en la presente investigación son: en la observación directa se utilizó la lista de chequeo o verificación, fichas de trabajo, computadoras; para el caso de los documentos bibliográficos se utilizarán libros, investigación en la Web, tesis (de grado, doctoral) y para los grupos de discusión se utilizarán las tablas en formato Excel con esquemas en AutoCAD.

En cuanto a las fichas de trabajo, Tamayo y Tamayo (2007) las define como “instrumentos que nos permiten ordenar y clasificar los datos consultados y recogidos, incluyendo nuestras observaciones y críticas” (p.212).

2.5.2 TÉCNICAS PARA PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.

Los datos obtenidos, fueron clasificados, organizados, registrados, codificados y tabulados, se utilizó para ello las técnicas lógicas del análisis de contenido o cualitativo (análisis, síntesis, inducción y deducción), esto

permitió resumir las observaciones llevadas a cabo de forma tal que proporcionaron las respuestas a las interrogantes de la investigación.

Con respecto al propósito del análisis de los datos Balestrini (2007) destaca, que el mismo "implica el establecimiento de categorías, la ordenación y manipulación de los datos para resumirlos y poder sacar algunos resultados en función de las interrogantes de la investigación" (p.169).

En cuanto al análisis de contenido, Balestrini (2007) lo plantea como una estrategia en donde los "datos, según sus partes constitutivas, se clasifican, agrupándolos, dividiéndolos y subdividiéndolos atendiendo a sus características y posibilidades, para posteriormente reunirlos y establecer la relación que existe entre ellos; a fin de dar respuestas a las preguntas de la investigación" (p.170).

Por su parte, Arias (2007) lo refiere como "la técnica dirigida a la cuantificación y clasificación de las ideas de un texto, mediante categorías preestablecidas" (p.77). En este orden de ideas, el análisis de contenido o cualitativo se refiere al tratamiento que se le va a dar a la información recabada de las fuentes, tanto primarias como secundarias, lo cual permitirá revisarla, relacionarla e interpretarla adecuadamente para llegar a las conclusiones pertinentes respecto al problema planteado.

Como se mencionó anteriormente, en el análisis de contenido utilizado en el presente estudio, se usó el método lógico de análisis-síntesis-inducción-deducción. En este orden de ideas, Méndez (2007), define el análisis como

“el proceso de conocimiento que se inicia por la identificación de cada una de las partes que caracterizan una realidad” (p.131). Y la síntesis como “el proceso que procede de lo simple a lo complejo, de la causa a los efectos, de la parte al todo, de los principios a las consecuencias” (p.132).

En tal sentido, estas técnicas, por ser procesos que se complementan, permitieron al investigador percibir la realidad en estudio a través de la clasificación y organización de la información relacionada con la gestión de ampliación de plazo contractual de los proyectos estudiados, Ley del sistema de inversión pública: DIRECTIVA N° 01-2011-EF/68.01 (válida desde 09 de Abril del 2011): Art. 27. Modificaciones de un PIP en la Fase de Inversión; gestión de ampliación de plazo (Art. 41 Ley, Art. 175°, 200°, 201°RLCE. Teoría de grafos AON de precedencias generalizadas en base a niveles de producción; Filosofía Lean Construction, Las herramientas utilizadas para clasificar, organizar, registrar, codificar y tabular los datos manejados en la investigación fueron: tablas, cuadros, planillas y documentos varios elaborados en archivos electrónicos como Excel, Word, AutoCAD y Project.

2.6 METODOLOGIA UTILIZADA.

En la figura siguiente, se puede observar la esquematización de la metodología utilizada; en la cual se puede apreciar que se recopilara registros o conocimientos de la utilización de alguna metodología de análisis que permite determinar los efectos de los atrasos y paralizaciones en el calendario de avance de obra o programa de ejecución de obra vigente y el

efecto de los mismos en el plazo contractual como sustento técnico en la gestión de ampliación de plazo; utilizando para ello textos, artículos de internet y la Ley del sistema de inversión pública: DIRECTIVA N° 01-2011-EF/68.01 (válida desde 09 de Abril del 2011): Art. 27. Modificaciones de un PIP en la Fase de Inversión; gestión de ampliación de plazo (Art. 41 Ley, Art. 175°, 200°, 201°RLCE.; Teoría de grafos AON de precedencias generalizadas en base a niveles de producción; Filosofía Lean Construction, además se consultaron trabajos de investigación relacionados con la materia; todo esto se utilizó para desarrollar el antecedente de la investigación y las bases teóricas que sustentan este estudio.

En cuanto a la modelación de las demoras en la red PDM de obra con fines de una gestión de ampliación de plazo contractual, se utilizó como documento de orientación lo relacionado a la Ley del sistema de inversión pública: DIRECTIVA N° 01-2011-EF/68.01 (válida desde 09 de Abril del 2011): Art. 27. Modificaciones de un PIP en la Fase de Inversión; gestión de ampliación de plazo (Art. 41 Ley, Art. 175°, 200°, 201°RLCE.; Teoría de grafos AON de precedencias generalizadas en base a niveles de producción; Filosofía Lean Construction. En base a estas directrices, se conformó la metodología de trabajo a utilizar para recopilar la información necesaria para el desarrollo, contenido y presentación de dicho control y de esta forma darle respuesta a los objetivos específicos de la investigación.

Por último, toda la información generada en esta investigación será documentada en el desarrollo de la modelación de las demoras en la red PDM de obra con fines de una gestión de ampliación de plazo contractual, para su aprobación y posterior implementación (no incluidas en el alcance).

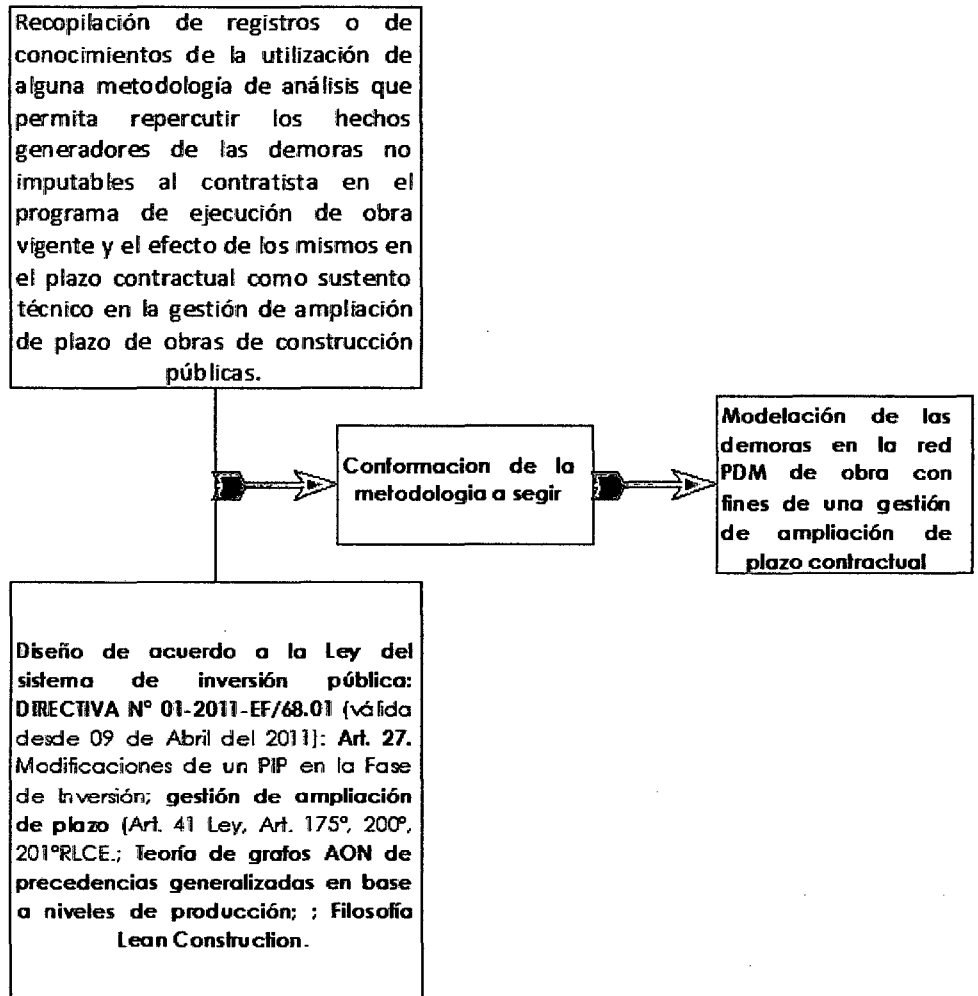


Figura N° 1 Metodología utilizada.

(Fuente: Elaboración Propia)

2.7 VARIABLES.

Hernández (2007) establece que “una variable es una propiedad que puede variar y cuya variación es susceptible de medirse” (p.75).

Según Saavedra (1), los valores o niveles de una variable son los distintos matices o las expresiones diferenciales de una variable.

- **Variable independiente (X)**

Se trata de un factor de estímulo, cuyo valor se mide, manipula y/o controla sobre a manera en que es un factor determinante del valor que tomen otras variables.

Para nuestra investigación la variable explicativa (x) corresponde a la duración de la demora no imputable al contratista.

- **Variable dependiente (Y)**

Es una respuesta a un factor determinado. Un resultado o dicho en forma más apropiada, un efecto consecuente.

Su existencia se determina por el valor de modificación que se produce por el estímulo de la X.

Una variable independiente puede relacionarse con una o más variables dependientes y viceversa.

En la presente investigación la ampliación de plazo (y) constituye la variable de respuesta o dependiente.

CAPITULO III

3 MARCO TEORICO

3.1 REVISIÓN DE ESTUDIOS REALIZADOS

El único registro de estudio previo relacionado al tema a nivel nacional, es el realizado en la Universidad de Piura, con características que se muestran a continuación:

Título: Aplicabilidad de los métodos de análisis de retrasos en los proyectos de construcción nacionales.

Autor: Diana Edith Marroquín Liu

Año: (2010)

Objetivo:

Determinar la aplicabilidad de los métodos de análisis de retrasos más utilizados a nivel internacional como sustento técnico para la gestión de ampliaciones de plazo en las obras de construcción nacional.

Alcance de la investigación:

Se enfoca en determinar algunos lineamientos para el análisis de retrasos en construcción, por lo que solo se consideran a todas las obras de construcción públicas y aquellas obras de construcción privadas en las que se establezca un contrato. Además, el estudio no intenta realizar un análisis específico para la determinación de las causas de retrasos en obra, determinar la relevancia o importancia del uso de los métodos de análisis de

retrasos, ni establecer preferencias por la aplicación de algún método de retrasos en especial, ya que corresponderá a una investigación posterior y profunda la determinación de los mismos.

Conclusiones:

- ✓ La aplicación de los diferentes métodos de análisis de retrasos requiere de recursos de información sobre el proyecto de construcción. Esta información debe mostrar el suficiente detalle para reflejar de manera muy próxima tanto el alcance del proyecto así como la ejecución del proyecto de construcción, los cuales pueden obtenerse en la fase de planificación y de control de obra a través del cronograma As-planned y la información As-built.
- ✓ El cronograma As-planned es un recurso necesario para la aplicación de varios de los métodos de análisis de retrasos y debe reflejar el alcance inicial o línea base del proyecto de construcción. Para su elaboración y/o validación es necesario contar con el contrato de obra y los documentos adjuntos al mismo. Los proyectos de construcción nacionales cuentan con información sobre el alcance del mismo en los documentos que la entidad contratante presenta en las bases de licitación y que el contratista elabora como parte de su propuesta para obtener la buena pro. El contratista, debido a que es quien ejecuta la obra posee un cronograma interno As-planned con un nivel de detalle mayor que el proporcionado a la entidad contratante.

- ✓ La información As-built es otro recurso necesario para la aplicación de los métodos de análisis de retrasos. Este debe reflejar lo más exacto posible como se desarrolla la ejecución de obra y se obtiene a través de registros y/o documentos que forman parte del sistema de control de obra y de comunicaciones. Tanto contratistas como entidades contratantes nacionales cuentan con algún sistema que les permite controlar el desarrollo de la obra y por tanto obtener la información As-built. Cabe señalar que el contratista tiene ventaja sobre la entidad contratante debido a que este es quien obtiene toda la información As-built de manera directa, mientras que la entidad puede contar con esta información a través de los reportes presentados por el supervisor de la obra.
- ✓ La persona o grupo de trabajo encargado de realizar el análisis de retrasos debe contar no solo con los recursos de información necesarios para aplicar los métodos, sino que debe además tener conocimientos tanto de construcción como contractuales. En los proyectos de construcción nacionales se aprecia que quienes realizan el análisis de retrasos son el ingeniero encargado del control de gestión del proyecto por parte del contratista y el supervisor de obra por parte de la entidad. Sin embargo, no se ha podido establecer si ambos, el ingeniero de control y el supervisor de obra, tienen conocimiento del contrato de obra y sus anexos.

- ✓ El análisis de retrasos, en todos sus métodos, requiere en algún momento de clasificar los retrasos de acuerdo a la asignación de responsabilidades del contratista y la entidad contratante. Las obras de construcción nacionales cuentan dentro del contrato de obra con información acerca de las responsabilidades de cada una de las partes, por lo que puede facilitar la clasificación de retrasos de acuerdo a las causas encontradas en la información As-built.
- ✓ El uso de los diferentes métodos de análisis de retrasos dependerá de lo dispuesto en el contrato de obra o la preferencia que el analista posee por alguno de los mismos. En los proyectos de construcción peruana no parecen considerar la aplicación de algún método estipulado en el contrato de obra. No obstante, cuando existe la necesidad de una ampliación de plazo, el ingeniero de control o supervisor de obra realizan análisis de retrasos semejantes al tipo comparativo para determinar los efectos en el plazo de obra.
- ✓ Como conclusión general, los métodos de análisis de retrasos podrían aplicarse en los proyectos de construcción nacionales. El análisis de los requerimientos para la aplicación de los mismos y contraste con la realidad peruana así lo demostraría. Sin embargo, la aplicación de estos métodos no es suficiente para determinar las causas de los retrasos ni asignar las responsabilidades de los mismos.

Todas las construcciones están sujetas a incertidumbres como el clima, las condiciones del suelo, disponibilidad de trabajo, material, equipo, etc. Estas incertidumbres tienen una naturaleza variada y ocasionan en muchos casos retrasos en el calendario de avance de obra vigente.

Los atrasos y paralizaciones en el programa de ejecución de obra dan como consecuencia un incremento de costos tanto para el dueño (Entidad) como para el contratista. Para los contratistas, este incremento de costos se refleja en extensiones de horas laborables o de materiales y equipo, mayores gastos generales; es decir, en una ineficiencia de los costos. Igualmente para el dueño (Entidad), este costo se interpreta como pérdida de rentabilidad, mayores gastos generales, cambio en el costo de oportunidad.

Los costos ocasionados por los atrasos y paralizaciones en el calendario de avance de obra son altamente significantes, por lo que ambas partes del contrato deben estar muy interesadas en tratar de minimizar sus efectos, ya que la acción de mitigar el atraso o paralización con una aceleración del calendario de avance de obra incurre a mayores costos en el presupuesto.

3.2 CONCEPTOS FUNDAMENTALES

Existen muchos paquetes comerciales de gestión de proyectos, con diferentes características y posibilidades en función del algoritmo de cálculo utilizado, en nuestro medio, elaboramos el programa de ejecución

de obra o calendario de avance de obra, o bien con el Microsoft Project Corporation o con Primavera Project Planner.

El algoritmo de cálculo para ambos se fundamenta en el método de precedencias o diagrama de precedencias (grafos PDM), que se asocian más con las técnicas CPM que con el PERT y su característica fundamental es que las partidas ocupan los vértices o nudos de la red y las flechas o arcos, sirven únicamente para indicar las dependencias o precedencias entre partidas (interrelaciones lógicas entre ellas), por lo que no tienen otro valor.

La red de precedencias es adecuada cuando hay muchas actividades o los finales de algunas no coinciden con los principios de las siguientes, lo cual es bastante habitual en las obras.

Las distintas relaciones de precedencia posibles simplifican enormemente la representación y cálculo de las partidas de un proyecto.

La ventaja fundamental de la red de precedencias es que facilita enormemente el solape entre partidas al introducir nuevas relaciones de precedencias no siendo necesarias las actividades ficticias, lo que simplifica los cálculos.

Es común en nuestro medio el empleo del software Microsoft Project Corporation o Primavera Project Planner con la que se pretende cubrir

los siguientes requerimientos (derivado del diagrama de red o diagrama de precedencias):

- ✓ Calendario de avance de obra (C.A.O.), requerimiento del Artículo 183° (D.S. N°138-2012-EF).- REQUISITOS ADICIONALES PARA LA SUSCRIPCION DEL CONTRATO (Art. 151, D.S. N°350-2015-EF).
- ✓ Calendario de avance de obra actualizado (C.A.O.A.), requerimiento del Artículo 201° (D.S. N°138-2012-EF).- PROCEDIMIENTO DE AMPLIACION DE PLAZO (Art. 170, D.S. N°350-2015-EF).
- ✓ Nuevo Calendario acelerado de avance de obra (N.C.A.A.O.), requerimiento del Artículo 205° (D.S. N°138-2012-EF).- DEMORAS INJUSTIFICADAS EN LA EJECUCION DE LA OBRA (Art. 173, D.S. N°350-2015-EF).

3.2.1 DEPENDENCIAS O RELACIONES LÓGICAS (GUÍA DEL PMBOK®2013, SECUENCIAR LAS ACTIVIDADES, PAGINA.156)

A largo de la historia, los gestores de los proyectos de construcción han afrontado su programación siguiendo las directrices de buena práctica en la Gestión de Proyectos del PMBOK® (Project Management Institute, Quinta Versión-2013), sin ningún cuestionamiento.

Tradicionalmente se han considerado y representado de la siguiente forma:

• Final-Comienzo:

Significa, al igual que en los grafos AON de precedencias simples, que i (que es la actividad predecesora) debe de haber finalizado para que la actividad j (que es la sucesora) pueda comenzar, existiendo un lapso z de tiempo entre ambas actividades (que puede ser positivo, cero o negativo) ver Figura N° 2.

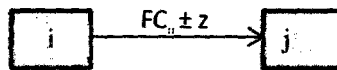


Figura N° 2 Precedencia Final-Comienzo.
 (Fuente: Elaboración Propia)

Un ejemplo de este caso en un diagrama de Gantt se muestra en la Figura N° Figura N° 63 3.

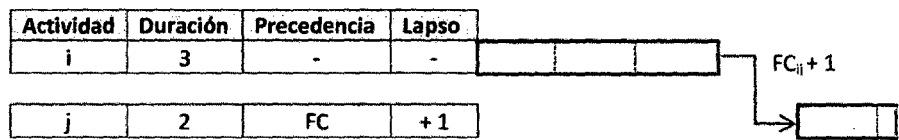


Figura N° 3 Interpretación precedencia Final-Comienzo.
 (Fuente: Elaboración Propia)

• Comienzo-Comienzo

Significa que i (que es la actividad predecesora) debe haber comenzado para que la actividad j (que es la sucesora) pueda comenzar, existiendo un lapso de tiempo z entre ambas actividades

(que puede ser positivo, cero o negativo) ver Figura N° 4.



Figura N° 4 Precedencia Comienzo-Comienzo.
 (Fuente: Elaboración Propia)

Un ejemplo de este caso en un diagrama de Gantt se muestra en la Figura N° 5.

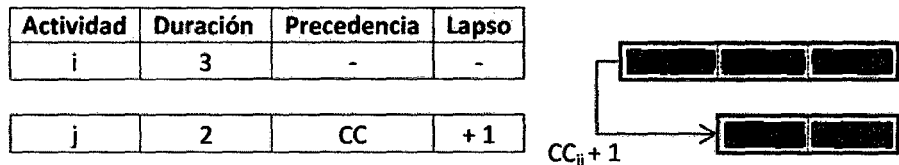


Figura N° 5 Interpretación precedencia Comienzo-Comienzo.
 (Fuente: Elaboración Propia)

• Comienzo-Final

Significa que i (que es la actividad predecesora) debe haber comenzado para que la actividad j (que es la sucesora) pueda finalizar, existiendo un lapso de tiempo z entre ambas actividades (que puede ser positivo, cero o negativo) Ver Figura N° 6.



Figura N° 6 Precedencia Comienzo-Final.
 (Fuente: Elaboración Propia)

Un ejemplo de este caso en un diagrama de Gantt se muestra en la Figura N° 7.

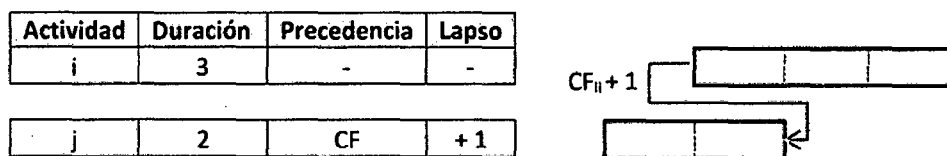


Figura N° 7 Interpretación precedencia Comienzo-Final.
 (Fuente: Elaboración Propia)

•Final-Final

Significa que i (que es la actividad predecesora) debe haber finalizado para que la actividad j (que es la sucesora) pueda finalizar, existiendo un lapso de tiempo z entre ambas actividades (que puede ser positivo, cero o negativo) Ver Figura N° 8.



Figura N° 8 Precedencia Final-Final.
 (Fuente: Elaboración Propia)

Un ejemplo de este caso en un diagrama de Gantt se muestra en la Figura N° 9.

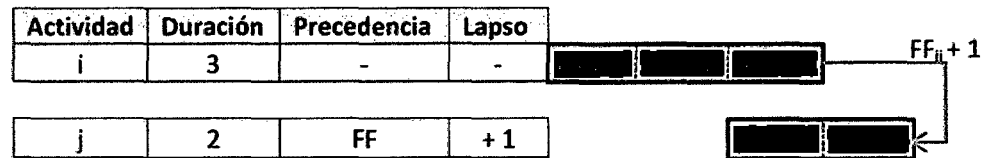


Figura N° 9 Interpretación precedencia Final-Final.

(Fuente: Elaboración Propia)

3.2.2 MÉTODO DE LA RUTA CRÍTICA (GUÍA DEL PMBOK®2013, DESARROLLAR EL CRONOGRAMA, P. 176)

El método de la ruta crítica se utiliza para estimar la duración mínima del proyecto y determinar el nivel de flexibilidad en la programación de los caminos de red lógicos dentro del cronograma. Esta técnica de análisis de la red del cronograma calcula las fechas de inicio y finalización, tempranas y Tardías, para todas las actividades, sin tener en cuenta las limitaciones de recursos, y realizando un Análisis que recorre hacia adelante y hacia atrás toda la red del cronograma. La ruta crítica es la secuencia de actividades que representa el camino más largo a través de un proyecto y determina la menor duración posible del mismo. Las fechas de inicio y fin tempranos y tardíos resultantes no constituyen necesariamente el cronograma del proyecto, sino que más bien indican los periodos dentro de los cuales se podría llevar a cabo las actividades, teniendo en cuenta los

parámetros introducidos en el modelo de programación para duraciones de las actividades, relaciones lógicas, adelantos, retrasos y otras restricciones conocidas. El método de la ruta crítica se utiliza para determinar el nivel de flexibilidad en la programación de los caminos de red lógicos dentro del modelo de programación.

Para cualquiera de los caminos o rutas del cronograma, la flexibilidad se mide por la cantidad de tiempo que una actividad del cronograma puede retrasarse o extenderse respecto de su fecha de inicio temprana sin retrasar la fecha de finalización del proyecto ni violar restricción alguna del cronograma, lo que se denomina "holgura total".

Una ruta crítica CPM se caracteriza generalmente por el hecho de que su holgura total es igual a cero. Tal y como se implementa en la secuencia del PDM, los caminos críticos o rutas críticas pueden tener holgura total positiva, nula o negativa, según las restricciones aplicadas. Cualquier actividad que se encuentre en la ruta crítica se denomina actividad de la ruta crítica. Se produce una holgura total positiva cuando el recorrido hacia atrás se calcula a partir de una restricción del cronograma posterior a la fecha de finalización temprana calculada durante el recorrido hacia adelante. Se produce una holgura total negativa cuando se viola, por duración y por lógica, una restricción relativa a las fechas tardías. Las redes de cronograma pueden tener varias rutas cercanas a la(s) crítica(s). Numerosos

paquetes de software permiten al usuario definir los parámetros que va a utilizar para calcular la o las rutas críticas. Puede ser necesario realizar ajustes a las duraciones de las actividades (si se puede conseguir más recursos o menor alcance), a sus relaciones lógicas (si de entrada las relaciones son discretionales), a los adelantos y a los retrasos o a otras restricciones del cronograma para lograr caminos o rutas de red con holgura total positiva o igual a cero. Una vez calculada la holgura total de un camino o ruta de red puede determinarse la holgura libre, que es la cantidad de tiempo que se puede retrasar una actividad del cronograma dentro de un camino o ruta de red sin retrasar la fecha de inicio temprana de cualquier actividad subsiguiente inmediata dentro de dicha ruta de red. Ver Figura N° 10.

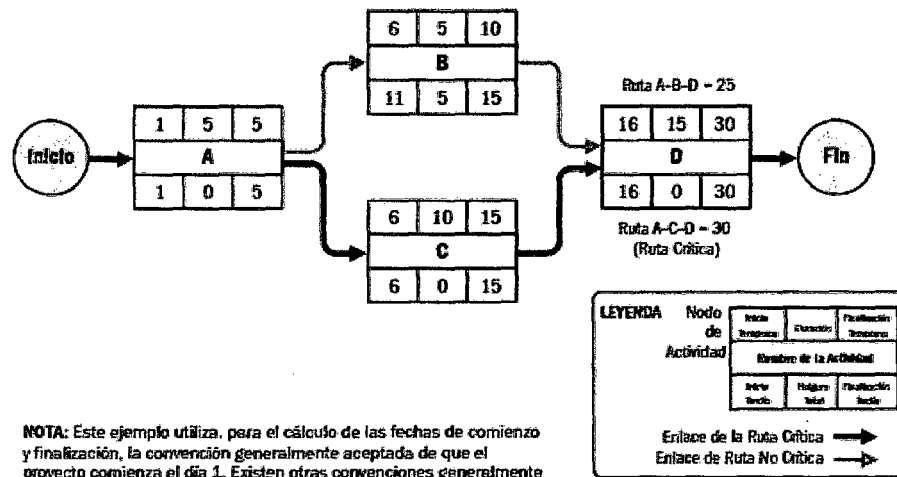


Figura N° 10 RED PDM.
 (Fuente: Guía del PMBOK®2013)

3.2.3 ALGORITMO PARA EL PDM-PRECEDENCE DIAGRAMING METHOD

Para calcular la duración de la obra empleando el método de precedencias, será suficiente el cálculo de ida o pasada hacia adelante en la red de precedencias.

El cálculo de vuelta o pasada hacia atrás en la red de precedencias, es necesario realizar para identificar la criticidad de cada una de las partidas Ver figura N° 11.

PASADA HACIA ADELANTE:

Calculo de los instantes más tempranos (inicio y término) t_i para la ejecución de las partidas

- ✓ Etiquetar el comienzo del proyecto con tiempo 0.
- ✓ Instante más temprano de cada nudo es el tiempo más temprano del nudo inmediatamente anterior (si solo tiene uno) más la duración de la actividad (arco) que los une.
- ✓ Si al pasar de una partida a su sucesora resulta que esta última presenta más de una predecesora entonces el tiempo o instante de inicio más temprano de esta es el mayor valor de los tiempos de finalización más tempranos correspondientes a sus respectivas predecesoras, ya que no podrá comenzar hasta que haya finalizado la última de todas sus predecesoras.
- ✓ Realizar los dos últimos pasos antes mencionado hasta el final del proyecto.

PASADA HACIA ATRAS:

Calculo de los instantes más tardíos T_i para la ejecución de las partidas

- ✓ El instante más temprano del final del proyecto = instante más tardío del final del proyecto (PLAZO UNICO).
- ✓ Instante más tardío de cada nudo es el tiempo más tardío del nudo inmediatamente posterior (si solo tiene uno) menos la duración de la actividad (arco) que los une.
- ✓ Si al pasar de una tarea a su predecesora resulta que esta última presenta más de una sucesora, su tiempo de finalización más tardío será el menor de todos, obtenidos a partir de las relaciones lógicas con o sin decalaje entre este y sus sucesoras, ya que como muy tarde debe finalizar para cuando, como muy tarde, vaya a comenzar la que antes vaya a comenzar de todas sus sucesoras.
- ✓ Realizar los dos últimos pasos antes mencionado hasta la partida inicial del proyecto.

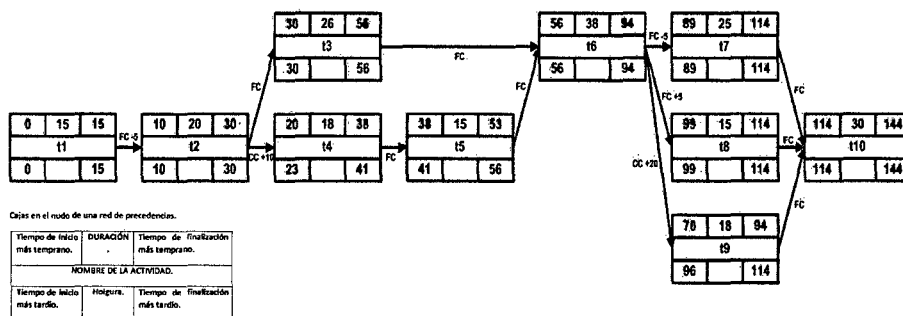


Figura N° 11 PDM-Precedence Diagraming Method.

(Fuente: Elaboración Propia)

3.2.4 LAS PRECEDENCIAS GENERALIZADAS Y LA CRITICIDAD INVERSA (RELACIONES ESTÁTICAS).

Una partida de la red o malla es crítica inversa cuando el resultado obtenido de aumentar la duración de una partida crítica ha sido el de reducir la duración del proyecto pero, además, se da la circunstancia contraria; es decir, que una reducción en la duración de esa partida nos daría como resultado un incremento en la duración del proyecto.

Supongamos la instancia de un CALENDARIO DE AVANCE DE OBRA, formado por 03 actividades: Cimentación, Estructura y Resto de Obra, de 20, 100 y 80 días de duración respectivamente.

Introduciendo la anterior instancia en Microsoft Project Ver Figura N° Figura N° 63 12, Figura N° 13 y Figura N° 14.

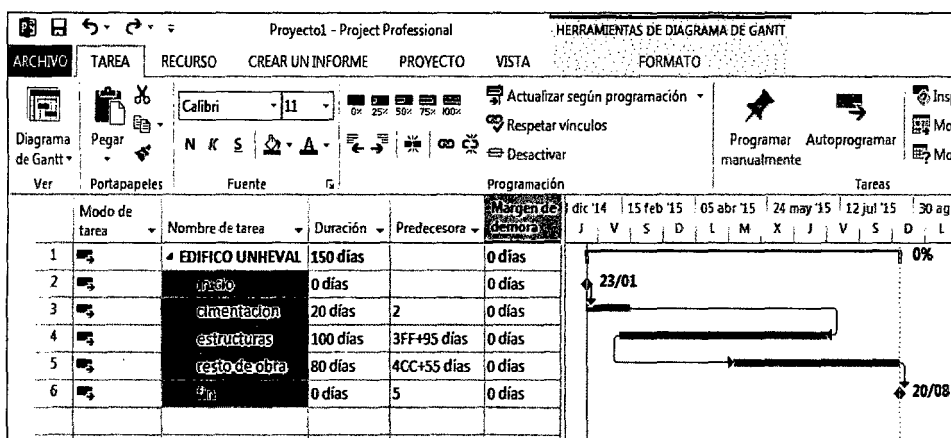


Figura N° 12 PDM-Precedence Diagraming Method con Microsoft Project.
 (Fuente: Elaboración Propia)

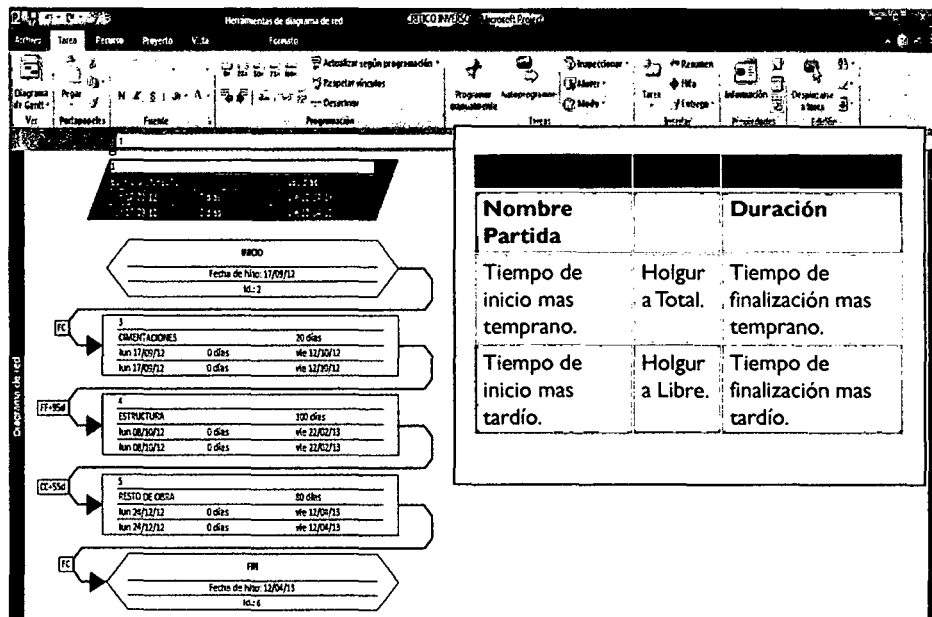


Figura N° 13 PDM-Precedence Diagramming Method con Microsoft Project.
 (Fuente: Elaboración Propia)

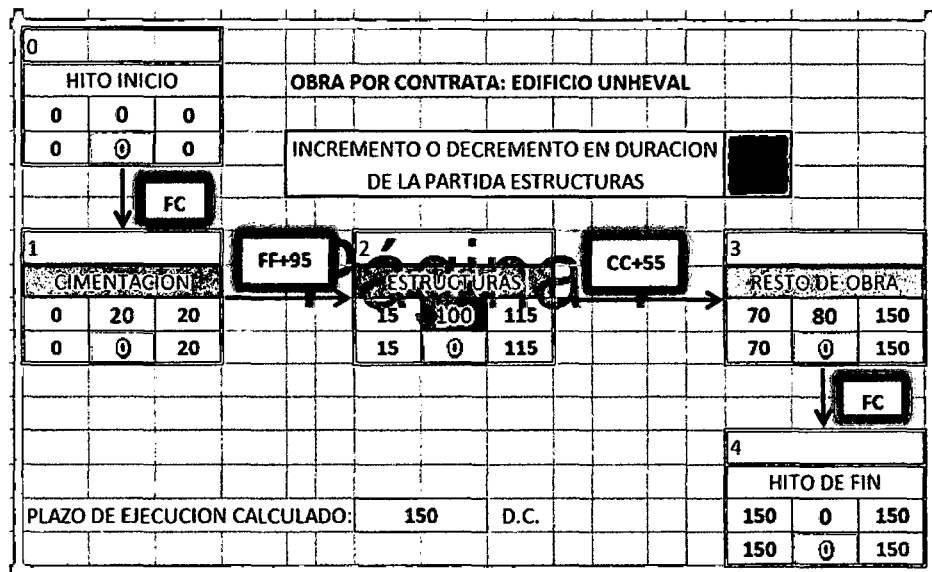


Figura N° 14 PDM-Precedence Diagramming Method con Microsoft Excel.
 (Fuente: Elaboración Propia)

La duración del proyecto obtenido es de 150 días, pero si cambiamos la duración de la actividad estructura a 95 días por ejemplo, obtenemos un nuevo de 155 días, y si la cambiamos a 105 días el resultado será de 145 días (ver figura siguiente), es decir, se produce un efecto en el del proyecto contrario a la dirección del cambio en la duración de la tarea critica inversa. Según el estándar de la ruta crítica, un retraso o adelanto en una partida crítica causa retraso o adelanto en el final de la obra en el mismo sentido de cambio. Simulación para verificar los estándares de la ruta crítica en los reportes del MS Project 2013, se resumen en la Tabla N° 1 y Figura N° 15.

Tabla N° 1 Duración del Proyecto Vs. Duración de Estructuras.

DURACION DEL PROYECTO VS DURACION DE ESTRUCTURAS				
OJO: ESTRUCTURAS ES PARTIDA CRITICA CON DURACION PROGRAMADA = 100 DIAS				
PLAZO CONTRACTUAL (PROGRAMADO)	INCREMENTO O REDUCCION EN DURACION DE LA PARTIDA ESTRUCTURAS(DIAS)	DURACION DE ESTRUCTURAS RESULTANTE	PLAZO VIGENTE ESPERADA POR DEFINICION DE RUTA CRITICA (DIAS)	PLAZO VIGENTE CALCULADA POR MS PROJECT 2010 (DIAS)
150	-99	1 = 100 - 99	51	249
150	-50	50	100	200
150	-45	55	105	195
150	-40	60 = 100 - 40	110	190
150	-35	65	115	185
150	-30	70	120	180
150	-25	75	125	175
150	-20	80	130	170
150	-15	85	135	165
150	-10	90	140	160
150	-5	95	145	155
150	0	100	150	150
150	5	105	155	145
150	10	110	160	140
150	15	115	165	135
150	20	120	170	130
150	25	125	175	125
150	30	130	180	120
150	35	135	185	115
150	40	140	190	110
150	45	145	195	105
150	50	150	200	100
150	55	155	205	95
150	60	160	210	90
150	65	165	215	85
150	70	170	220	80
150	75	175	225	75
150	80	180	230	70
150	85	185	235	65
150	90	190	240	60
150	95	195	245	55
150	100	200	250	50
150	105	205	255	45
150	110	210	260	40
150	115	215	265	35
150	120	220	270	30
150	125	225	275	25
150	130	230	280	20
150	135	235	285	15
150	140	240	290	10
150	145	245	295	5
150	150	250	300	0

(Fuente: Elaboración Propia).

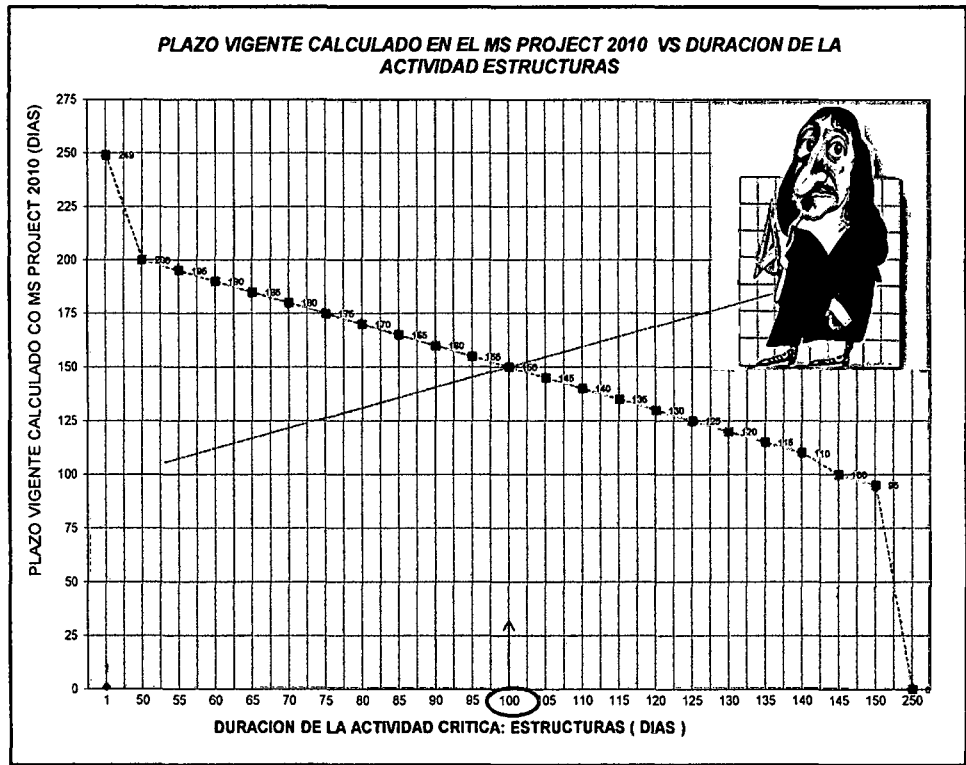


Figura Nº 15 Duración del Proyecto Vs. Duración de Estructuras.
 (Fuente: Elaboración Propia)

3.2.5 RELACIONES DE PRECEDENCIA DINÁMICAS (RELACIONES DE PRODUCCIÓN).

La planificación y ejecución de los proyectos de construcción en el Perú están en proceso de cambio. Su implementación está acompañada de un avance tecnológico que no está a la medida de la industrialización, pero que poco a poco va haciendo más competitivo y productivo nuestro rubro. Estos cambios que vienen dándose en el Perú, incluyen nuevas metodologías de construcción, entre los cuales está la filosofía Lean construction. Esta filosofía tiene la intención de

mejorar a gran nivel la producción de nuestra industria con su metodología de trabajo enfocada en la reducción de los desperdicios a través de las herramientas que propone, propias de su sistema o de otras corrientes, siendo las más importantes de ellas el Last Planner System, Sectorización, Tren de Actividades, Buffers y Cartas De Balance.

Mientras que el Método de Diagrama por Precedencias (PDM) maneja la ruta crítica, el Last Planner System o Sistema del Último Planificador (SUP) se preocupa de manejar la variabilidad. Mientras los métodos de redes manejan fechas, el SUP maneja flujos de trabajo. La planificación de los métodos de redes generalmente se usa para manejar contratos, mientras el SUP se preocupa de manejar interdependencias. El SUP apunta a incrementar la fiabilidad de la planificación y con eso a mejorar los desempeños. Para este efecto el sistema provee herramientas de planificación y control efectivas, incluso en proyectos complejos, inciertos y rápidos.

El sistema last planner es una herramienta en la cual se cambia la mentalidad tradicional de la utilización del calendario de avance de obra vigente (C.A.O) como un elemento de control y convertirlo en un instrumento que ayuda a que todas las actividades planificadas se cumplan en los tiempos programados.

El SUP no es una metodología que reemplace o compita con los métodos de redes y “Camino crítico”, sino que los complementa y enriquece.

El Último Planificador se refiere tanto a las personas como al proceso o sistema. Cuando se refiere a la persona, el Último Planificador es quien prepara asignaciones para quienes hacen el trabajo, es la persona que directamente vigila el trabajo hecho por las unidades de producción y asume compromisos de planificación.

3.2.6 SOLUCIÓN A LA RUTA CRÍTICA INVERSA

Idealmente un calendario de avance de obra (vigente), es dinámico si cuando cambia una cosa en la vida real del proyecto, solo es necesario cambiar un campo en el modelo del software para tener un proyecto valido nuevamente.

No fue hasta el año 2010, año en que José Luis Ponz Tienda presentó su tesis doctoral “GRCPSP Robusto Basado en producción para Proyectos de Edificación y Construcción”. Donde planteó que para solucionar definitivamente la criticidad inversa se ha de volver al origen y estudiar nuevamente la verdadera naturaleza del problema, que no es más que la esencia del lean thinking: la secuencia de procesos productivos y como tal pensar en términos de producción.

El problema surge porque tradicionalmente se considerado a los prerrequisitos como lapsos z, y de forma inercial así se han seguido

considerando, cuando realmente y especialmente en los procesos constructivos, su verdadera naturaleza suele ser la de determinados niveles de producción necesarios para comenzar o finalizar una de determinada partida/tarea o que no podrán ser ejecutados mientras no finalice su precedente.

Por ejemplo, los carpinteros (clientes) no van a iniciar a encofrar mientras los fierros (proveedores) no hayan armado las columnas necesarias para cubrir el requerimiento diario de las cuadrillas de carpintería (clientes), es decir será necesario que las cuadrillas de los fierros (proveedores) estén en su "p" centésima parte de producción para que las cuadrillas de carpintería (clientes) inicien el encofrado.

Las relaciones de producción y los desfases no son excluyentes entre sí, sino que habitualmente están íntimamente unidos, como por ejemplo cuando los prerrequisitos para comenzar una partida de albañilería no solo es el de haber finalizado una determinada planta de la estructura expresado como una "p" centésima parte de su producción total, sino que además ha de transcurrir un determinado lapso (z) para su fraguado y desencofrado, surgiendo las dependencia mixtas o relaciones de producción con desfase.

Relaciones de producción con desfase

La ruta crítica inversa impide aplicar cualquier modelo de optimización sobre los proyectos que actúe sobre las duraciones, ofreciendo soluciones incorrectas.

Relación en base a niveles de producción, Relaciones dinámicas en vez de estáticas para evitar la criticidad inversa.

✓ Relación con desfase de Comienzo-Comienzo entre i (ubicado en la fila n) y j: $nCCK\%+D$ (Desfase adicional de lapsos, pudiendo ser negativo, cero o positivo)

Significa que la tarea i debe de estar iniciada y haber transcurrido al menos una p centésima parte de producción con un desfase adicional de z lapsos para que comience la tarea j, siendo necesariamente mayor que cero y menor que la unidad la relación, pudiendo ser cero o negativo el desfase ver Figura N° 16.

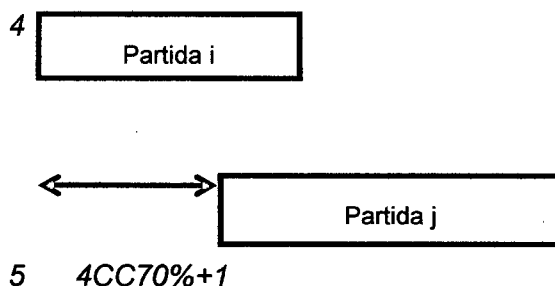


Figura N° 16 Relación de producción con desfase de tipo Comienzo-Comienzo.

(Fuente: Elaboración Propia)

- ✓ Relación con desfase de Final-Final entre i(ubicado en la fila n) y j:
 $nFFK\%+D$ (desfase adicional de lapsos, pudiendo ser negativo, cero o positivo)

Significa que la tarea i debe de estar finalizada y deberá transcurrir al menos una p centésima parte de producción, con un desfase adicional de z lapsos para que finalice la tarea j, siendo necesariamente mayor que cero y menor que la unidad la relación, pudiendo ser cero o negativo el desfase ver Figura N° 17.

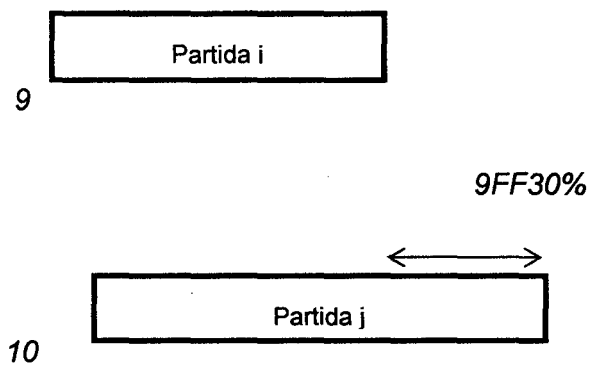


Figura N° 17 Relación de producción con desfase de tipo Final-Final.
(Fuente: Elaboración Propia)

- ✓ Relación con desfase de comienzo-final entre i (ubicado en la fila n) y j: $nCFK\%+D$ (Desfase adicional de lapsos, pudiendo ser negativo, cero o positivo)

Significa que la tarea i debe de estar iniciada y haber transcurrido al menos una p centésima parte de producción con un desfase adicional

de z lapsos para que finalice la tarea j , siendo necesariamente mayor que cero y menor que la unidad la relación, pudiendo ser cero o negativo el desfase ver Figura N° 18.

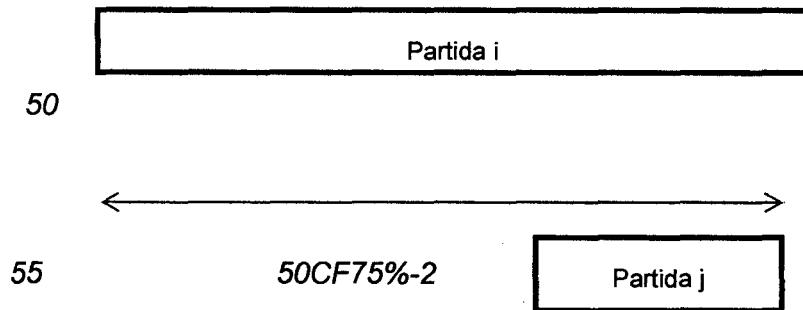


Figura N° 18 Relación de producción con desfase de tipo Comienzo-Final
 (Fuente: Elaboración Propia)

✓ Relación con desfase de final-comienzo entre i (ubicado en la fila n)

y j : $nCFK\%+D$ (Desfase adicional de lapsos, pudiendo ser negativo, cero o positivo)

Significa que la tarea i debe de estar finalizada para que inicie la tarea j , siendo necesariamente cero (0%) la relación, pudiendo ser cero el desfase ver Figura N° 19.

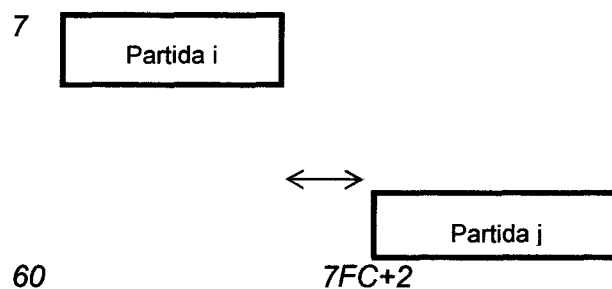


Figura N° 19 Relación de producción con desfase de tipo Final-Comienzo
 (Fuente: Elaboración Propia)

3.2.7 ENVOLVENTE DE LA FAMILIA DE CURVAS DE COSTO.

Con independencia de criterios financieros, un proyecto dispone de la curva P, cuando todas las actividades se inician en la fecha más temprana posible, mientras que cuando se retrasan a la última previsible, nos encontramos en la curva T.

Cualquier otra forma de ejecución dará origen a una curva intermedia entre la P y la T, por ello la curva de la figura N° 20 es la envolvente de la familia de curvas de costo acumulado.

Siempre es deseable, desde el punto de vista financiero, aproximarse a la curva T, ya que teniendo en cuenta el costo de dinero, determinará el máximo ahorro de intereses y de capital circulante que se pueda producir, siempre compatible con la terminación prevista ver Figura N° 20.

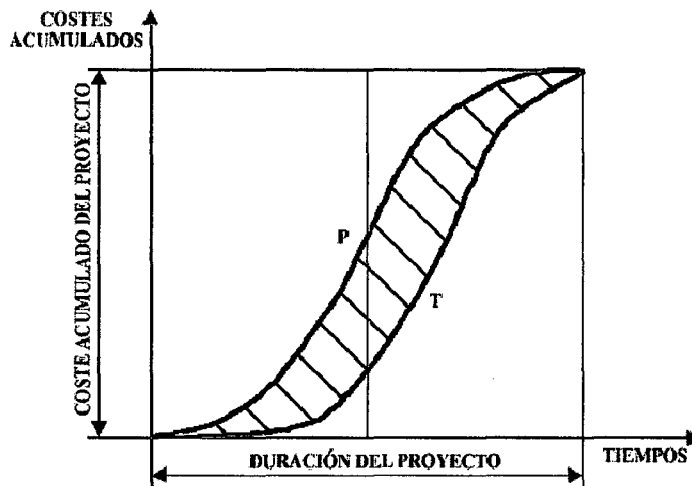


Figura N° 20 Envolvente de la familia de curvas de costo
 (Fuente: Elaboración Propia)

Ventajas de usar el procedimiento ASAP (curva P):

- ✓ Permite siempre trabajar con fechas y términos más tempranos, lo que nos asegura una culminación de cada actividad o (sub)partida sin contratiempos. Si hubiera alguna dificultad, se puede tomar parte de las holguras.
- ✓ Nos permite valorizar mayores montos por periodos, asegurando de esta manera una mayor liquidez de la obra, que permite un aprovisionamiento de materiales en forma oportuna.
- ✓ Existe la posibilidad de acortamiento de plazo de obra.

3.3 BASES LEGALES

El Proceso Constructivo para determinar el Plazo de Ejecución de Obra es presentado en las bases, por la Entidad, dentro de la documentación entregado a los postores.

El Contratista tiene la obligación de presentar el mismo plazo en su oferta, pero no presenta la Programación de Obra.

El Contratista puede establecer su propio proceso constructivo y su Ruta Crítica, en el documento que tiene que presentarlo a la firma de Contrato.

Normalmente el Contratista no le da importancia a esta Programación y a los Calendarios; muchas de las veces no tiene un adecuado proceso constructivo, no guarda concordancia entre la Programación de Obra y los Calendarios.

La programación lo hace para una situación óptima y su programación y el C.A.O.V. lo carga más al centro del plazo contractual, hecho que lo hará caer en un supuesto retraso de obra.

La Programación de Obra, el Calendario de Avance de Obra Valorizado y los otros calendarios pasan a ser contractuales cuando se presentan a la firma de Contrato.

Por lo que estos documentos no pueden ser modificados si no actualizados por las ampliaciones de plazo debidamente aprobadas y en las partidas relacionadas a la causal.

Sin embargo el Reglamento indica que la elaboración de los calendarios tiene como base la Programación de Obra.

Se debe tener mucho cuidado con el PERT-CPM y el Calendario de Avance de Obra Valorizado que se entrega a la firma de contrato, porque de su estructura dependerá la procedencia de las ampliaciones de plazo y los atrasos de avance de obra que se pueda incurrir. Recordar que estos documentos se actualizan a la fecha de inicio de obra y no pueden ser modificados en su secuencia, enlaces de dependencia y plazos, además de los avances porcentuales periódicos.

En lo que refiere a las Ampliaciones de Plazo, sabemos que las entidades cuando elaboran sus expedientes técnicos, establecen en estos las duraciones de las obras. Se entiende que estos plazos han sido

determinados técnicamente a través de la programación de las obras, estos plazos durante los procesos de selección no pueden ser variados por los participantes o postores y son los plazos que se obliga a cumplir.

Para el caso de OBRAS, los Participantes o postores si pueden observar el Expediente Técnico, existiendo las etapas de Formulación de Consultas y de Observaciones a las Bases (la que incluye el Expediente Técnico), en todos los Procesos de Selección, como Adjudicación de Menor Cuantía, Adjudicación Directa Selectiva y Pública, así como las Licitaciones Públicas. Las Bases serán integradas, una vez absueltas todas las Consultas y/u Observaciones, o sí las mismas no se han presentado. Las Propuestas se presentan dando como válidas las Bases y todo su contenido y el postor sujeta su propuesta Técnica y Económica a estas. Luego de adjudicado el postor no puede reformular el Expediente Técnico, salvo por algunas fallas o defectos que advierta luego de suscrito el contrato, sobre cualquier especificación o bien que la Entidad le hubiera proporcionado.

El acontecimiento que recoge la ley de contrataciones es que durante la ejecución de un contrato pueden ocurrir diversas situaciones que afecten el normal desarrollo de la obra y que impliquen la necesidad de que la entidad reconozca al contratista ejecutor una prórroga o ampliación de plazo, he aquí el tema sensible.

El tema de las licencias y autorizaciones debe estar claramente establecido, de manera que en caso de haber retrasos por incumplimiento de este punto, quien se vea afectado pueda valerse de esto para deslindar responsabilidades o adjuntarlas a quien corresponda.

De presentarse una situación en la cual creemos que se ha generado una ampliación de plazo que se deba solicitar, se debe tener en consideración, al margen de usar nuestro sentido común, si ésta se puede encauzar en una de las causales validas tipificada en el Artículo 200° y, además, que haya modificado el calendario contractual.

3.3.1 LAS CAUSALES QUE DAN DERECHO A LAS AMPLIACIONES DE PLAZO.

De acuerdo al Art° 200° del Reglamento las causales que dan derecho a las ampliaciones de plazo son:

- ✓ Atrasos o paralizaciones por causas no atribuibles al contratista.

Por ejemplo:
 - ❖ Huelgas (de construcción civil).
 - ❖ Paro regional
 - ❖ Desabastecimiento de materiales.
 - ❖ Bloqueo de carreteras, etc.
- ✓ Atrasos en el cumplimiento de sus prestaciones por causas atribuibles a la entidad.

Por ejemplo:

- ❖ Paralizaciones ordenadas por la entidad.
- ❖ Demora en el pago del adelanto de materiales e insumos.
- ❖ Demora en absolución de consultas, una vez vencidos los plazos.

Si las partidas materia de consulta no permite continuar con la ejecución, porque las partidas pendientes de ejecución dependen de la absolución de esta.

Consultas tipo 1. No requieren opinión del proyectista.-

Serán absueltas por el inspector o supervisor en 5 días calendarios de Anotadas en el cuaderno de obra.

Si no son absueltas por el inspector o supervisor: contratista consulta a la entidad en 2 días calendarios las que deben ser absueltas por la entidad en 5 días calendarios.

Consultas tipo 2. Requieren opinión del proyectista.-

El inspector o supervisor eleva a la entidad dentro de los 4 días calendarios de Anotadas en el cuaderno de obra las que serán absueltas por la entidad en coordinación con el proyectista dentro de 15 días calendarios.

- ❖ Falta de disponibilidad de terreno.
- ❖ Demoras en resolver interferencias (reubicaciones,

expropiaciones. etc.) que limitan y/o impiden ejecutar los trabajos / servicios.

- ✓ Caso fortuito o fuerza mayor debidamente comprobado.

Ahora bien, para definir qué se entiende por “caso fortuito o fuerza mayor”, debe tenerse en consideración lo dispuesto por el Código Civil, de aplicación supletoria a los contratos que se ejecutan bajo el ámbito de la normativa de contrataciones del Estado.

Así, el artículo 1315 del Código Civil establece que “Caso fortuito o fuerza mayor es la causa no imputable, consistente en un evento extraordinario, imprevisible e irresistible, que impide la ejecución de la obligación o determina su cumplimiento parcial, tardío o defectuoso.”

Al respecto, resulta necesario precisar:

Un hecho o evento extraordinario se configura cuando, tal como lo indica la misma palabra, sucede algo fuera de lo ordinario, es decir, fuera del orden natural o común de las cosas. Por ejemplo: el fenómeno del niño.

Un hecho o evento es imprevisible cuando supera o excede la aptitud razonable de previsión del deudor en la relación obligatoria, puesto que el deudor tiene el deber de prever lo normalmente previsible, no así lo imprevisible. Por ejemplo: un terremoto, sismo.

Un hecho o evento sea irresistible significa que el deudor no tiene posibilidad de evitarlo, es decir, no puede impedir, por más que lo

deseo o intente, su acaecimiento. Por ejemplo: huayco, derrumbe.

Por último, es importante distinguir entre caso fortuito y fuerza mayor, señalándose que el primero corresponde a hechos de la naturaleza y el segundo a actos de autoridad o, en general, a hechos del hombre.

Existiendo fuerza mayor no puede haber dolo ni culpa.

- ✓ Cuando se aprueba la prestación adicional de obra.

En este caso, el contratista ampliara el plazo de las garantías que hubiere otorgado.

Esta causal se complementa con el quinto y último párrafos del artículo 207° (obras adicionales menores al 15%). Es decir, aprobada la prestación adicional con resolución del titular, si esta prestación afecta la ruta crítica de la obra el contratista podrá solicitar la ampliación de plazo que corresponda.

- Por la demora en la aprobación que estaría dentro del 2° caso arriba descrita).

Esta demora en aprobar un adicional está limitado a los adicionales menores al 15%, es decir aquellos en los cuales la entidad pública, tiene la potestad de aprobar o desaprobado esta prestación adicional de obra, porque cuando se trata de adicionales que superan el 15% y tienen que ir a la contraloría de la república, en la norma se establece que si en 15 días hábiles, la

contraloría no se pronuncia sobre una prestación adicional, esta prestación adicional se considera aprobado por oficio o ficto y la entidad puede autorizar su ejecución, pero el pago siempre estará condicionado a que después le apruebe la contraloría.

- Por la ejecución física del adicional.

Se da este caso, si luego de ligar el calendario propio de prestación adicional al calendario de avance de obra vigente resulta que se afecta la ruta crítica y por tanto amplía el plazo de terminación de la obra.

En estos 04 escenarios o causales (i, ii, iii, iv), lo que la norma señala en el artículo 200°, es que tiene que afectar el calendario de avance de obra o programa de ejecución de obra vigente en sus actividades críticas, aparentemente esta sería la única condición para otorgar una ampliación de plazo, sin embargo cuando se lee el artículo 201° el legislador ha implantado otras condiciones para que se apruebe una ampliación de plazo que son:

- ❖ Toda solicitud de ampliación de plazo debe efectuarse dentro del plazo vigente de ejecución de obra, fuera del cual no se admitirá las solicitudes de ampliación de plazo, cuando las ampliaciones se sustentan en causales diferentes o de distintas fechas, cada solicitud de ampliación de plazo deberá tramitarse y ser resuelta independientemente, siempre que las causales diferentes no

correspondan a un mismo periodo de tiempo sea este parcial o total, esto quiere decir:

Distinta causal + mismo periodo= Un solo tramite de ampliación.

Distinta causal + distinto periodo=Un trámite de ampliación por cada causal.

Misma causal + distinto periodo =Un solo tramite de ampliación o un trámite por cada causal, dependiendo de los hechos planteados en el cuaderno de obra, por lo que se requiere un análisis de razonabilidad.

❖ La ampliación de plazo debe resultar necesaria e indispensable para la culminación de las metas de la obra, La ampliación de plazo resulta necesaria para la culminación de la obra. Entendemos que cuando una obra está en condición de adelanto respecto a su programa tiene como consecuencia que esta se terminara antes del plazo vigente. Luego, de generarse una causal de ampliación de plazo aun siendo esta valida y afecte la ruta crítica de la obra, si los días de ampliación están inmersos en los días de adelanto, la ampliación de plazo no debería ser otorgada.

❖ La solicitud de ampliación de plazo debe ser presentado dentro de los 15 días siguientes de concluido el hecho invocado, la presentación extemporánea determinara que la ampliación de plazo por esta causal es improcedente.

❖ Causales sin fecha prevista de terminación posibilitan ampliaciones de plazo parciales, Si el hecho invocado supera el plazo vigente de ejecución contractual, la solicitud se efectuara antes del vencimiento del mismo.

❖ La falta de supervisión en un periodo en la cual el contratista continuo la ejecución de la obra no constituye causal de ampliación de plazo, conforme al último párrafo del artículo 47° de la ley de contrataciones del estado, “ el hecho que la entidad no supervise los procesos, no exime al contratista de cumplir con sus deberes ni de responsabilidades que le pueda corresponder”, por lo que, la falta de supervisión no constituye un hecho que ameritaría ampliación de plazo y como tal,

Esto es lo que complica la gestión de ampliación de plazo, superado estas causales y sus condiciones el reglamento establece un procedimiento que también está bien claro en el reglamento.

Importante:

Un solo hecho puede generar la aparición de múltiples causales de ampliación de plazo, no confundir el hecho con el origen del hecho.

3.3.2 PROCEDIMIENTO DE LA AMPLIACIÓN DE PLAZO ART. 42° LEY, ART. 201°, 202° RLCE

Establecida la existencia de una causal valida de ampliación de plazo se debe seguir el siguiente procedimiento:

- ✓ El residente de obra debe registrar en el cuaderno de obra, desde el inicio, durante y hasta su fin, la ocurrencia de la causal.

Por ejemplo:

- ❖ Se iniciaron las lluvias.
 - ❖ Continuaron las lluvias.
 - ❖ Concluyeron las lluvias.

 - ❖ Se inició la huelga general de construcción civil.
 - ❖ Continúa la huelga de obreros.
 - ❖ Concluyo la huelga de obreros.

 - ❖ Se hace la siguiente consulta.
 - ❖ Hasta la fecha aún no se absuelve la consulta.
 - ❖ Hoy día se absolvió la consulta.
- ✓ A partir del día siguiente de concluida la causal, toda vez que el hecho invocado no supere el plazo vigente de ejecución contractual, el contratista o su representante legal (no el residente) tiene quince (15) días naturales o calendarios, para remitir al inspector o supervisor un escrito de pedido formal (solicitud) de ampliación de plazo la cual debe tener la siguiente estructura.
- ❖ Solicitud expresa de la prórroga (causal, fecha de inicio, y términos, etc.)

- ❖ Sustentación de las causales (asiento del cuaderno de obra, fotografías, informes oficiales, recortes de diarios, etc.).
- ❖ Cuantificación de la causal (determinación analítica de la cantidad de días de ampliación de plazo).

Si no cumple con los tres requisitos es ampliación de plazo es débil y podría ser denegada.

Este expediente de ampliación de plazo se tiene que presentar al inspector o supervisor, si el contratista presenta directamente a la entidad a desnaturalizado el procedimiento administrativo y su solicitud de ampliación de plazo será declarada improcedente, por más que haya tenido causales válidas.

- ✓ Presentado el expediente de la ampliación de plazo por el contratista o su representante legal el inspector o supervisor tiene siete (7) naturales o calendarios para emitir un informe con su opinión el cual se recomienda debe tener la siguiente estructura.
 - ❖ Antecedentes (cronología de las ocurrencias de la causal, artículos de la ley, etc.).
 - ❖ Análisis (Evaluación técnica- legal de la solicitud).
 - ❖ Conclusiones y recomendaciones (determinación de las prórrogas, etc.).
 - ❖ Anexos (Asientos Cuaderno de Obra).

Dicho de otro modo el informe del supervisor tiene que analizar el fondo y la forma, es decir, el fondo: si la causal invocada es una causal válida, si realmente la causal afecta la ruta crítica, si se está solicitando dentro del plazo vigente, si los días son necesarios. La forma: si están anotadas en el cuaderno de obra, si se ha solicitado dentro de los 15 días de cesado la causal, etc.

- ✓ Presentado el informe del inspector o supervisor, la entidad a partir del día siguiente tiene 14 días calendarios para emitir resolución (este plazo incluye la notificación al contratista en su domicilio legal).

En este punto el reglamento modificado del 20 de setiembre del 2012 ha cambiado el texto y dice la entidad resolverá sobre dicha ampliación de plazo, la palabra resolverá implica que la entidad puede pronunciarse sobre esta ampliación de plazo no solo con una resolución, podría hacerlo con una carta, o con un oficio, eso dependerá del tupa interno de la entidad.

- ✓ Se considera entonces que en términos conjuntos, desde que el contratista presenta su solicitud de ampliación de plazo, se debe emitir resolución en el plazo máximo de 21 días calendarios.
- ✓ La entidad siempre debe emitir resolución sea aprobando (total o parcialmente) o desaprobandando la ampliación de plazo.
- ✓ Respecto a la Resolución pueden ocurrir los siguientes escenarios:
 - ❖ No sale la Resolución en plazo establecido.

- ❖ Se considera ampliado (consentido) el plazo solicitado por el contratista bajo responsabilidad de la entidad (léase de los profesionales que demoraron en su análisis, aprobación y/o notificación).
- ❖ Si sale la Resolución pero se notifica después del plazo establecido.
- ❖ Se considera ampliado (consentido) el plazo solicitado por el contratista bajo responsabilidad de la entidad (léase de los profesionales que demoraron en su análisis, aprobación y/o notificación).
- ❖ Si sale la Resolución y se notifica dentro del plazo establecido.

Se considera administrativamente bien notificada.

El contratista puede tener dos formas de actuar:

- ❖ El plazo que reconoce la resolución lo considera conforme y acepta los días otorgados.
- ❖ El plazo que reconoce la resolución lo considera injusto y no está conforme, en cuyo caso tiene 15 días hábiles para solicitar la conciliación y/o arbitraje.

3.3.3 EFECTOS DE LA AMPLIACIÓN DE PLAZO

Los efectos de la modificación del plazo se producen en tres aspectos principalmente:

- ✓ Efectos económicos.
- ✓ Efectos sobre el calendario.
- ✓ Efectos sobre otros contratos relacionados.

- ✓ **Efectos económico de la Ampliación de plazo, Artículo 202° del RLCE**

Dado que las ampliaciones de plazo modifican el plazo contractual (o vigente al momento de su otorgamiento) los Gastos Generales que se ven afectados son los relacionados con el tiempo de ejecución de la obra, es decir, los variables.

Los MGGV, en caso de atraso en la ejecución de obra. Son iguales al número de días de la ampliación de plazo, por el gasto general variable diario GGVD.

$$\text{MGGV} = \text{N}^\circ \text{ Días Ampliados} * (\text{GGV Oferta/Plazo}) * (\text{Ip/Io})$$

Ip: índice de precios (cód. 39), del mes de la causa de ampliación

Io: índice de precios (cód. 39), del mes de la oferta del valor referencial.

En los contratos de obra a precios unitarios, el gasto general diario se calcula dividiendo los gastos generales variables ofertados entre el

número de días del plazo contractual, ajustado por el coeficiente "Ip/Io", en donde "Ip" es el Índice General de Precios al Consumidor (Código 39) aprobado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática-INEI correspondiente al mes calendario en que ocurre la causal de ampliación del plazo contractual, en "Io" es el mismo índice de precios correspondiente al mes del valor referencial.

En los contratos de obra a suma alzada, el gasto general diario se calcula dividiendo los gastos generales variables del presupuesto que sustenta el valor referencial entre el número de días del plazo contractual, ajustado por el factor de relación y por el coeficiente "Ip/Io", en donde "Ip" es el Índice General de Precios al Consumidor (Código 39) aprobado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI correspondiente al mes calendario en que ocurre la causal de ampliación del plazo contractual, en "Io" es el mismo índice de precios correspondiente al mes del valor referencial.

Las ampliaciones de plazo, por adicionales de obra, no dan lugar a mayores gastos generales variables (tienen presupuesto específico).

En caso de ampliación de plazo por paralización de obra, por causas ajenas a la voluntad del contratista, dará lugar al pago de mayores gastos generales variables debidamente acreditados por el contratista, de aquellos conceptos que forman parte de la estructura

de gastos generales variables de su oferta económica o del valor referencial, según corresponda (precios unitarios o suma alzada).

En caso de reducción de prestaciones que afecten el plazo contractual, se calculará menores gastos generales variables según lo indicado anteriormente.

El Reglamento, no establece el momento exacto en que se debe reducir el plazo contractual, lo recomendable es que se efectúe cuando se apruebe la reducción, más no al momento de la liquidación.

Pago de mayores gastos generales, Artículo 204° del RLCE

Se formula una valorización de mayores gastos generales, presentada por el residente al inspector/supervisor.

Inspector/supervisor, dentro de 5 días siguientes elevara a la entidad para su revisión y aprobación.

La entidad dentro de los 30 días siguientes de recibida la valorización, deberá cancelarla.

De no pagar la entidad en el plazo, genera intereses legales a favor del contratista.

Los gastos generales de adicionales de obras y de servicios de supervisión, consideran solo lo necesario para su ejecución.

✓ **Efectos sobre el calendario**

En este punto es necesario tener en cuenta que:

La ampliación de plazo obligará al contratista a presentar al inspector o supervisor un calendario de avance de obra valorizado actualizado y la programación PERT/CPM correspondiente, considerando para ello solo las partidas que se han visto afectadas y en armonía con la ampliación de plazo concedida, en un plazo que no excederá de diez (10) días contados desde el día siguiente de notificado al contratista la resolución que aprueba la ampliación de plazo.

El inspector o supervisor deberá elevarlos a la Entidad, con los reajustes concordados con el residente, en un plazo máximo de siete (7) días contados desde la recepción del nuevo calendario presentado por el contratista. En igual plazo, contado a partir del día siguiente de la recepción del informe del inspector o supervisor, la Entidad deberá pronunciarse sobre dicho calendario, el mismo que, una vez aprobado, reemplazará en todos sus efectos al anterior. De no pronunciarse la Entidad en el plazo antes indicado, se tendrá por aprobado el calendario presentado por el contratista, bajo responsabilidad de la Entidad.

✓ **Efectos sobre otros contratos relacionados:**

En virtud de la ampliación de plazo otorgada, la Entidad ampliará el plazo de los otros contratos vinculados directamente al contrato principal (Ejemplo: contrato de supervisión).

3.3.4 SOLUCIÓN DE CONTROVERSIAS

Cualquier controversia relacionada con el pronunciamiento de la Entidad sobre la solicitud de ampliación de plazo podrá ser sometida a conciliación y/o arbitraje, dentro de los quince (15) días hábiles posteriores a la comunicación de esta decisión.

3.4 MARCO SITUACIONAL

La experiencia laboral ha constatado la gran subestimación que existe en las organizaciones (entidades contratantes y contratistas) en materia de sustento técnico cuantitativo para el pedido formal de una ampliación de plazo. Esta subestimación no está provocada por una laxa o errónea gestión, sino por una cultura de gestión de ampliación de plazo tan escasa, que relega prácticamente a un análisis descriptivo. Esto ha hecho ver que la necesidad de orientar una metodología a la actividad real de las organizaciones es capital.

Considero que la estructura de un pedido formal de ampliación de plazo debe ser afrontada desde dos enfoques diferenciados pero inseparables, un enfoque cualitativo conformada por la solicitud expresa de la prorroga (causal, fecha de inicio, y términos, etc.) y la sustentación de las causales (asiento del cuaderno de obra, fotografías, informes oficiales, recortes de diarios, etc.) y otro enfoque cuantitativo de la causal que se enmarca en la determinación analítica de la cantidad de días de ampliación de plazo.

A continuación se presenta la metodología actual para la gestión de ampliación de plazo desde los dos puntos de vista: entidad contratante y contratista.

3.4.1 RESPECTO AL ANÁLISIS DE DEMORAS NO IMPUTABLES AL CONTRATISTA

Tanto contratistas como entidades contratantes concuerdan que aquellos hechos generadores de las demoras no imputables al contratista que afectan las actividades dentro de la ruta crítica son lo que merecen atención de análisis. Eso no significa, para el caso de los contratistas, que aquellas actividades afectadas y que estén fuera de la ruta crítica no sean controladas, ya que les puede generar mayores costos a pesar de no afectar el plazo de ejecución.

Punto de vista de la Entidad Contratante

El supervisor es el encargado de realizar algún análisis para establecer los efectos que podría ocasionar la demora no imputable al contratista en el cumplimiento del plazo contractual. El supervisor debe recoger la información relacionada al hecho y emitir un informe dando sugerencias a la entidad para la toma de decisiones a seguir para mitigar la demora, si lo hubiere, o realizar las acciones pertinentes con el contratista acorde a lo estipulado en el contrato.

Debido a que la tarea de realizar el análisis es por parte del supervisor, en general éste debe contar con experiencia de aplicación de algún

método de análisis de demoras no imputables al contratista y poseer un buen criterio que ayude a tomar decisiones y determinar las acciones a realizar.

Por otro lado, el análisis presentado por el supervisor no se utiliza como justificación de la entidad contratante cuando se suscita una controversia con la otra parte, y sólo expone los hechos desde su punto de vista.

Punto de vista del Contratista

El grupo de control del proyecto por parte del contratista es el encargado de realizar algún análisis para establecer los efectos que ocasiona la ocurrencia de una demora no imputables al contratista durante la ejecución de la obra, ya que son los que manejan y procesan toda la información que se da en obra. En nuestro ámbito regional ninguno de ellos utiliza software especial para realizar el análisis, mientras que otros realizan un análisis que podría decirse que es de modelación aditiva, ya que incorporan el evento dentro de su cronograma y determinan la duración que afecta en la fecha final.

Las habilidades y conocimientos que los contratistas afirman que deben poseer quienes realizan el análisis es acorde a las que debe poseer el grupo encargado del control de gestión, es decir conocimientos de interpretación de datos al momento de procesar la información recogida en campo como costos y tiempos, y poseer habilidades para manejar

herramientas de planificación y control como algún software en especial o manejo de base de datos y hojas de cálculo.

En caso de controversias, los contratistas mencionan que los resultados del análisis que ellos realizan para determinar los efectos, junto con la información que sustente la base de su análisis es material a presentar para justificar su posición; y siguen, dependiendo con quién tiene la controversia, los procedimientos establecidos para su solución.

3.4.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

De acuerdo a los datos evidenciados sobre la fase contractual y de planificación referidos a determinar si se cuenta con los requerimientos necesarios para elaborar o validar el programa de ejecución de obra, el cual constituye el requisito fundamental, en el análisis de demoras no imputables al contratista, podemos mencionar lo siguiente:

- ✓ Los contratistas a pesar de no ser los originadores o elaboradores de los documentos referidos al alcance del proyecto tienen mayor disposición de contar con el programa de ejecución de obra, como input para la aplicación de los métodos de análisis de demoras no imputables al contratista; debido a que son ellos quienes elaboran el programa de planificación y quienes lo manejan con un nivel de detalle requerido.

- ✓ Debido a que los proyectos de obra del sector público son propensos a cambiar el alcance del proyecto, ya que en muchas ocasiones no está bien definido en la fase de diseño, aquellos métodos de análisis de demoras no imputables al contratista que requieren que el programa de ejecución de obra de planificación sea la línea base para su aplicación.
- ✓ Los contratos de construcción presentan en su contenido aspectos relacionados a las responsabilidades de las partes, así como valores importantes establecidos del proyecto como lo son el costo del mismo y el plazo de ejecución. Esta información servirá en el análisis para clasificar las demoras que se presenten en obra en función a las responsabilidades de cada parte acorde a la causalidad de cada demora.
- ✓ La entidad contratante o dueño del proyecto contará con información con suficiente detalle dependiendo del tipo de contratación que realice, sobretodo en el caso de proyectos de construcción del sector público, y lo que solicite dentro de las bases del proceso de selección.

Acorde a los requerimientos para la aplicación de los diferentes métodos en relación a la fase de control de obra podemos mencionar lo siguiente:

- ✓ Algunos contratista poseen un sistema de control que le permite obtener registros a un nivel de detalle alto de los acontecimientos que

se suscitan durante la ejecución de los proyectos de construcción, por lo que tiene mayor disposición de contar con información para aplicar algún método de análisis de demoras no imputables al contratista.

- ✓ Los documentos válidos para fundamentar hechos ocurridos durante la ejecución de obra son los mencionados previamente en el contrato. Sin embargo, el cuaderno de obra, documentos de comunicación como cartas y cualquier documento que se encuentre a disposición de los participantes podría utilizarse como medio de validez para justificar hechos que afectan el normal desarrollo de la obra.
- ✓ Los registros de producción, que son los detallados en las actividades principales indicados en el programa de ejecución de obra inicial y que manejan tanto el supervisor como el contratista, reflejan con mayor alcance cómo se encuentra el progreso de la obra.

Por último, al contrastar algunas de las prácticas que realizan las empresas respecto a algún análisis de retrasos podemos mencionar lo siguiente:

- ✓ Tanto contratistas como entidades mencionan que sólo realizarán un análisis para aquellas demoras que se produzcan en actividades que afectan la ruta crítica, ya que éstos son los que directamente alteran la duración total del proyecto de construcción.

- ✓ La persona que tiene las habilidades y conocimientos para realizar el análisis de retrasos es aquella que realiza los trabajos de control de obra, ya que es quién posee la información procesada, el criterio de evaluación y manejo de software de manejo de proyectos. Para el contratista será el grupo encargado del control de gestión del proyecto y para la entidad contratante será el supervisor.
- ✓ La entidad contratante se interesa por determinar si los efectos de algún retraso afectan cualquiera de los puntos establecidos en el contrato y su análisis le ayuda para tomar decisiones al respecto, ya sea para mitigar los efectos del mismo o para realizar las acciones pertinentes con el contratista.
- ✓ Los contratistas realizan un análisis de demoras para determinar los efectos y poder presentar sus resultados como documentación adjunta a la solicitud de ampliaciones de plazo.
- ✓ Existen diferencias entre contratistas y entidades respecto a la utilización de sus análisis realizados cuando surgen controversias, ya que el contratista si menciona presentar un análisis junto a la información necesaria que valide sus resultados como justificación de su posición, mientras que la entidad menciona no presentar ningún análisis más que exponer su punto de vista de los hechos ocurridos.

El Reglamento de la Ley de Contrataciones del Estado hace mención de la Programación y Calendarios (Artículo 183° Requisitos adicionales para la suscripción del contrato; Artículo 201° Procedimiento de ampliación de plazo; Artículo 188° entrega del adelanto para materiales).

✓ Programación de Obra – Diagramas GANTT y PERT-CPM

- Es la secuencia constructiva que se va utilizar en la ejecución de la Obra.
- En este se aprecia las precedencias de actividades tanto en el tiempo como en la secuencia constructiva.
- También puede verse el plazo de ejecución de las partidas considerando sus tolerancias propias y las tolerancias con respecto a las otras partidas. Además de la fecha de inicio y termino de cada partida.
- En esta Programación de Obra se obtiene la Ruta crítica de la misma, que puede ser una o más.

✓ Calendario de Avance de Obra Valorizado

- Es la Valorización de la Programación de la Obra de acuerdo a las fechas programadas para la ejecución de las partidas.
- Nos permite determinar el avance mensual programado que el Contratista está obligado a cumplir, lo mismo que el avance acumulado en un periodo determinado.

✓ Calendario de Adquisición de Materiales

- Este calendario se elabora también teniendo en cuenta la Programación de Obra.
- Toma la fecha de ejecución de una partida y debe prever el material que utilizará para ejecutarla.
- Este debe considerar los tiempos o plazos que requiere el material y/o equipo para llegar a obra.
- El Material y/o equipo puede programarse con bastante anticipación y en su totalidad esto para aprovechar los costos, transporte, entre otros.

3.5 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

✓ Obra Pública

En lo que respecta a la legislación peruana, desde el Texto Único Ordenado de la Ley de Contrataciones del Estado aprobado por Decreto Legislativo N° 1017 y su reglamento aprobado por Decreto Supremo N° 184-2008-EF, solo precisa la definición de “obra”; sin embargo considerando la especialidad de la norma que regula la contratación estatal podríamos aseverar que es la definición legal de obra pública. Así este cuerpo normativo la define como “Construcción, reconstrucción, remodelación, demolición, renovación y habilitación de bienes inmuebles, tales como edificaciones, estructuras,

excavaciones, perforaciones, carreteras, puentes, entre otros, que requieren dirección técnica, expediente técnico, mano de obra, materiales y/o equipos”; a ésta parametrización bastaría agregarle “a cargo del estado”.

✓ Obras por Contrata

Se entiende obras por contrata, aquellas ejecutadas por terceros, contratistas en la que a través de un contrato celebrado entre el contratista y la entidad ejecutan una obra determinada y por la otra la entidad se compromete, a pagar el valor de la obra ejecutada que previamente ha sido adjudicado mediante un proceso de selección y se encuentra incluida en los lineamientos de la ley de contrataciones del estado Decreto Legislativo N° 1017 y su reglamento aprobado por Decreto Supremo N° 184-2008-EF.

El contratista que puede ser una persona natural o jurídica debe requerir el pago proporcional de acuerdo al avance físico de la obra ejecutada por medio de valorizaciones que proporcionara este.

De otro lado, existen trabajos en obras públicas con otras denominaciones que están definidos en el SNIP y en las normas de carácter presupuestal, como: mantenimiento y operación, reparación, descolmatación: “conjunto de actividades, operaciones y cuidados necesarios para que la infraestructura, maquinaria, equipos y procesos conserven su condición normal de operación”. Por lo tanto,

estas actividades y desembolso no significan construcción o ejecución de obras públicas.

En este sentido, se puede adicionar al concepto de obra pública el criterio de cuantificar o calificar: “de ampliación, renovación, o servicio que adicione o amplía la capacidad productiva o de servicio” de dichos activos y se realicen sobre obras ejecutadas cuya ejecución modifiquen las características estructurales, geométricas, arquitectónicas, y/o paisajistas de dichas obras”.

✓ Calendario Valorizado de Obra

Es un cuadro que refleja la programación de la obra, según partidas a ejecutarse, y con los montos presupuestados o contratados. En el eje de abscisas se miden los tiempos y en el eje de ordenadas, las partidas (similar a un Diagrama Gantt, sólo que con los montos en lugar de las barras).

✓ Cronograma de Desembolsos

Es un cuadro que refleja la programación de los pagos parciales, según el Contrato o el Calendario Valorizado. En el cuadro deben consignarse: La cantidad y el monto de los Adelantos, así como la cantidad y el monto de las valorizaciones, por períodos.

✓ Partida

Actividad, operación o tarea es el trabajo necesario para poder pasar de un suceso o acontecimiento al siguiente; exige consumo de tiempo

y medios, además es cada una de las partes en que se divide convencionalmente una obra, para fines de medición, evaluación y pago.

✓ Planificar

Según la American Management Association, “la planificación consiste en determinar qué se debe hacer, cómo debe hacerse, quién es el responsable de que se haga y por qué; siendo estos los razonamientos claves al emprender un proyecto y de cuyas respuestas se construye el plan, que es a su vez la ruta de navegación para la ejecución de un proyecto.

En una definición con un sentido inclinado hacia la parte procedimental, según Antill y Wodhead, se tiene que la planificación constituye el “proceso de seleccionar el método y el orden de trabajo a adoptar para el proyecto entre todos los caminos y secuencias por los que pudiera realizarse” (Antill y Wodhead, 1995).

Partiendo de lo anterior podría resumirse el concepto en la elaboración de un plan o estructuración de un proyecto para conseguir un objetivo, que para el caso del presente trabajo se constituye en la construcción de una obra civil, involucrando variables de tiempo, costos y recursos.

Normalmente el conocimiento de los expedientes técnicos no permite conocer todos los datos necesarios para establecer el planeamiento

de las obra. Es indispensable por eso una inspección ocular al lugar de obra para completar los datos necesarios de terreno.

La inspección permitirá conocer el estado de las vías de acceso, la proximidad o lejanía de las fuentes de aprovisionamiento de material y energía, posible existencia de líneas de alta tensión, líneas de agua que desviar, así como para solicitar los permisos y coordinaciones necesarias a las autoridades correspondientes del lugar. Por lo tanto es importante para el programador conocer en detalle las condiciones locales.

El planeamiento es la etapa inicial de la organización de una obra, aquí al escoger el procedimiento constructivo para ejecutar el proyecto, nos informamos de las características más importantes de la zona donde se ejecutara el proyecto, se determinaran los posibles frentes de trabajo y otros aspectos particulares que ayudaran a tener una idea de la manera como se efectuaran los trabajos de campo

Así como la planificación en una empresa es la parte fundamental para que esta alcance un buen funcionamiento, lo es también para una obra. Antes de empezar a construirse se debe planificar lo que se va a hacer con el propósito de alcanzar los objetivos deseados. La planificación de una obra abarca la planificación tanto de la producción como del control de la calidad, de la economía y de la seguridad. Según Walter Rodríguez Castillejo, en una empresa cuya

actividad económica es la ejecución de obras se deben distinguir los siguientes planeamientos:

- ✓ Planeamiento Estratégico.
- ✓ Planeamiento Táctico.
- ✓ Planeamiento Operativo
- ✓ Planeamiento de Contingencia.

El planeamiento estratégico está dirigida por la alta dirección de la empresa, define las metas u objetivos, define las políticas a seguir en el desarrollo de las obras, hace un análisis interno de la empresa y de su entorno. Debe reevaluarse y reajustarse constantemente, en función de los cambios.

El gerente de proyecto, ingeniero residente o jefe de obra aplica el planeamiento táctico en concordancia al planeamiento estratégico definido por la alta gerencia de la empresa.

Para llevar a cabo tales metas, utiliza una serie de herramientas que le permite viabilizar en campo tales objetivos, los cuales son:

- Utiliza el Planeamiento Regional para definir el entorno de la obra, si hay buenas vías de comunicación, si existen puntos de agua o canteras cerca de la obra.
- Utiliza el planeamiento Endógeno (Distribución en planta) para optimizar el uso de las instalaciones provisionales y los accesos dentro de la obra.

- Utiliza la estructura de descomposición del trabajo para plasmar en un gráfico a manera de organigrama, los frentes de trabajo, la sectorización de la obra y la descomposición de la misma hasta alcanzar un nivel tal en que seamos capaces de controlar la obra.

Para que los planes tácticos funcionen tiene que desdoblarse en planes operativos. Son a corto plazo y se realiza por cada obra. Es determinada por el gerente de proyecto y/o residente de obra. En este caso se utiliza como herramienta para el planeamiento operativo, la hoja de programación y recursos diarios, diagrama de red y Gantt. Se optimiza el uso de recursos a través de la nivelación de los mismos, empleando técnica heurística, como el método de construcción en cadena.

CAPITULO IV

4 MODELACION DINAMICA DE LAS DEMORAS EN LA RED PDM DE OBRA

4.1 CONSIDERACIONES PREVIAS.

El Proceso Constructivo para determinar el Plazo de Ejecución de Obra es presentado en las bases, por la Entidad, dentro de la documentación entregado a los postores.

El Contratista tiene la obligación de presentar el mismo plazo en su oferta, pero no presenta la Programación de Obra.

El Contratista puede establecer su propio proceso constructivo y su Ruta Crítica, en el documento que tiene que presentarlo a la firma de Contrato.

La Programación de Obra, el Calendario de Avance de Obra Valorizado y los otros calendarios pasan a ser contractuales cuando se presentan a la firma del Contrato (artículo 184 del RLCE). Por lo que estos documentos no pueden ser modificados si no actualizados por las ampliaciones de plazo debidamente aprobadas y en las partidas relacionadas a la causal.

Normalmente el Contratista no le da importancia a esta Programación y a los Calendarios; muchas de las veces no tiene un adecuado proceso constructivo, no guarda concordancia entre la Programación de Obra y los Calendarios.

Sin embargo el Reglamento indica que la elaboración de los calendarios tiene como base la Programación de Obra.

El estudio se basa en modelar de cómo interactúan los acontecimientos reales de ampliación de plazo en el contexto del programa de obra, con el fin de comprender la importancia de una desviación o una serie de desviaciones respecto a la red de precedencias de referencia (contractual o vigente) y su papel en la determinación de tiempos de ejecución de las partidas dentro de una secuencia compleja de actividades.

La red de programación antes vigente, que sirve como gráfico de análisis, deberá contener: número de eventos iniciales y finales, relaciones de producción, duración, tiempo de inicio más próximo y más lejano, tiempo de término más próximo y más lejano, holgura total, y la ruta crítica.

4.2 PRESENTACIÓN DE LA PROPUESTA

Una vez insertada el impacto del hecho generador de la demora no imputable al contratista en la red de precedencias antes vigente, sujeta a la subjetividad del modelador, el algoritmo de cálculo debe proceder a configurar la nueva red de programación (actualizado), con las variaciones derivadas de la inserción y considerando para ello solo las partidas que se han visto afectadas (artículo 201° del RLCE). La cual al extender el plazo contractual o vigente servirá como sustento técnico en la gestión de ampliación de plazo de obras de construcción tanto pública como privada. La elaboración de esta propuesta completa el alcance general de esta investigación, cuyo objetivo principal era el desarrollo de una Modelación

Dinámica de las Demoras en la red de precedencias de obra con fines de gestión de ampliación de plazo contractual.

4.3 JUSTIFICACION DE LA PROPUESTA.

Como se advierte en el reglamento de la ley de contrataciones del estado, la ampliación de plazo contractual o vigente no puede ser otorgada de oficio, requiriéndose que el contratista presente su solicitud en atención a la existencia de un hecho generador de atraso o paralización no imputable al mismo- siempre y cuando tal hecho afecte el plazo contractual, con el fin de cumplir con las prestaciones a su cargo.

Así, es responsabilidad del contratista proporcionar información que acredite que la demora en la ejecución de las prestaciones no es de su responsabilidad, de forma tal que no se le apliquen las penalidades que correspondan por un retraso injustificado conforme a lo previsto en el artículo 165 del reglamento.

En el artículo 165 del reglamento, penalidad por mora en la ejecución de la prestación; (...) la entidad le aplicara al contratista una penalidad diaria hasta un monto máximo del 10% del monto contratado.

$$\text{Penalidad diaria} = \frac{0.10 \times \text{Monto del Contrato}}{F \times \text{Plazo}}$$

Dónde: F= 0.40 para plazos menores a 60 días y F= 0.15 para plazos mayores a 60 días.

4.4 OBJETIVO DE LA PROPUESTA.

Mejorar la calidad de una gestión de ampliación de plazo, estableciendo el proceso para el diseño óptimo del calendario de avance de obra actualizado como consecuencia de la inserción del hecho generador de la demora no imputable al contratista en la red de precedencia antes vigente, de acuerdo a la ley del sistema de inversión pública Art. 27 (DIRECTIVA N° 01-2011-EF/68.01 (válida desde 09 de Abril del 2011): Modificaciones de un PIP en la Fase de Inversión, Gestión de Ampliación de Plazo (Art. 41 LCE, Art. 175°, 200°, 201°RLCE), Teoría de Grafos AON de Precedencias Generalizadas en base a Niveles de Producción, Filosofía Lean Construction.

4.5 ALCANCE DE LA PROPUESTA.

Solo se profundizara en la obtención de la red de precedencias de obra actualizada, genera por la inserción de una demora no imputable al contratista. Esto se debe principalmente a que el elemento tiempo tiene como fundamento la lógica del plan, que aparte de concernir muchas de las funcionalidades e implicaciones de la metodología, es el pilar del que depende el elemento costo. El elemento costo carece de dicha profundidad si no se complementa con el tiempo. Integrando los costos con la lógica del calendario de avance de obra actualizado obtendremos un calendario de avance de obra valorizada actualizada realista. La que permitirá a la Entidad, luego de la inserción de una causal valida seguir controlando el avance de la obra, identificar atrasos en su ejecución, programar el presupuesto para el

pago de las valorizaciones y, de ser el caso, tomar las decisiones que sean necesarias para culminar la obra en el plazo previsto.

Los lineamientos para el diseño óptimo del calendario de avance de obra actualizado como consecuencia de la inserción del hecho generador de la demora no imputable al contratista en la red de precedencia antes vigentes, se extiende para todas las obras de construcción públicas y aquellas de construcción privadas en las que se establezca un contrato de obra.

De la apreciación de la Ley y Reglamento de Contrataciones del Estado en lo que respecta a plazos, se concluye:

Plazo Contractual + Ampliaciones de Plazo aprobados + Reducción de Plazo aprobados = PLAZO VIGENTE.

4.6 ESTRUCTURA DE LA PROPUESTA.

Sabemos que un diagrama correctamente interpretado, permite un conocimiento rápido y eficaz, y una dimensión mayor que la escritura, al relacionar conceptos de cantidad en el espacio y el tiempo. Los incas al parecer habrían reunido el color, los nudos y las cuerdas entrelazadas para materializar una red de operaciones programadas, supliendo de esta manera la falta de escritura y que al parecer conformaba una verdadera red o red de programación entre otros usos.

Idealmente, la red de precedencia de obra, de la cual deviene el calendario de avance de obra, es dinámico, si al existir una demora

no imputable al contratista, solo es necesario cambiar un campo en el modelo para tener un calendario de avance de obra vigente valido nuevamente ver Figura N° 21.

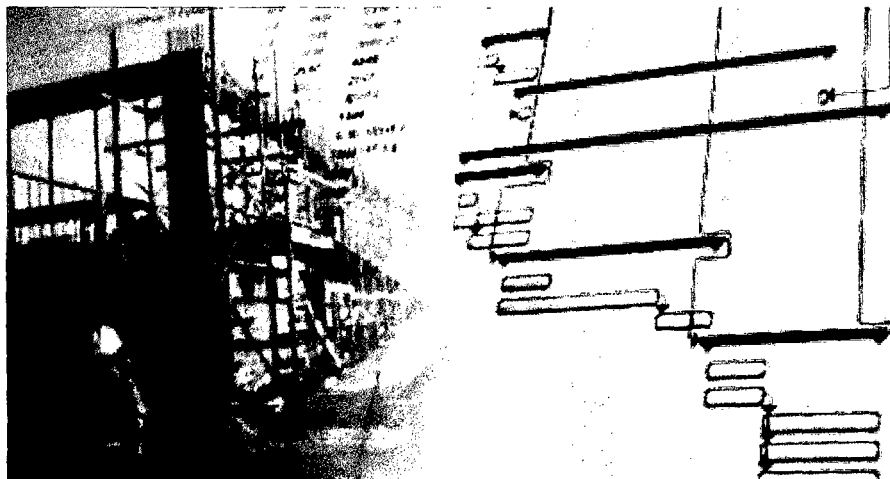


Figura N° 21 Calendario de avance de obra dinámico
(Fuente: Elaboración Propia)

Se recomienda ingresar las fechas comprometidas como fechas límites y no como restricción.

La lógica de las relaciones dinámicas blindo cualquier variación en las duraciones de las partidas, proporcionando una robustez apta para el dinamismo necesario.

En general, podemos mencionar que la mayoría de los hechos válidos que modifican el programa de ejecución de obra (PDM-vigente)

recaen en aproximadamente siete (7) clasificaciones con las numerosas variaciones posibles dentro de cada categoría:

- ✓ PARALIZACIÓN TEMPORAL DE LA OBRA. Modifica la red de precedencias al existir una variación en la fecha de culminación del plazo de ejecución contractual, igual al número de días de paralización de obra, esto sin modificar el plazo de ejecución contractual.
- ✓ ATRASO DE OBRA. Modifica la red de precedencias, la que podría implicar una ampliación el plazo para terminar la obra.
- ✓ PRESTACIÓN ADICIONAL. Modifica la red de precedencias, al incrementar partidas, la que podría ampliar el plazo de terminación de la obra.
- ✓ REDUCCIÓN DE METAS. Modifica la red de precedencias, al reducir cargas de trabajo en partidas contractuales, la que podría reducir el plazo de terminación de la obra.
- ✓ RESOLUCIÓN DE CONTRATO POR CASO FORTUITO O FUERZA MAYOR. Modifica la red de precedencias, al reducir cargas de trabajo en partidas contractuales la que podría reducir el plazo de terminación de la obra.
- ✓ DEDUCTIVO. Modifica la red de precedencias, ya que Las partidas deductivo vinculado que, habiendo estado

consideradas inicialmente en la red PDM original, ya no se ejecutarán, al haber sido sustituidas por las partidas adicionales de obra a las que se vinculan directamente siempre que ambas respondan a la finalidad del contrato original, la acción sobre la red de precedencia (Contractual o vigente), es una simultaneidad de incrementar y reducir partidas la que podría ampliar el plazo de terminación de la obra.

El hecho generador de la demora única permisible e imputable al contratista, exige:

- ✓ ACELERACIÓN ÚNICA POR RETRASO INJUSTIFICADO, con efecto sobre el calendario de avance de obra (Contractual o vigente) y sin ampliación de plazo de ejecución.

4.6.1 PARALIZACIÓN TEMPORAL DE LA OBRA

4.6.1.1 CONSIDERACIONES PREVIAS.

La "paralización" de una obra implica la detención de la ejecución de todas las actividades y/o partidas que forman parte de la obra, por lo que no es posible que el contratista valore los costos incurridos durante el periodo de paralización, entre estos, los mayores gastos generales incurridos en dicho periodo (OPINIÓN N° 017-2014/DTN).

En esa medida, considerando que en un periodo de paralización de obra el contratista suele incurrir en mayores gastos generales originados, por lo general, por los mayores costos administrativos, de mantenimiento y de seguridad por el incremento del plazo de la obra, la normativa de contrataciones del Estado le reconoce el derecho a recuperar los mayores gastos generales incurridos durante dicho periodo, siempre que se encuentren debidamente acreditados.

En el contexto de la definición, la paralización se produce en obras, cuando ésta se detiene por completo.

La suspensión (paralización) de las obras produce los efectos siguientes, que significan un costo adicional de la obra:

- ❖ Inmovilización de personal técnico y administrativo (salarios, costos de seguridad social, pagos de vacaciones, beneficios, etc.)
- ❖ Inmovilización de maquinaria, instalaciones y medios auxiliares (alquileres o amortización del valor de compra).
- ❖ Gastos generales del Contratista imputables a la obra durante el periodo de paralización. La Empresa ha de repartir los gastos generales de las delegaciones y de la sede central entre las obras contratadas; al no realizarse valorizaciones, se pierde el porcentaje correspondiente a gastos generales, cargas financieras, cargas fiscales y tasas, resultando un costo de la obra que debe ser compensado. Este perjuicio puede ser cuantificado aplicando el coeficiente real de gastos generales de la empresa a la obra que debería haberse realizado durante los meses de paralización.
- ❖ El desfase entre el periodo de tiempo de ejecución previsto y el real da lugar a que los costos de la parte de la obra que se ha retrasado sean superiores a los previstos. Dada la evolución habitual de los precios, casi siempre hay un incremento de costos entre el momento en que la obra debió realizarse en el desarrollo normal del

contrato y aquél en el que realmente se hizo. Si en el contrato no se contempla la(s) fórmula(s) Polinómica(s) de revisión de precios, no es fácil determinar con criterios objetivos los incrementos de costos. Es por esto por lo que se suelen utilizar dichas fórmula(s) Polinómica(s), aunque no estén contempladas en el contrato, para justificar dichos incrementos de costos.

- ❖ La paralización de las obras puede implicar labores de mantenimiento, con su correspondiente costo, y hay casos en que a pesar de ello se producen degradaciones inevitables en unidades de obra ya terminadas (básicamente por las condiciones climáticas), lo que conlleva el costo de restauración en el momento de reanudación de las obras. En este caso, habrá que hacer constar de forma clara que la razón de la degradación ha sido la suspensión, bien sea a pesar de las medidas de mantenimiento efectuadas o bien porque estas medidas no se llevaron a cabo al ser desestimadas por la Administración.

Similar a lo descrito en la alternativa atraso, si en dos partidas los cambios de una afecta a la otra, la una es la dominante y la otra es la subordinada.

De igual manera el modelamiento de la paralización se generara en base a la consideración de las tres primeras acciones básicas descritas en la alternativa atraso.

4.6.1.2 ESCENARIOS SINGULARES DE PARALIZACIÓN.

Si existen actividades y/o partidas que debían concluirse con anterioridad a la paralización de acuerdo a la programación de obra vigente y que tales según la realidad y el cuaderno de obra se encuentran en ejecución. Figura N° 22.

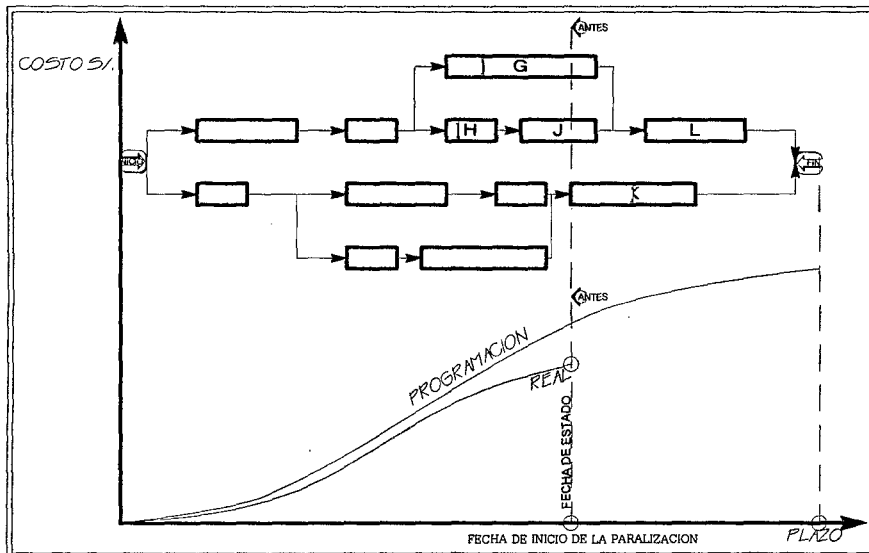


Figura N° 22 Avance en programación y costo planificado.
 (Fuente: Elaboración Propia)

La Figura N° 22 representa un diagrama de Gantt en el que las barras horizontales son las partidas graficadas según el método ASAP. La línea vertical de color azul representa la fecha de estado del proyecto. El color

blanco de las barras de las partidas representa la planificación, mientras que el rojo representa lo que se ha hecho hasta la fecha, con retrasos injustificados, el modelo de distribución del trabajo es a intensidad constante.

Según nuestra normatividad vigente corresponderá evaluar el impacto de la paralización en la red pdm de obra vigente, ajena a la condición real de ejecución, de la misma manera si un contratista se encuentra adelantado en la ejecución, según nuestra normatividad vigente se evaluara el impacto de la paralización en la red pdm de obra vigente, ajeno a la condición real de adelanto en la ejecución.

La paralización de obra, que se inicia en la fecha de estado y que presenta retraso injustificado, logra suspender en obra, la ejecución las partidas: G, H y K. Sin embargo de acuerdo a la cronología del C.A.O. vigente, las partidas paralizadas son: G, J y K. ver Figura N° 23.

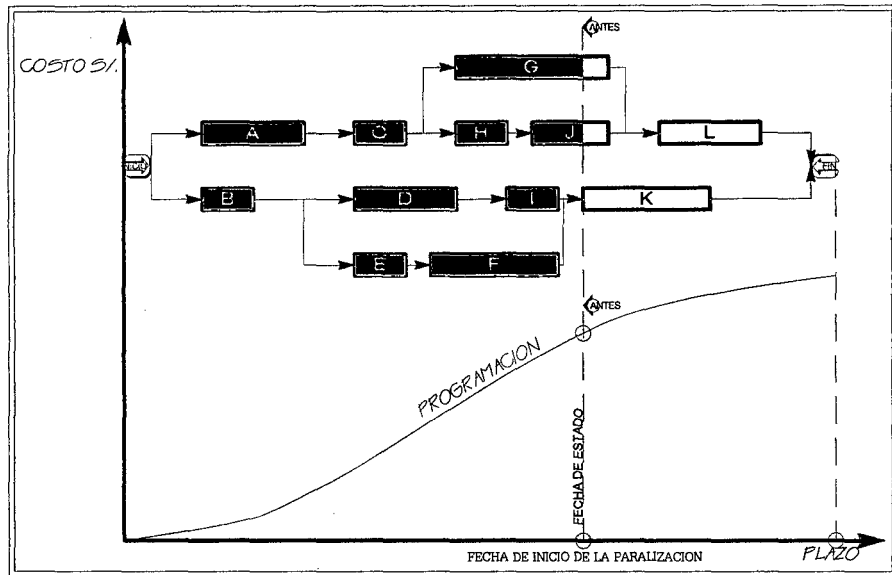


Figura N° 23 Avance en programación y costo planificado.

(Fuente: Elaboración Propia)

En virtud a ello se puede afirmar que el objetivo de la planificación, según RLCE, no es predecir el futuro sino crearlo, diseñando un escenario deseable y creando las condiciones para lograrlo, esto solo es posible si se usa el sistema last planner.

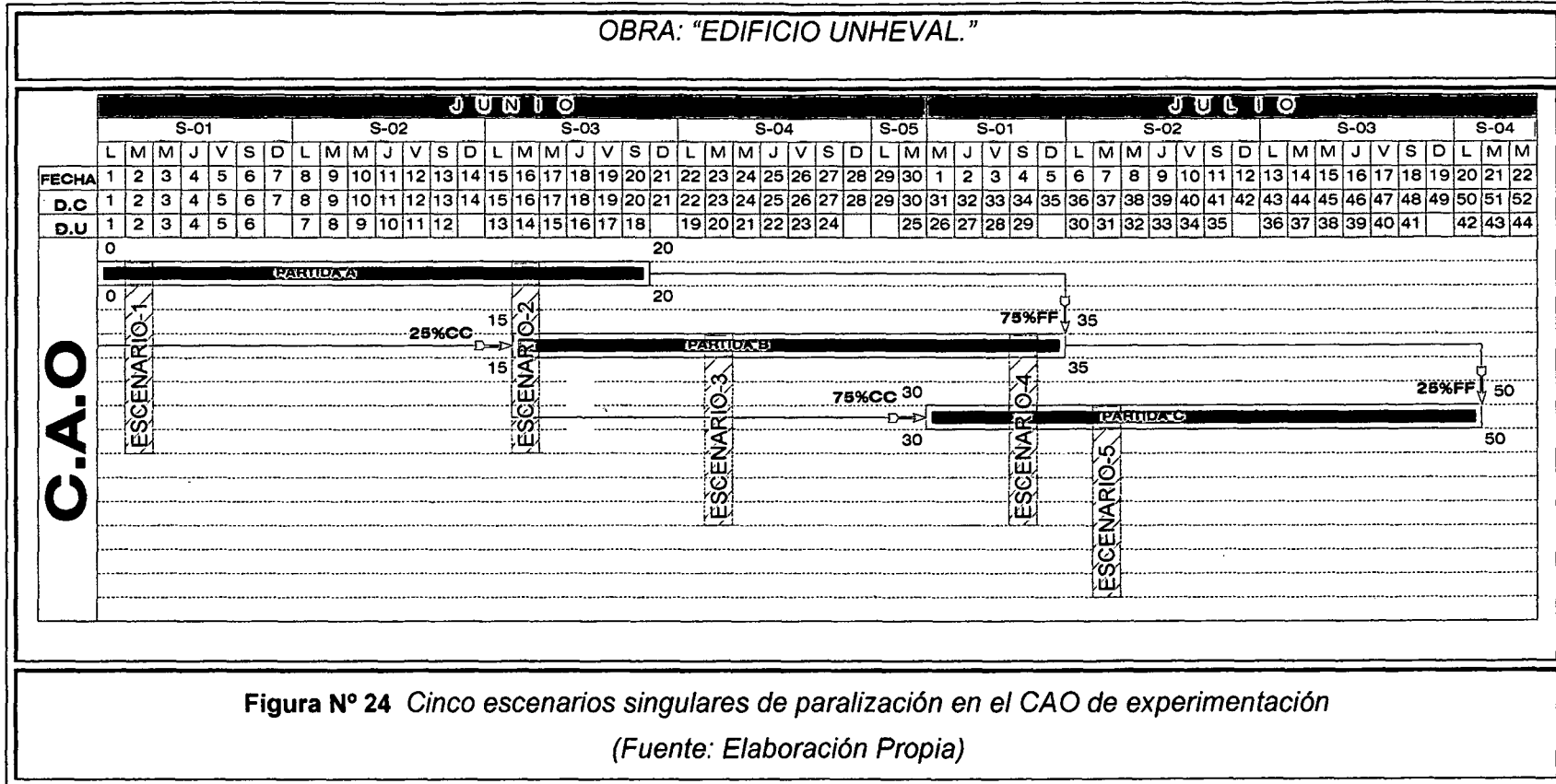
En una planificación tradicional la actividad es tomada de la planificación general e introducida directamente a un plan de trabajo semanal sin tomar en cuenta que existen restricciones como cancha, materiales, mano de obra, que impiden su normal cumplimiento. El análisis de restricciones con el que cuenta el sistema last planner da como resultado una planificación confiable que permite obtener un trabajo continuo para la unidad de producción y este punto es lo que lo diferencia del sistema tradicional. No es una metodología compleja de entender, pero no es sencilla de ejecutar.

Sea un proyecto conformado solo por tres (03) partidas, en la que pueden surgir los escenarios singulares de paralización ver Tabla N° 2 y Figuras N° : 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41.

Tabla N° 2 Escenarios singulares de paralización.

<i>Escenario Singular</i>	<i>Rango de ocurrencia del día de atraso</i>		<i>Partida directamente Afectada</i>
	<i>Desde (d.c.)</i>	<i>Hasta (d.c.)</i>	
<i>Escenario 1</i>	<i>01.jun.2015</i>	<i>15.jun.2015</i>	<i>Partida A</i>
<i>Escenario 2</i>	<i>16.jun.2015</i>	<i>20.jun.2015</i>	<i>Partida A y B</i>
<i>Escenario 3</i>	<i>21.jun.2015</i>	<i>30.jun.2015</i>	<i>Partida B</i>
<i>Escenario 4</i>	<i>01.jul.2015</i>	<i>05.jul.2015</i>	<i>Partida B y C</i>
<i>Escenario 5</i>	<i>06.jul.2015</i>	<i>20.jul.2015</i>	<i>Partida C</i>

(Fuente: Elaboración Propia).



Paralización según Escenario – 1: Muestra de tipo no probabilístico o dirigidas, pues la elección de la fecha de paralización no dependió del azar o probabilidad, sino de las características de la investigación y del criterio del investigador.

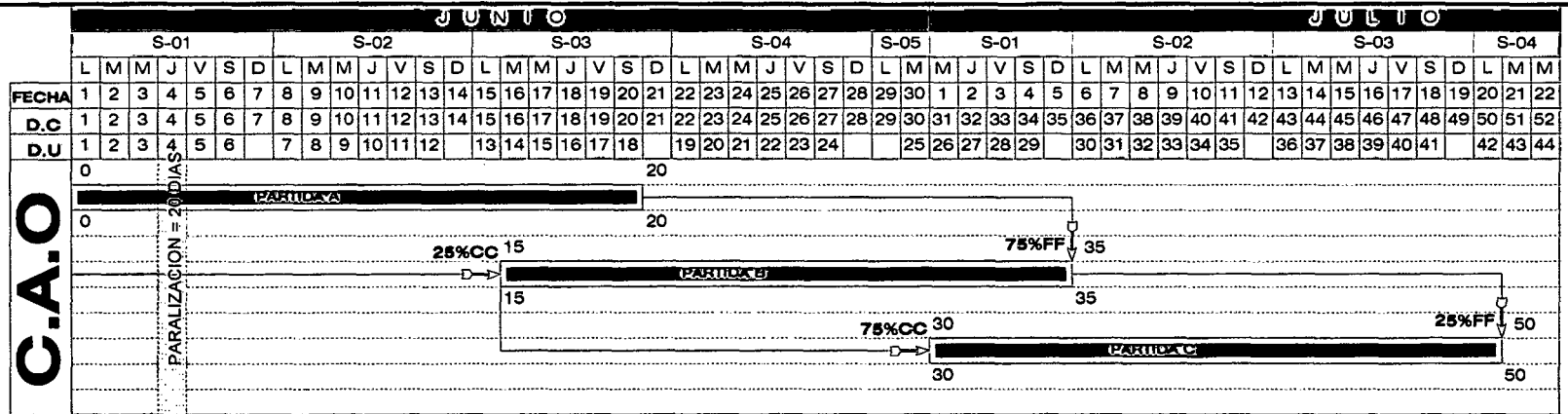


Figura Nº 25 SITUACIÓN REAL SEGÚN EL CAO: Escenario – 1

(Fuente: Elaboración Propia)

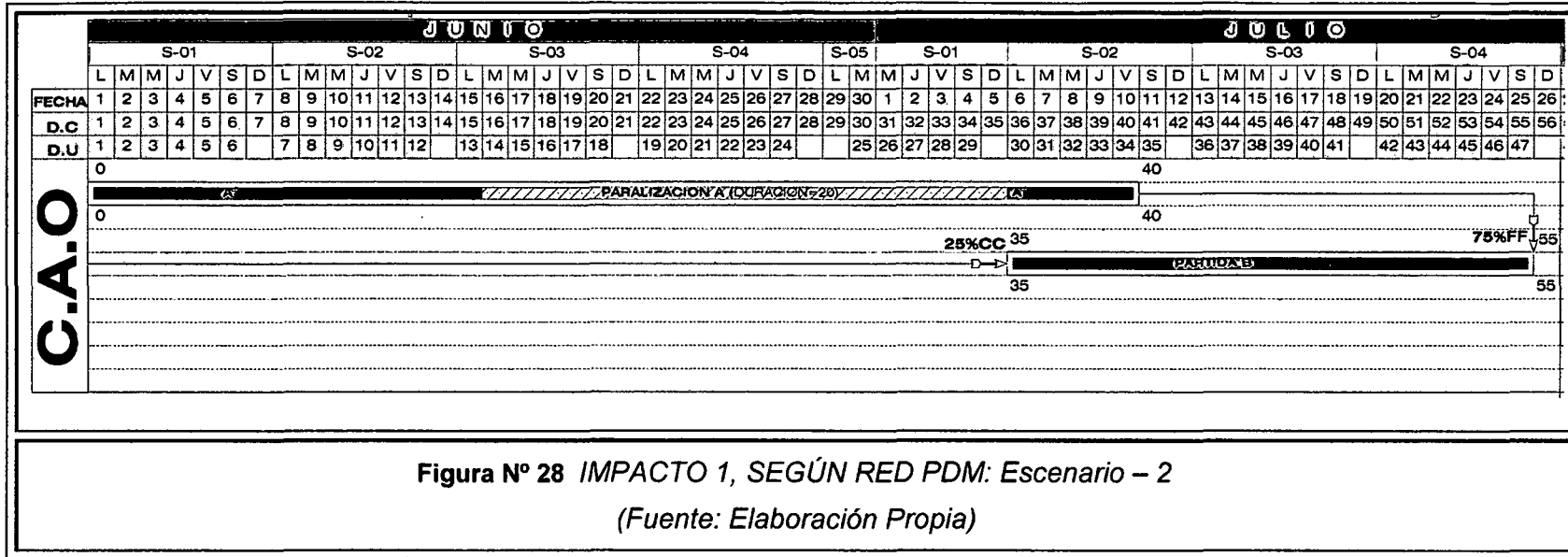
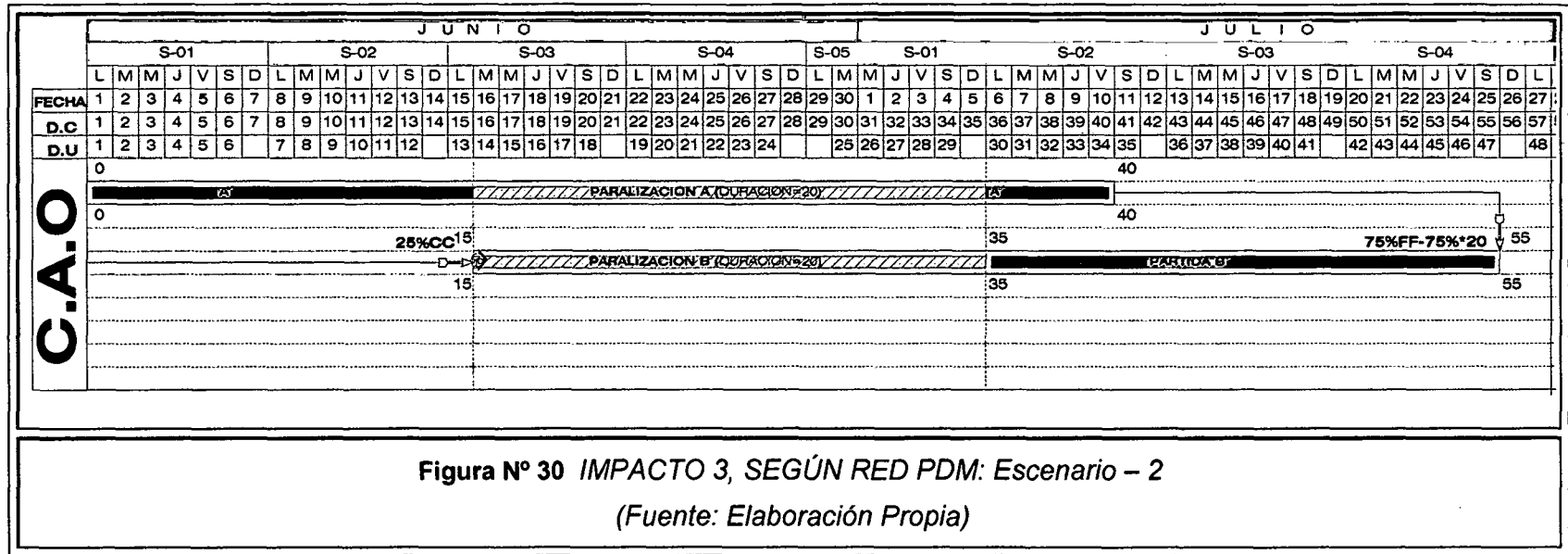


Figura N° 28 IMPACTO 1, SEGÚN RED PDM: Escenario – 2
 (Fuente: Elaboración Propia)



Paralización según Escenario – 3: Muestra de tipo no probabilístico o dirigidas, pues la elección de la fecha de paralización no dependió del azar o probabilidad, sino de las características de la investigación y del criterio del investigador.

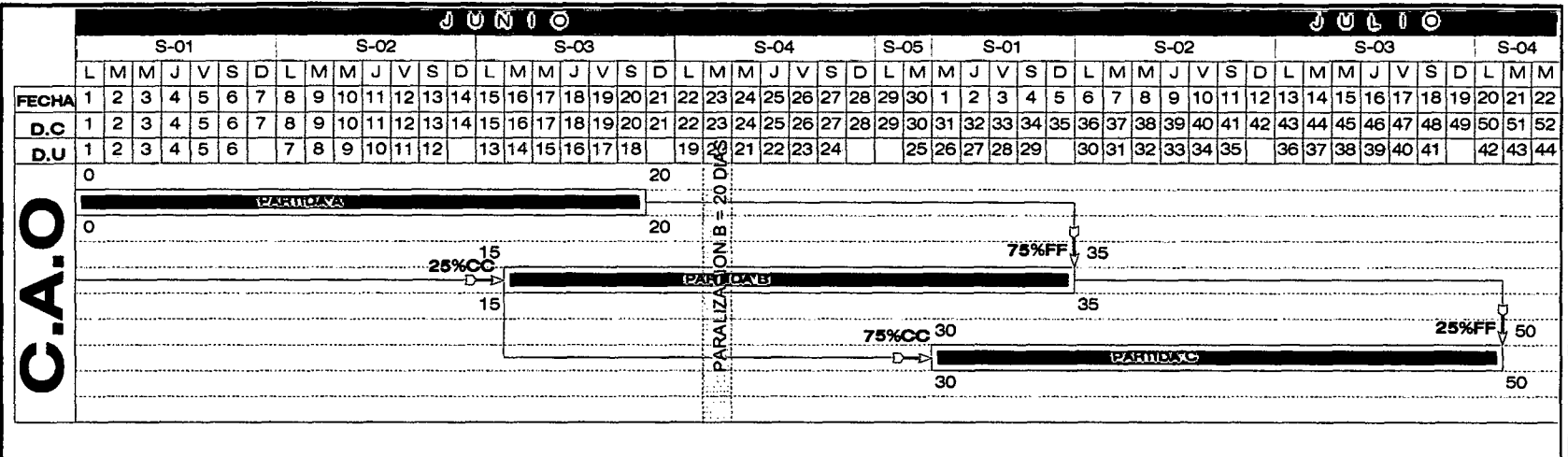


Figura Nº 32 SITUACIÓN REAL SEGÚN EL CAO: Escenario – 3
 (Fuente: Elaboración Propia)

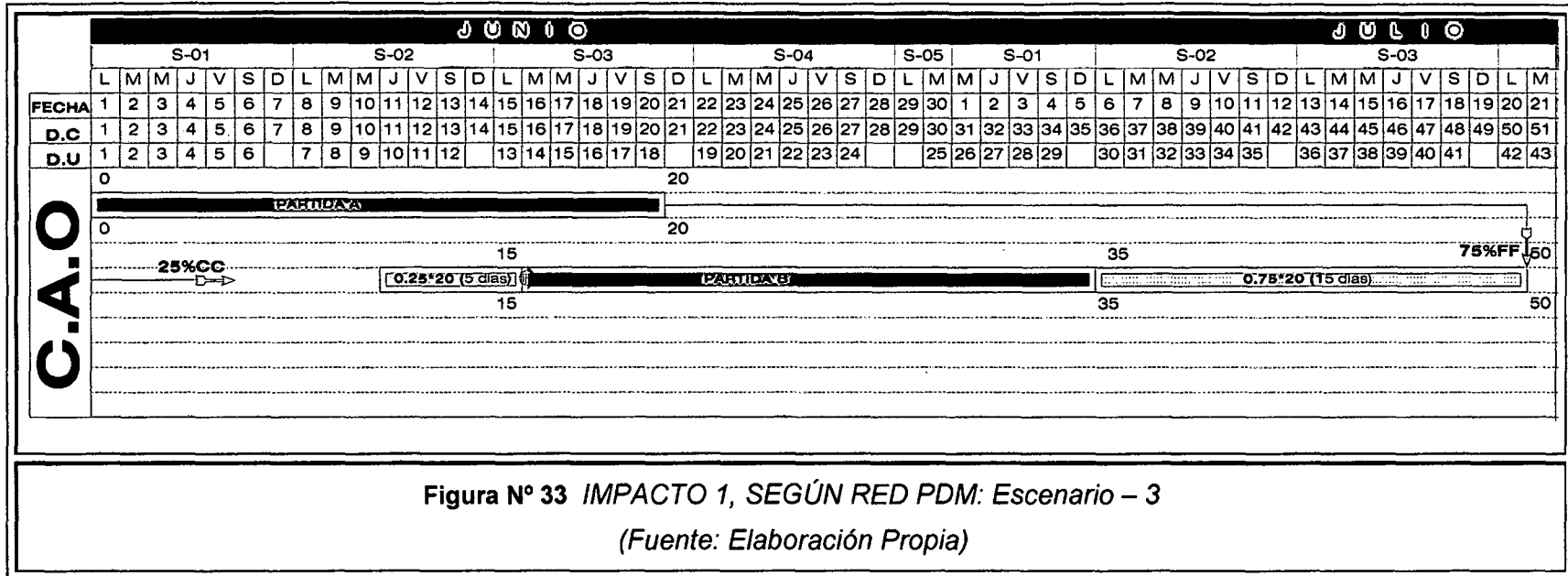


Figura N° 33 IMPACTO 1, SEGÚN RED PDM: Escenario – 3
 (Fuente: Elaboración Propia)

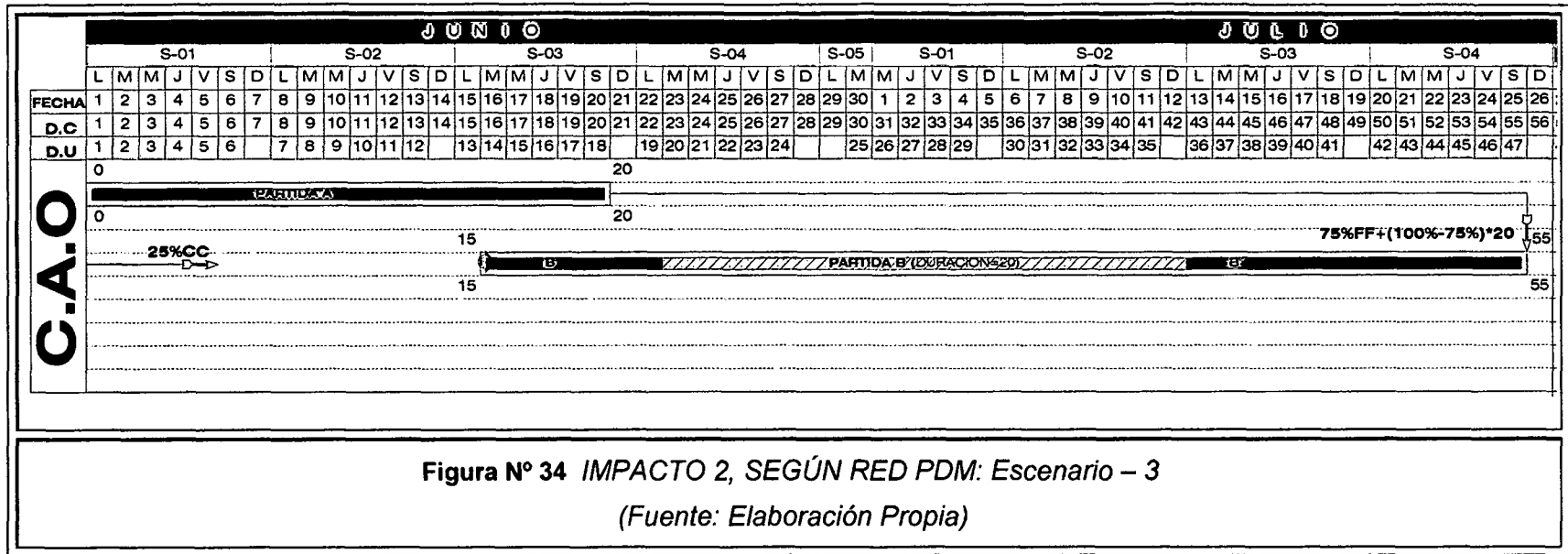


Figura N° 34 IMPACTO 2, SEGÚN RED PDM: Escenario – 3
 (Fuente: Elaboración Propia)

Paralización según Escenario – 4: Muestra de tipo no probabilístico o dirigidas, pues la elección de la fecha de paralización no dependió del azar o probabilidad, sino de las características de la investigación y del criterio del investigador.

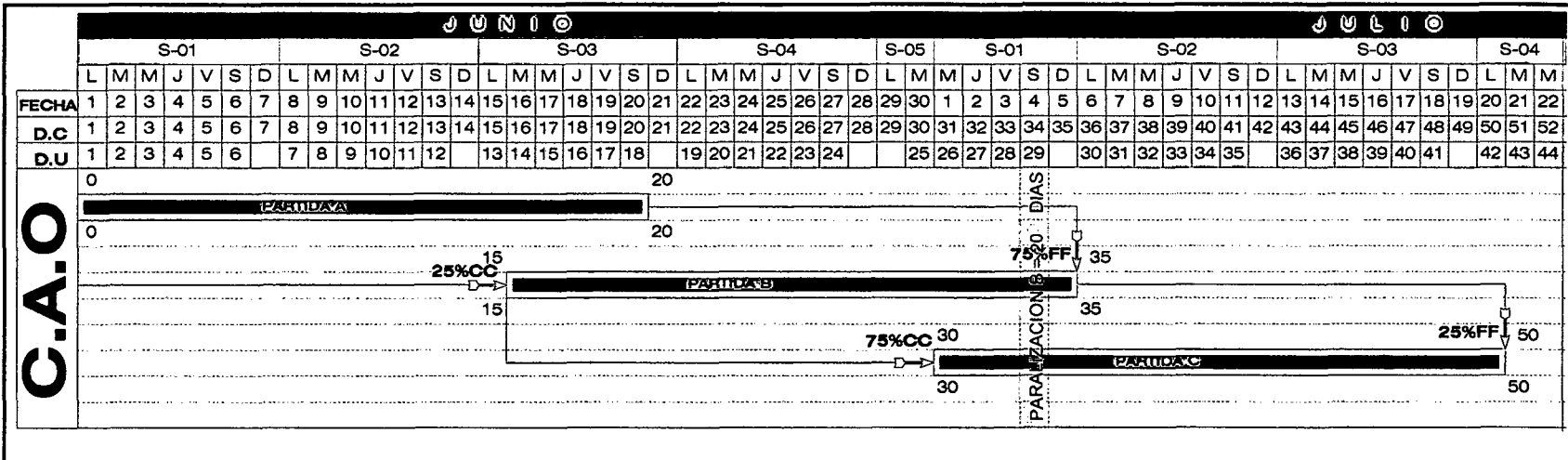


Figura N° 36 SITUACIÓN REAL SEGÚN EL CAO: Escenario – 4

(Fuente: Elaboración Propia)

Paralización según Escenario – 5: Muestra de tipo no probabilístico o dirigidas, pues la elección de la fecha de paralización no dependió del azar o probabilidad, sino de las características de la investigación y del criterio del investigador.

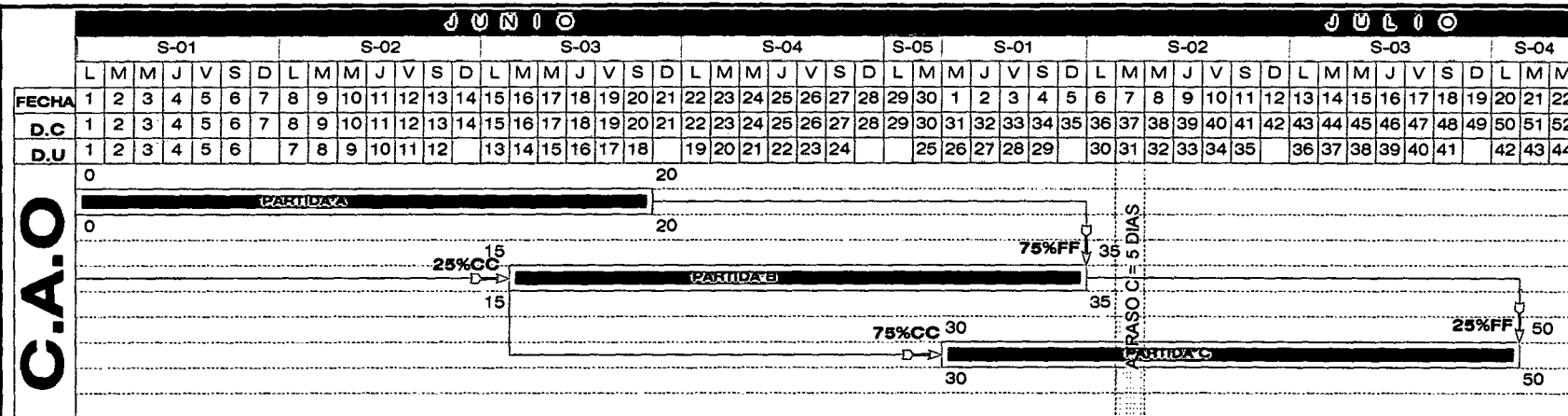


Figura Nº 39 SITUACIÓN REAL SEGÚN EL CAO: Escenario – 5

(Fuente: Elaboración Propia)

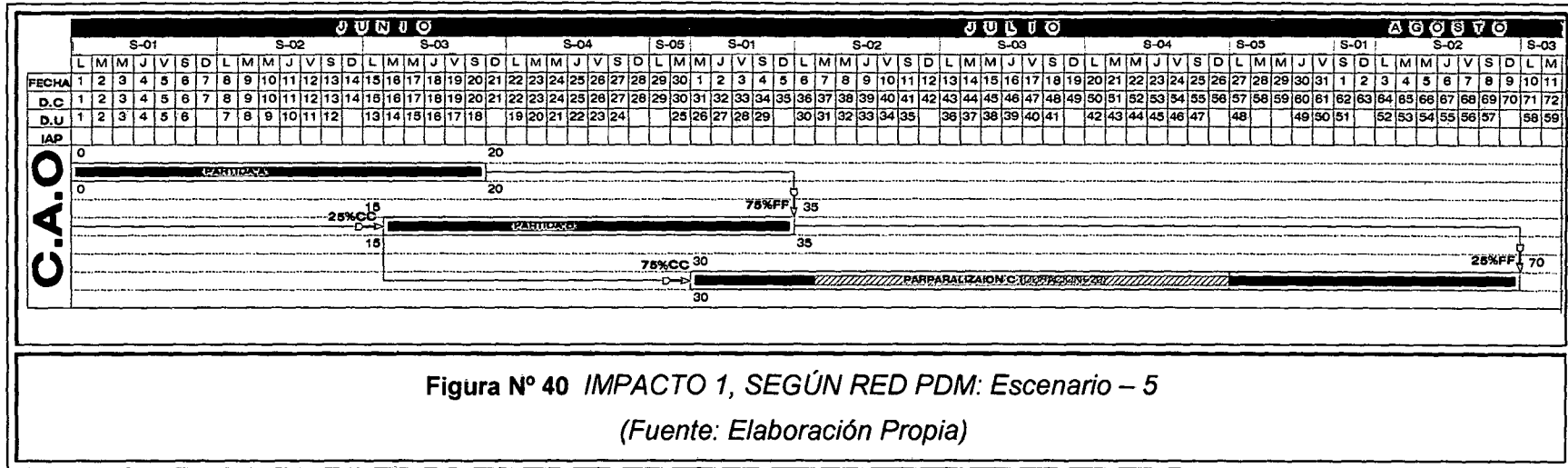


Figura N° 40 IMPACTO 1, SEGÚN RED PDM: Escenario – 5
 (Fuente: Elaboración Propia)

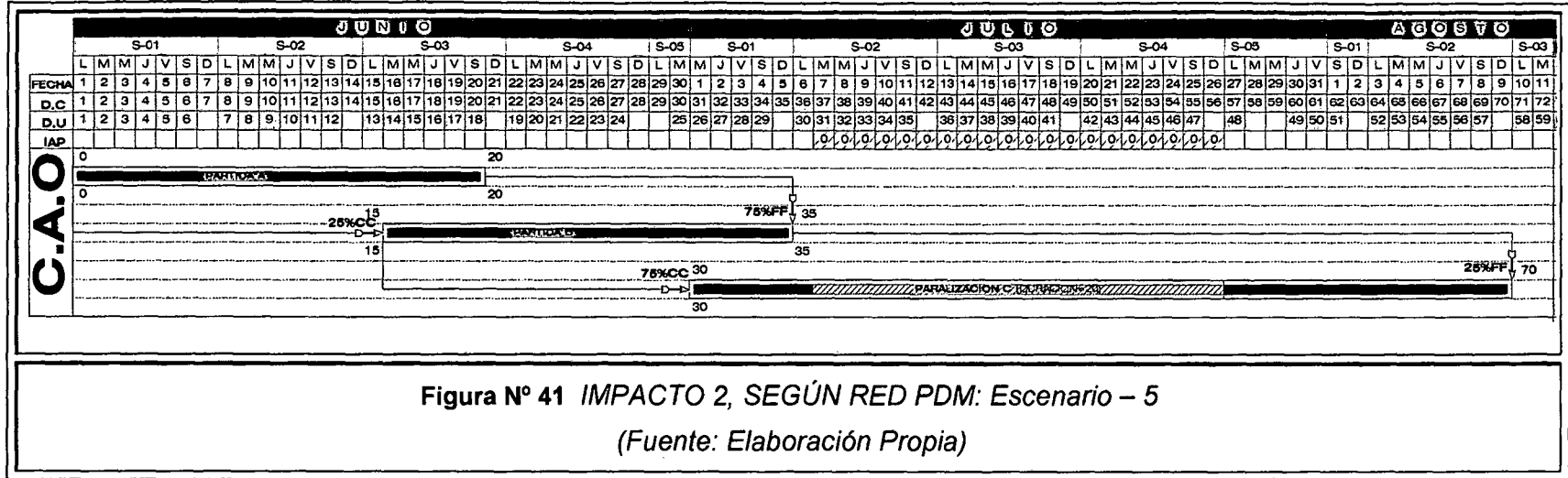


Figura N° 41 IMPACTO 2, SEGÚN RED PDM: Escenario - 5
 (Fuente: Elaboración Propia)

4.6.1.3 RED DE PRECEDENCIAS DE OBRA ACTUALIZADO POR PARALIZACIÓN.

Analicemos ahora como una paralización afecta el programa de ejecución de obra (contractual o vigente), recordando además que este calendario lineal de doble entrada, en el cual el tiempo ocupa el eje horizontal y las partidas a realizar en el eje vertical es graficada según el método ASAP (Tan Pronto como sea Posible).

Ver Figura N° 42.

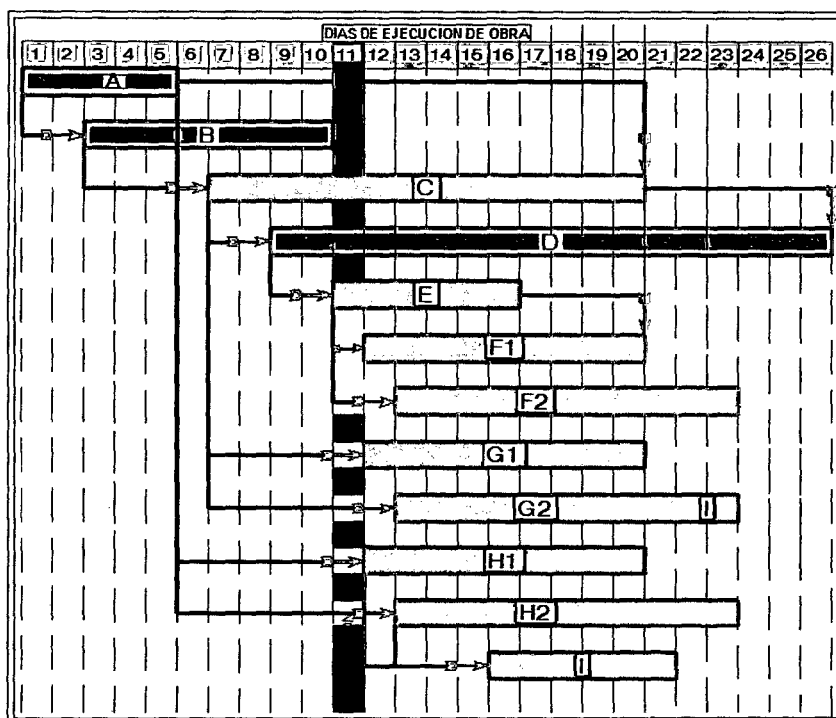


Figura N° 42 Paro Regional según el C.A.O.
(Fuente: Elaboración Propia)

Por lo general, podemos mencionar que las posiciones de las partidas con respecto a la ocurrencia del evento de paralización recaen en aproximadamente cuatro (4) clasificaciones con las numerosas variantes posibles dentro de cada categoría:

- ❖ Partidas cuya ocurrencia programada están completamente a la izquierda del evento paralización, por ejemplo: “partida A”, “partida B”.
- ❖ Partidas cuyo primer día de ocurrencia programada coincide con el día del evento paralización, por ejemplo: “partida E”.
- ❖ Partidas en la cual a partir de su segundo día de ocurrencia programada coinciden con el evento paralización, por ejemplo: “partida C”, “partida D”.
- ❖ Partidas con ocurrencia completamente a la derecha del evento paralización, en la gráfica anterior: “partida F1”, “partida F2”; “partida G1”, “partida G2”; “partida H1”, “partida H2”, “partida I”.

Ver Figura N° 42.

La actualización del calendario de avance de obra se elabora teniendo en cuenta el aspecto técnico-legal vigente.

4.6.1.3.1 TIEMPOS ACTUALIZADOS DE LAS PARTIDAS CUYA OCURRENCIA PROGRAMADA VIGENTE ES ANTERIOR AL DIA DE INICIO DE LA PARALIZACION.

En virtud a lo señalado por el RLCE en el Artículo 205.- Durante la ejecución de la obra, el contratista está obligado a cumplir los avances parciales establecidos en el calendario de avance de obra vigente, en caso de retraso injustificado la reprogramación por única vez corresponderá al N.C.A.A.O (con la que se debe garantizar el cumplimiento de la obra dentro del plazo previsto), en tal sentido todo lo que queda a la izquierda de la fecha de inicio de la paralización en el diagrama gannt (ASAP) debe congelarse en sus fechas de inicio antes vigentes y sin holguras.

Se distingue que la norma vigente exige que el contratista debe seguir al pie de la letra el programa de ejecución de obra presentado como requisito para la firma del contrato. En virtud a ello todas las partidas críticas deben ejecutarse en sus fechas programadas, pudiendo retrasarse o extenderse respecto a su fecha de inicio temprano y dentro de su margen de demora permisible las partidas no críticas, estos a su vez tendrán el dato de fecha de inicio conocida en la fecha de actualización. Razón por la cual corresponde volverlos estáticos bajo esas condiciones para evitar posterior modificación injustificada por las partes.

4.6.1.3.2 TIEMPOS ACTUALIZADOS DE LAS PARTIDAS SUBORDINADAS CUYA OCURRENCIA PROGRAMADA VIGENTE EN UNO DE SUS DIAS COINCIDE CON EL DIA DE PARALIZACION O ESTAN COMPLETAMENTE A LA DERECHA DE ESTA.

El artículo 201° del RLCE, señala que la red de programación antes vigente, se actualiza, considerando para ello solo las partidas que se han visto afectadas por la causal de Paralización válida.

El intervalo de fecha de paralización en una partida interceptada por el día de inicio de paralización se considerará como un tramo no productivo de la barra, modelándose en la misma como un incremento de duración equivalente al número de días que duró la paralización.

A la casilla, carga de trabajo programado para 1 día, en una partida que realmente estuvo paralizada, le rebajamos su carga de trabajo y esta la traspasare al primer día de holgura total de esa partida no critica, si la partida es crítica necesariamente se concederá 1 día que es igual al tiempo perdido.

Repetiré el proceso del punto anterior con la siguiente partida afectada, según el orden de prelación de su código EDTS, y así sucesivamente, día a día hasta que haya cesado la causal de paralización y sus efectos válidos, realizando cuantos barridos del calendario o iteraciones tantas veces como días de paralización existieron.

En consecuencia, introduciendo la paralización en la red de programación primitiva obtendremos la PROGRAMACIÓN IDEAL CON EFECTOS DE PARALIZACIÓN.

El único suceso antecesor para que varíe La(s) ruta(s) crítica(s) es que aparezca una nueva ruta crítica, y esta no aparecerá mientras no se agote la holgura de al menos una partida no crítica.

Analizando las casuísticas de la posición en la cual el día de inicio de paralización intercepta a una partida programada se puede distinguir dos casos bien definidos: intercepta a la partida programada en su primer día o a partir de su segundo día.

Si la fecha de inicio de paralización intercepta a la partida en su primer día de ejecución programada, según el calendario de ejecución la partida será postergada hasta el día siguiente de cuando cese la causal y sus efectos de paralización (primer día de reinicio de ejecución de obra).

Para distinguir de manera contundente, el lapso de paralización, se generara en la partida un tramo no productivo con nombre "paralización n" y con duración igual al número de días que duró la paralización.

La partida postergada se iniciara en el instante de finalización de la paralización. Ver Figura N° 43.

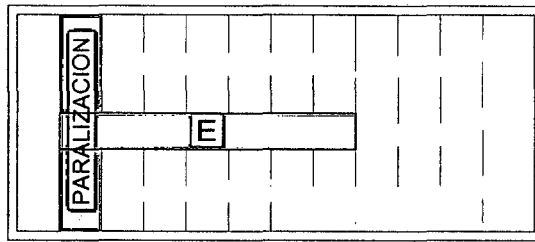


Figura N° 43 Paro Regional según el C.A.O.

(Fuente: Elaboración Propia)

Si La fecha de inicio de paralización intercepta a la partida a partir de su segundo día de ejecución programada, según el calendario de ejecución entonces la partida quedará dividida en dos partes: el primer tramo que queda completamente a la izquierda del día de inicio de paralización y con duración comprendida desde el día de inicio programado o nuevo inicio desplazado dentro de su holgura, hasta la fecha de inicio del día de la paralización. Para la fecha de actualización ya es un dato conocido el inicio de las partidas que debieron iniciarse según el CAO, incluso el de las partidas no críticas.

De la misma manera el segundo tramo con duración remanente de la partida deberá iniciar su producción en el instante de finalización de la “paralización n” sin postergación. Ver Figura N° 44.

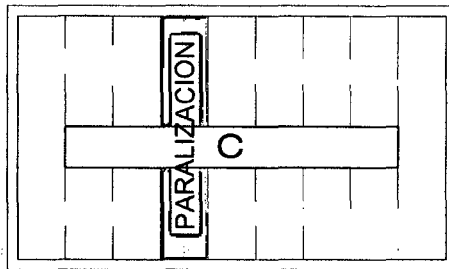


Figura N° 44 Paro Regional según el C.A.O.
(Fuente: Elaboración Propia)

Ante la imposibilidad de ejecución durante la paralización de las partidas que han sido afectadas, el Contratista tendrá que culminar lo pendiente de las partidas afectadas en un plazo equivalente a la duración de la paralización, las que serán contados a partir del cese de los efectos de la causal de paralización. Ver Figura N° 45.

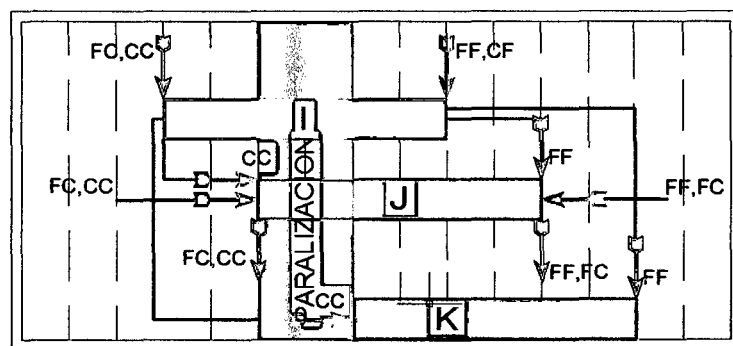


Figura N° 45 Paro Regional según el C.A.O.
(Fuente: Elaboración Propia)

Cuando se acepta una actualización de la red de precedencia de obra por parte de la entidad, implícitamente se aceptan todas las

consecuencias en la red PDM de obra originadas por esta actualización.

4.6.1.3.2.1 REPERCUSIÓN DE LA PARALIZACIÓN EN EL CAO VIGENTE.

Como se mencionó, si la causal de ampliación de plazo afecta paralizando la obra entonces se modelara este efecto en la Partida Como un incremento de duración equivalente al número de días que duró la paralización, independiente si la paralización ocurrió en su primer día o a partir de su segundo día de ejecución. En la red de precedencias podríamos tener partidas de producción o actividades no productivas como periodos de fraguado o plazos administrativos, así como interdependencias en función de la producción ejecutada y/o pendiente o simplemente dependiente de que transcurra exclusivamente un lapso determinado independiente de la producción realizada, Luego en la Planificación de la producción las relaciones dinámicas son función de la producción. La extensión, por compensación, en la duración de las partidas afectadas por la paralización manteniendo los valores de producción, conllevara la modificación de las unidades producidas por unidad de tiempo de las partidas involucradas, y consecuentemente el efecto que la relación entre ellas produce. Ver Figura N° 46.

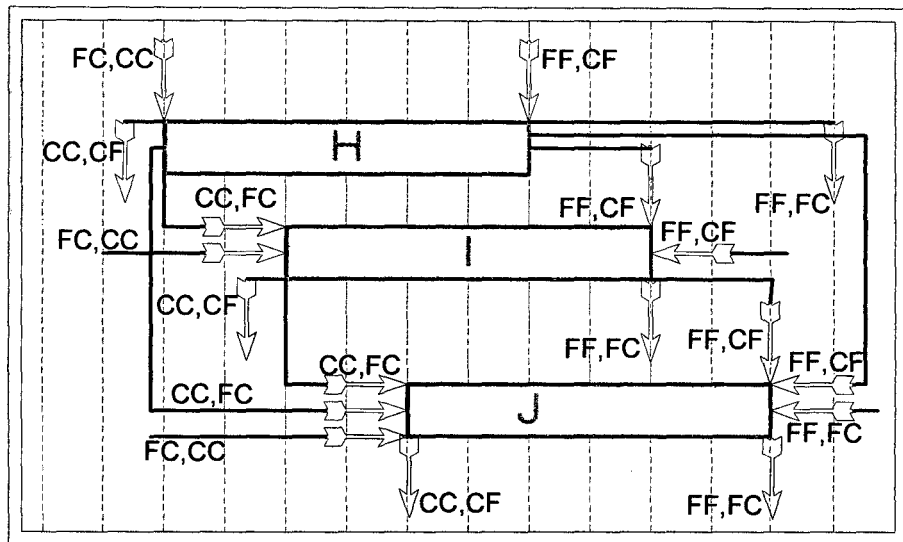


Figura N° 46 Condición general de una partida I.

(Fuente: Elaboración Propia)

4.6.1.3.2.2 NORMATIVIDAD VIGENTE APLICABLE.

La Ley de contrataciones con el estado (LCE) aprobado mediante decreto legislativo N° 1017 y sus modificaciones mediante el decreto supremo N°138-2012-EF, obliga que la red PDM de obra mal llamado PERTCPM se actualiza considerando para ello solo las partidas que se han visto afectadas en el penúltimo párrafo (literal 201.6), del artículo N°201.

Así mismo en el decreto supremo N°138-2012-EF, en el primer párrafo (literal 205.1), del artículo N°205, señala que durante la ejecución de la obra, el contratista está obligado a cumplir los avances parciales establecidos en el calendario de avance de obra vigente.

En la DIRECTIVA N° 01-2011-EF/68.01 en el Art. 25: Ejecución del proyecto refiere:

25.1. La ejecución de un PIP sólo podrá iniciarse, si se ha realizado el registro a que se refiere el Artículo 24.4 (Formato - 15); que informa consistencia entre el expediente técnico y el estudio de pre inversión, en los aspectos de: Objetivo, Monto, Localización, Alternativa de solución, Metas asociadas a la capacidad de producción del servicio, Tecnología de producción, Plazo de ejecución, Fórmulas de reajuste de precios, y Modalidad de ejecución.

25.2. El cronograma de ejecución debe basarse en el cronograma previsto en los estudios de preinversión, a fin que el proyecto genere los beneficios estimados oportunamente, para ello programarse los recursos presupuestales necesarios.

25.3. Durante la ejecución del proyecto, la UE deberá supervisar permanentemente el avance del mismo, verificando que se mantengan las condiciones y parámetros establecidos en el ET y el cronograma previsto.

Es responsabilidad de la UE informar oportunamente sobre cambios que se den en el PIP en la Fase de Inversión a los órganos que correspondan.

Por otra parte, las normas del SNIP tampoco regulan específicamente el tema de ampliaciones de plazo en los proyectos por administración directa , solo indica en el artículo 26° ítem 26.2 que el cambio del plazo de ejecución es una modificación no sustancial. Es decir, señala que se puede hacer tales

modificaciones pero no regula los términos detallados de los cambios a realizar.

En términos generales para una partida "I" se tiene relaciones o enlaces que llegan y relaciones o enlaces que salen y es la que en algunos casos vamos a corregir, dependiendo del impacto de la paralización sobre estas. Ver Figura N° 47.

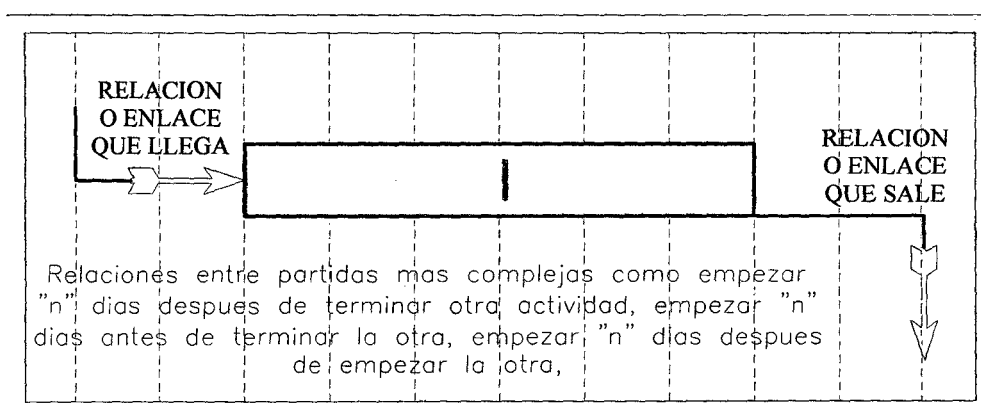


Figura N° 47 Paro Regional según el C.A.O.

(Fuente: Elaboración Propia)

Se añadirá el impacto del hecho generador de la demora no imputable al contratista en la red PDM de obra al realizar una primera pasada desde el nudo origen hasta el nudo final determinándose al mismo tiempo para cada nudo (partida) de ser el caso: relación que llega al nudo actualizada, relación que sale del nudo actualizada, duración actualizada.

Una vez obtenida la fecha de término del plazo final, se retrocede calculando las fechas más tardías para cada nudo con las relaciones actualizadas.

4.6.1.3.2.3. ACTUALIZACIÓN DE LA RELACION DOMINANTE QUE LLEGA EN LA PARTIDA PARALIZADA.

Una vez realizada la inclusión de la paralización en la partida afectada de la red de precedencias de Obra antes vigente, procederé a la actualización de su relación dominante que llega a la partida con efectos de la paralización.

Las que serán las nuevas relaciones que llegan a la partida paralizada.

Para ello Parto del tiempo de inicio temprano programado para la partida afectada que estamos obligado a cumplir según la normatividad vigente y analizo la variación del tiempo de inicio que se genera luego del recalcu de la red considerando como única variante la nueva duración de la partida con paralización.

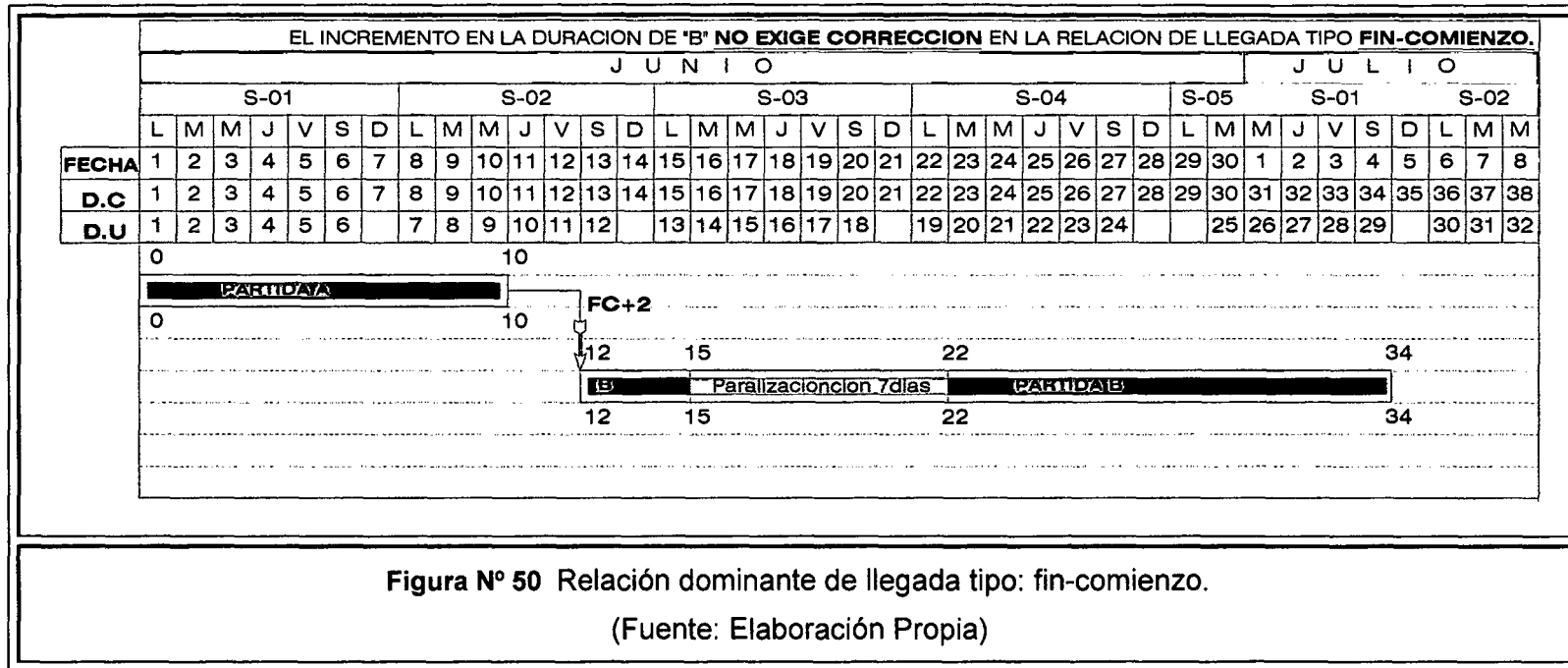
El tiempo de inicio puede resultar menor, igual o mayor que la que se tenía antes del impacto de la paralización en la red de precedencias de obra antes vigente, dependiendo de esta condición se realizara la corrección de la relación dominante de llegada, es decir se ejecutara el bucle Prueba-error-corrección de error.

Las posibles modificaciones en las relaciones dinámicas, que puedan aparecer son compatibles con las iniciales que hemos obligado a mantener.

En consecuencia, conociendo la variación del tiempo de inicio de una partida paralizada al recalcular la red de programación primitiva considerando como única variante la nueva duración de la partida con paralización obtendremos las nuevas relaciones que llegan a la partida antes afectada.

Ver Figuras N°: 48, 49, 50.





4.6.1.3.2.4. ACTUALIZACIÓN DE LAS DURACIONES E INTERRELACION DE DOS PARTIDAS, QUE NO SE ENCUENTRAN COMPLETAMENTE A LA IZQUIERDA DEL DÍA DE INICIO DE LA PARALIZACIÓN.

Una red de precedencia dinámica responde con absoluto dinamismo ante una paralización, evitando el problema que ocurre cuando una partida crítica comienza a extenderse y esta variación NO tiene efecto en la distribución de tiempos de finalización del proyecto (lógica incompleta).

- ✓ ***Tiempos actualizados de una partida subordinada que se encuentra completamente a la derecha del día de inicio de la paralización y cuyo origen de la relación precedente dominante es una partida dominante en la que uno de sus días de ocurrencia programada coincide con el día de inicio de la paralización.***

Una vez realizada la inclusión de la paralización en la partida directamente afectada de la red de precedencias de Obra antes vigente, procederé a la actualización de su relación de salida con efectos de paralización. La que será la nueva relación dominante que sale de la partida paralizada hacia la partida con barra completamente a la derecha del día de inicio de la paralización.

Para ello Parto del tiempo de inicio temprano programado para la partida que estuvo completamente a la derecha del día de inicio de la paralización, inicio que estamos obligado a cumplir según la normatividad vigente, y analizo la variación del tiempo de inicio que se genera luego del recalcu de

la red considerando como única variante la nueva duración que incluye la duración de la paralización de la partida dominante en la que uno de sus días de ocurrencia programada coincide con el día de inicio de la paralización.

El tiempo de inicio puede resultar, dependiendo del tipo de relación de producción: menor, igual o mayor que la que se tenía antes del impacto de la paralización en la red de precedencias de obra antes vigente, dependiendo de esta condición se realizara la corrección de la relación dominante de llegada, es decir se ejecutara el bucle Prueba-error-corrección de error.

Las posibles modificaciones en las relaciones dinámicas, que puedan aparecer son compatibles con las iniciales que hemos obligado a mantener.

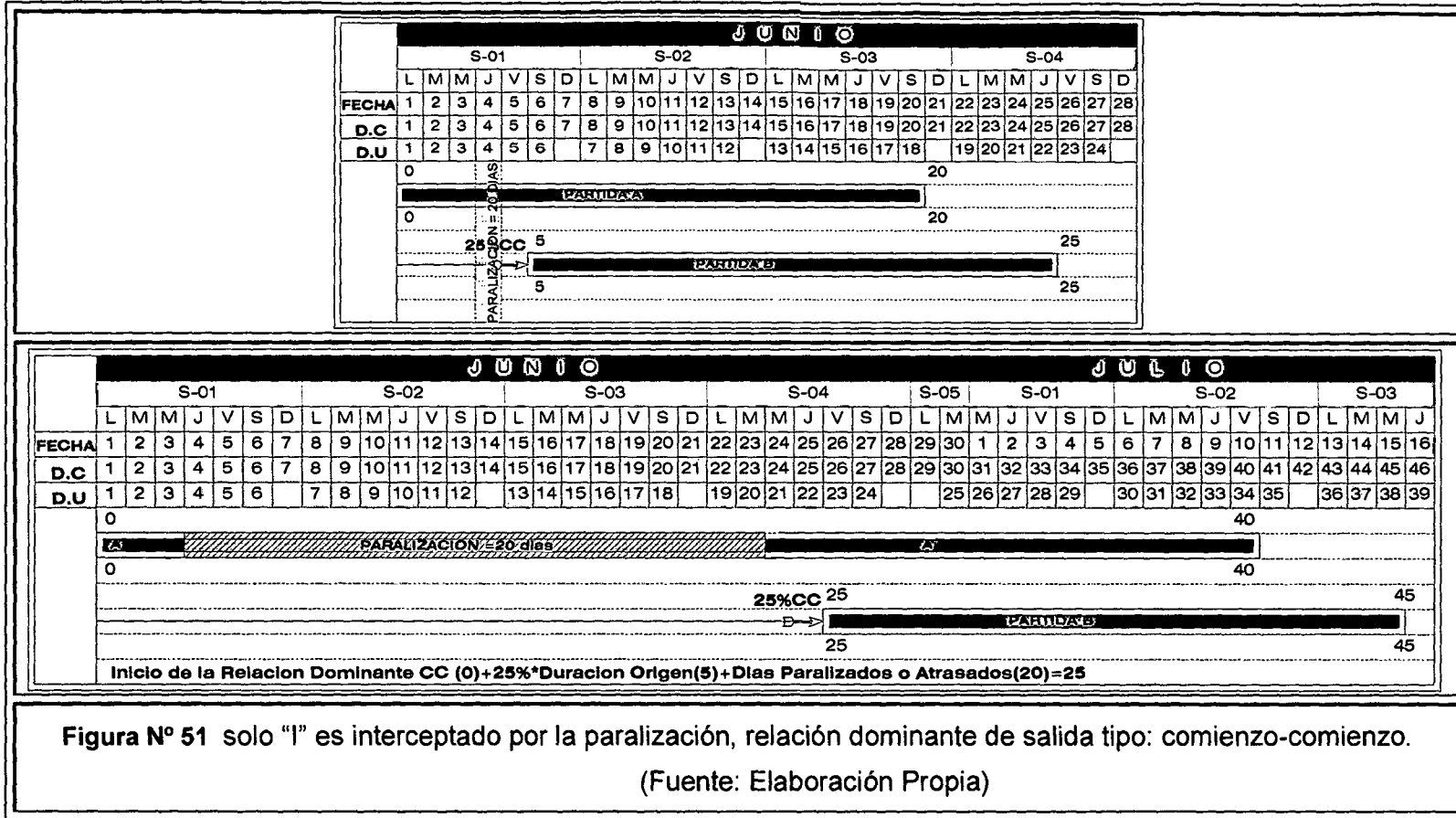
En consecuencia, conociendo la variación del tiempo de inicio de una partida que se encuentra completamente a la derecha del día de inicio de la paralización y cuyo origen de la relación precedente dominante es una partida dominante en la que uno de sus días de ocurrencia programada coincide con el día de inicio de la paralización obtenida al recalcular la red de programación primitiva considerando como única variante la nueva duración de la partida con paralización obtendremos las nuevas relaciones que salen de la partida y llegan a la partida que se encuentra Completamente a la derecha del día de inicio de la paralización.

La variación en la duración de la partida no afectara a la duración final del proyecto, mientras que este incremento de duración este dentro o que sea igual a la holgura total de la partida.

Por lo que respecta a las holguras, las variaciones en las mismas, no afectaran a la duración de la programación inicial, mientras que en ningún caso se supere la holgura total de la partida.

Por lo que respecta al camino o caminos críticos iniciales, podrían sufrir variaciones y hasta incluso aparecer nuevos caminos.

Según las relaciones de producción el espectro de posibilidades es factible para los cuatro (04) tipos de relación de producción dominante comienzo-comienzo; fin-fin; comienzo-fin o fin-comienzo. Además un atraso afecta sobre una partida bien. Ver Figuras N°: 51, 52 y 53.



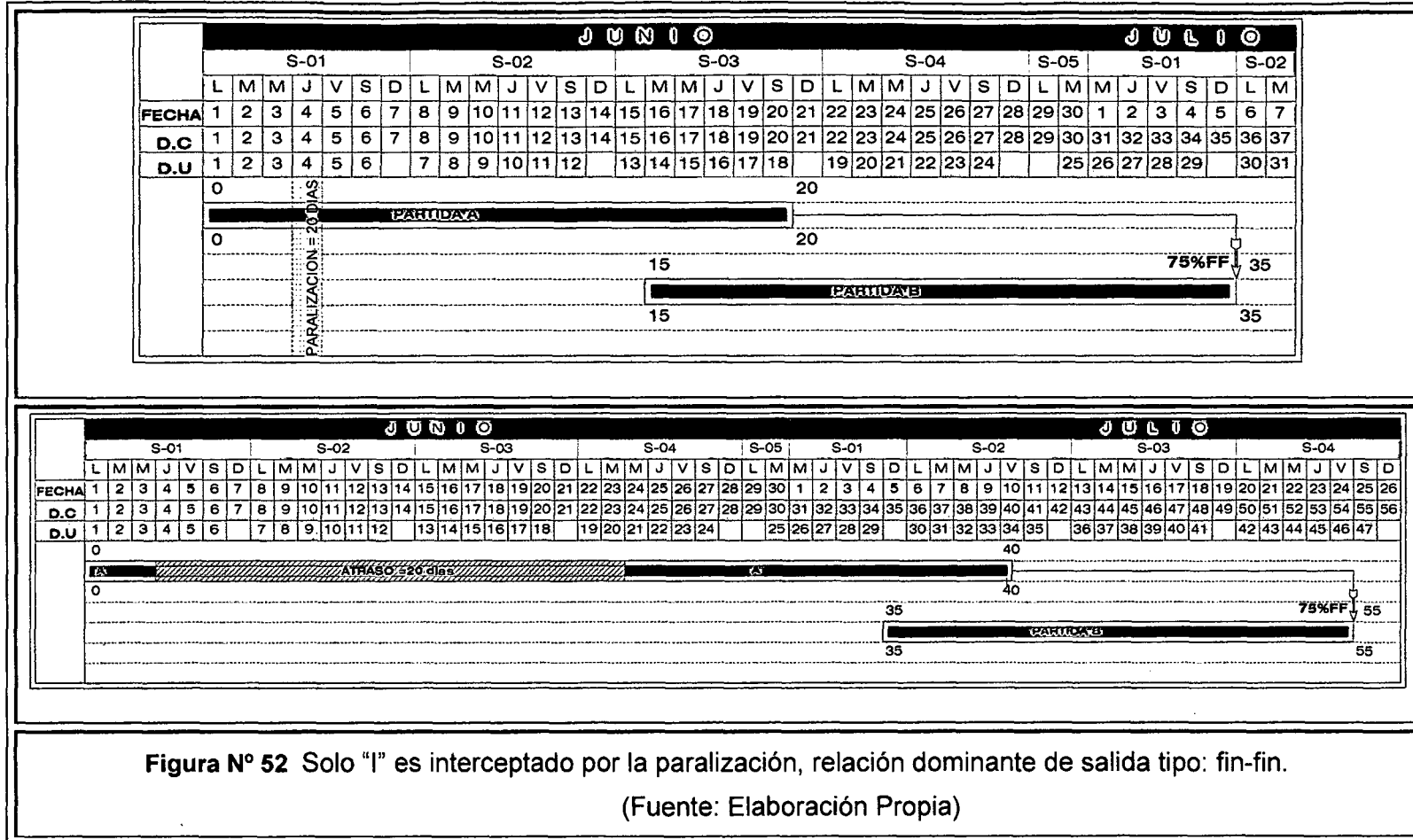


Figura N° 52 Solo "I" es interceptado por la paralización, relación dominante de salida tipo: fin-fin.

(Fuente: Elaboración Propia)

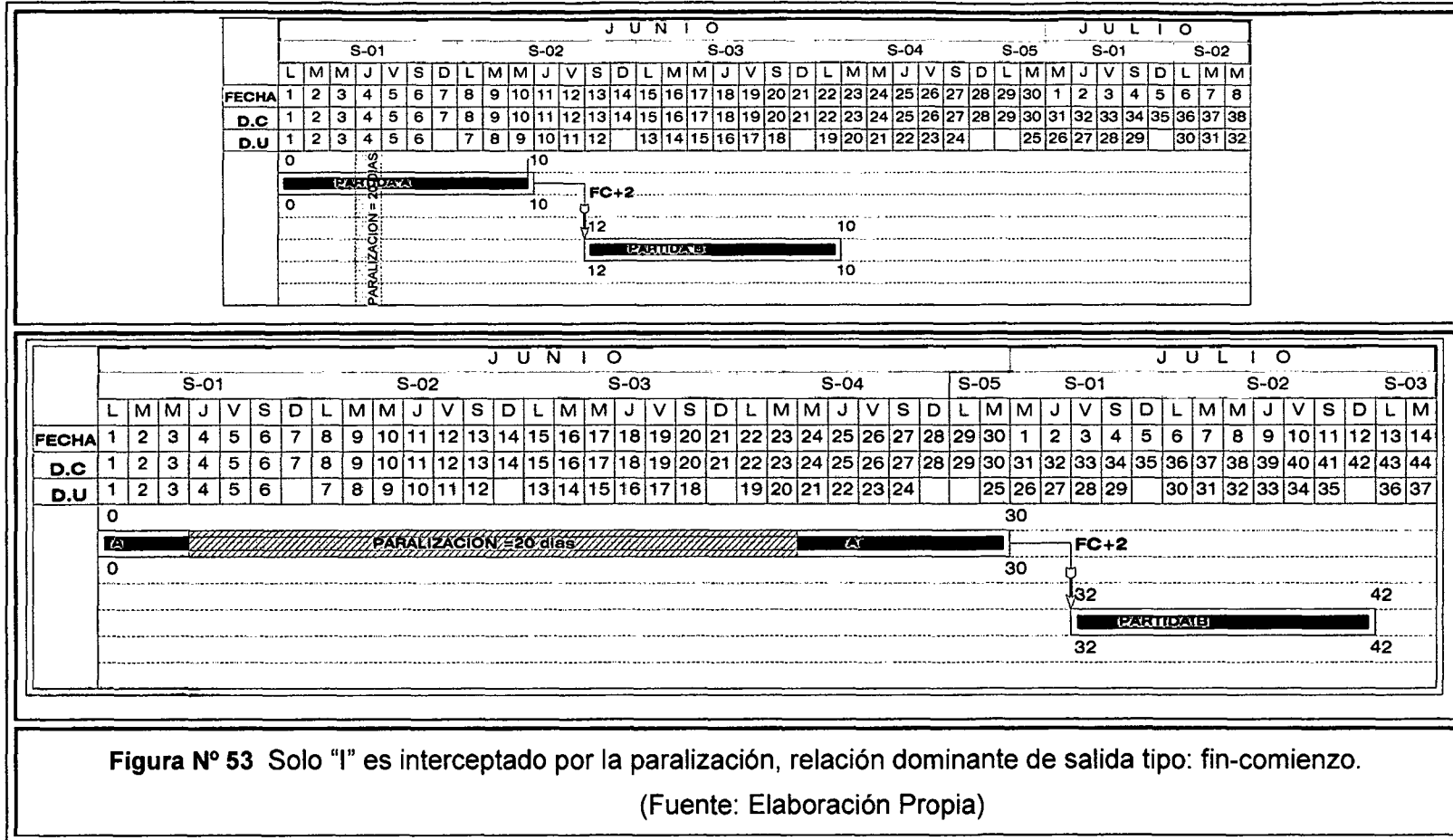


Figura N° 53 Solo "I" es interceptado por la paralización, relación dominante de salida tipo: fin-comienzo.

(Fuente: Elaboración Propia)

- ✓ ***Tiempos actualizados de una partida subordinada en la que esta y su precedente de relación dominante coinciden en uno de sus días de ocurrencia programada con el día de inicio de la paralización.***

Una vez realizada la inclusión de la paralización en la partida directamente afectada de la red de precedencias de Obra antes vigente, procederé a la actualización de su relación de salida con efectos de paralización. La que será la nueva relación dominante que sale de la partida paralizada hacia la partida subordinada el cual también en uno de sus días de ocurrencia programada coincide con el día de inicio de la paralización.

Para ello parto del tiempo de inicio temprano programado para la partida subordinada, inicio que estamos obligado a cumplir si la paralización sucede a partir del segundo día de ocurrencia programada, si el comienzo de la paralización coincide con el primer día de ocurrencia programada de la partida subordinada este inicio será postergada hasta el día siguiente del cese de la paralización, para cumplir la normatividad vigente, se debería analizar la variación del tiempo de inicio que se genera luego del recalcu de la red considerando como única variante la nueva duración que incluye la duración de la paralización de la partida dominante.

El tiempo de inicio puede resultar, dependiendo del tipo de relación de producción: menor, igual o mayor que la que se tenía antes del impacto de la paralización en la red de precedencias de obra antes vigente, dependiendo de esta condición se realizara la corrección de la relación dominante que

llega a la partida subordinada, es decir se ejecutara el bucle Prueba-error-corrección de error, por cada día de paralización.

Las posibles modificaciones en las relaciones dinámicas, que puedan aparecer son compatibles con las iniciales que hemos obligado a mantener.

En consecuencia, conociendo la variación del tiempo de inicio de una partida subordinada obtenida al recalcular la red de programación primitiva considerando como única variante la nueva duración de la partida con paralización obtendremos las nuevas relaciones que salen de la partida dominante y llegan a la partida subordinada.

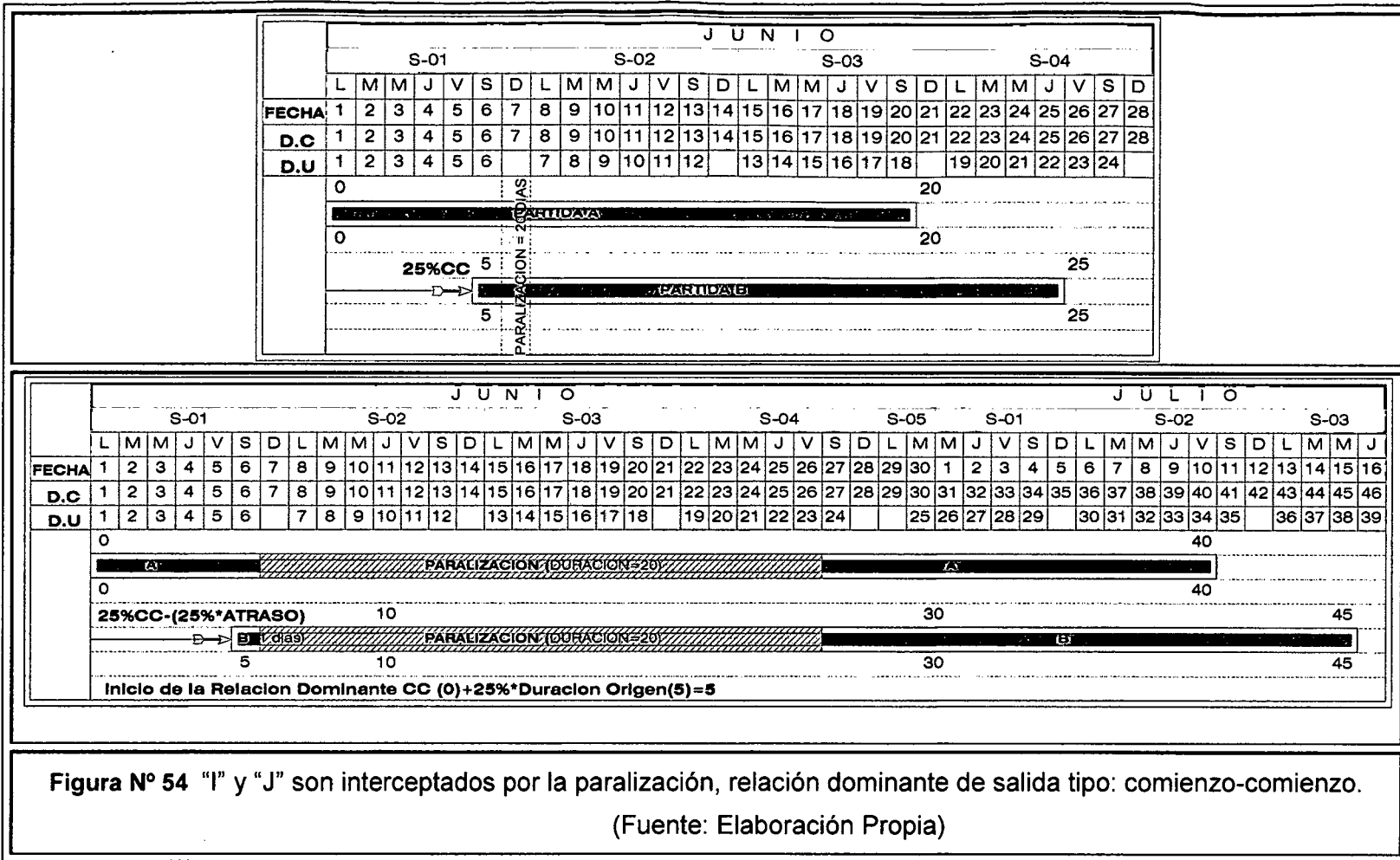
La variación en la duración de la partida no afectara a la duración final del proyecto, mientras que este incremento de duración este dentro o que sea igual a la holgura total de la partida.

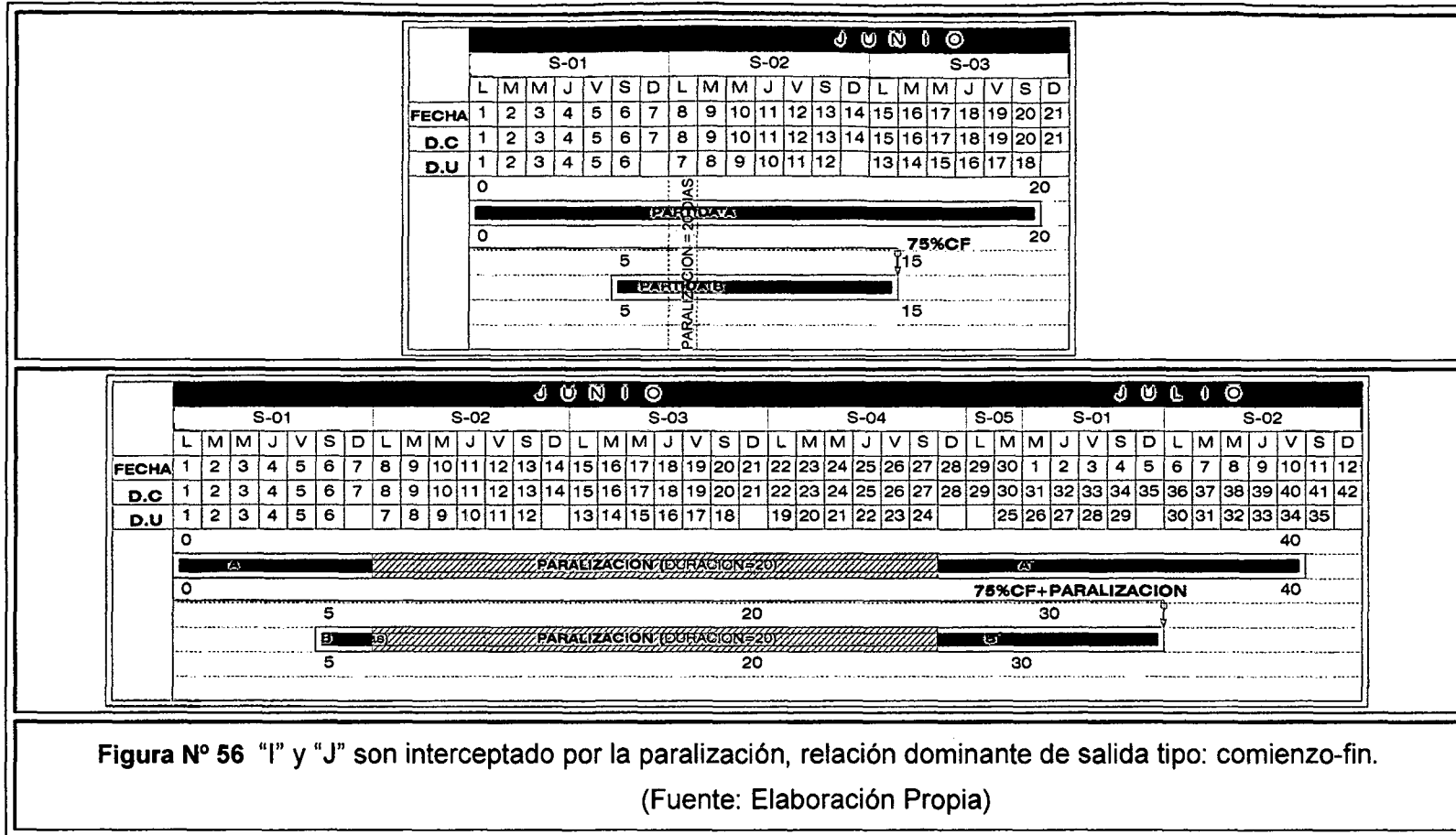
Por lo que respecta a las holguras, las variaciones en las mismas, no afectaran a la duración de la programación inicial, mientras que en ningún caso se supere la holgura total de la partida.

Por lo que respecta al camino o caminos críticos iniciales, podrían sufrir variaciones y hasta incluso aparecer nuevos caminos.

Niveles de producción independientemente si depende de una partida que sufrió atraso o de las partidas que quedan a la izquierda o de las partidas que son interceptados por atraso pero que no afecto el atraso y que no están interrelacionadas con la partida o partidas a las que afecto la paralización.

Según las relaciones de producción el espectro de posibilidades es factible para tres (03) tipos de relación de producción dominante comienzo-comienzo; fin-fin; comienzo-fin. Ver Figuras N°: 54, 55 y 56.





- ✓ **tiempos actualizados de una partida subordinada que se encuentra completamente a la derecha del día de inicio de la paralización y cuyo origen de la relación precedente dominante es una partida dominante que se encuentra completamente a la izquierda del día de inicio de la paralización.**

Procederé directamente a la actualización de su relación de salida de la partida dominante que se encuentra completamente a la izquierda, la existencia del caso solo es factible dentro del marco de las relaciones de producción dinámica para el tipo de relación Fin-Comienzo.

La interdependencia de tipo Fin-Comienzo relaciona el Instante de finalización de i y de comienzo de j, el cual Es el mismo instante, sin embargo para el caso específico en análisis significa que es una relación de tipo Fin-Comienzo más un desfase de "n" días. Ver Figura N° 57.

Relación corregida = FC + n + Duración de la paralización.

- ✓ ***Tiempos actualizados de una partida subordinada en la que está y la partida dominante de origen de la relación precedente dominante se encuentran completamente a la derecha del día de inicio de la paralización.***

En la Programación de Obra que se presentó para la firma del Contrato (artículo 184 del RLCE), se entiende que cuando se establecieron las duraciones y el tipo de dependencia entre las partidas del proceso constructivo, se analizaron las directivas generales, los prerequisites necesarios para su ejecución y los recursos disponibles para cada uno de las partidas. Así de esta forma la duración normal vendrá determinada por las directrices y el rendimiento de los recursos disponibles, y las dependencias entre las partidas por los prerequisites. Estos prerequisites fueron representados en la secuencia de las partidas como dependencias del tipo: Final-Comienzo, Comienzo-Comienzo, Final-Final o Comienzo-Final.

Como se estableció la verdadera naturaleza de los prerequisites, en la ejecución de obras, es la de determinados niveles de producción necesarios para comenzar o finalizar una determinada partida o que no pueden ser ejecutados mientras no finaliza su precedente.

Así de esta forma, cualquier modificación en los tiempos de ocurrencia de la partida dominante llevara aparejado una modificación implícita en la partida

subordinada, dado que ambos se encuentran completamente a la derecha del día de inicio de paralización.

Ejemplo: Relación dinámica Fin-Comienzo (FC+z):

El caso habitual en el cual queremos desencofrar una estructura de hormigon habiendo transcurrido 28 dias despues de haver culminado el proceso de vaceado del concreto en la estructura. Ver Figura N° 58.

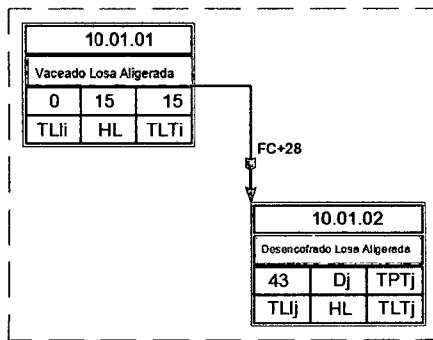


Figura N° 58 : Relación dinámica Fin-Comienzo (FC+z).
 (Fuente: Elaboración Propia)

En este caso la actividad principal es la de vaciar el concreto y la subordinada seria la de desencofrar.

Ejemplo: Relación dinámica Comienzo- Fin (CF+z):

Supongamos que queremos mantener en una obra lineal, una carretera, la jardineria como minimo hasta 1 año despues del inicio del periodo de garantia tras haver entregado la obra al cliente.

Si bien cronologicamente el mantenimiento de la jardineria es anterior a la entrega de la obra, el periodo de garantia es la actividad dominante.

Porque desde que se planta cada una de las especies hay que empezar a mantenerlos, sino estas especies vegetales simplemente no sobrevivirian.

Ver Figura N° 59.

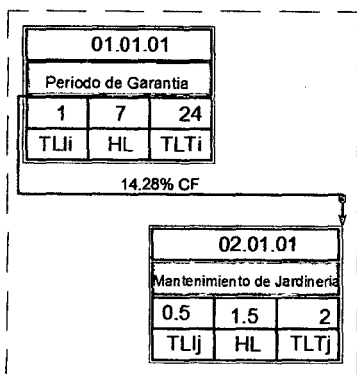


Figura N° 59 : Relación dinámica Comienzo- Fin (CF+z).

(Fuente: Elaboración Propia)

En este caso observamos como la finalizacion del mantenimiento de la jardineria la hemos obligado que sea 1 año despues de haverse iniciado dicho periodo de garantia. En este caso aunque cronologicamente el mantenimiento de la jardineria es anterior a la entrega de la obra, el periodo de garantia es en realidad la actividad dominante.

Responsabilidad del contratista (Art. 50 de la LCE)

El contratista es responsable por la calidad ofrecida y por los vicios ocultos, el plazo de responsabilidad no sera inferior a 07 años, contado desde la

conformidad (recepcion total o parcial). Las bases deben establecer el plazo maximo de responsabilidad.

Ejemplo: Relación dinámica Comienzo- Comienzo (CC+z):

Caso habitual en obras lineales, imaginemos que queremos colocar una tubería despues de haver excavado la zanja en una distancia de 10km. No vamos a realizar toda la excavacion y una vez terminada colocar la tubería, sino que una vez iniciada cierto tramo de excavacion de zanja ya podemos empezar a colocar la tubería. Ver Figura N° 60.

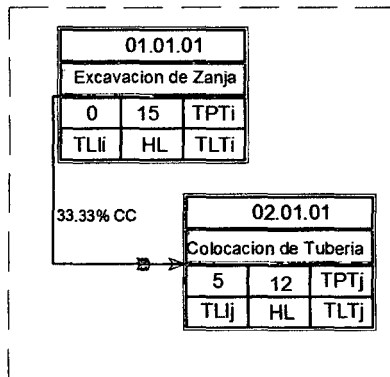


Figura N° 60 : Relación dinámica Comienzo- Comienzo (CF+z).
 (Fuente: Elaboración Propia)

En este caso la colocacion de tubería empezara tras haver transcurrido al menos una p centesima parte de produccion despues de haverse iniciado la actividad excavacion de zanja.

Ejemplo: Relación dinámica Fin - Fin (FF+z):

En este caso podría ser la limpieza final de una obra que podría ser un edificio de 20 plantas, pues no terminara hasta que haya transcurrido z etapas por ejemplo 2 días después de terminado completamente la construcción del edificio. Podríamos empezar a limpiar el edificio de arriba abajo y podría aun incluso estar terminando los últimos detalles de obra de esta edificación. Ver Figura N° 63 61.

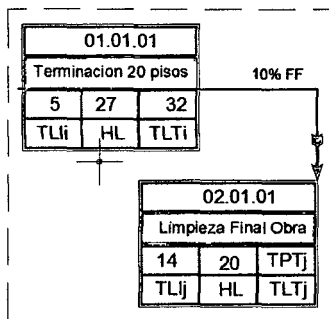


Figura N° 61 : Relación dinámica Comienzo- Comienzo (CF+z).
 (Fuente: Elaboración Propia)

4.6.2 ATRASO DE OBRA

4.6.2.1 CONSIDERACIONES PREVIAS.

Un "atraso" en la ejecución de una obra implica un retraso o retardo en la ejecución de las actividades y/o partidas que forman parte de la misma, sin llegar a constituir una paralización de obra; ello, sin perjuicio de la posible paralización de alguna o algunas de las actividades y/o partidas que forman parte de la obra. (OPINIÓN N° 017-2014/DTN).

En efecto, en un periodo de atraso el contratista continúa ejecutando actividades y/o partidas de la obra pero a un ritmo menor al establecido en el calendario de avance de obra - pudiendo producirse, incluso, la paralización de alguna o algunas actividades y/o partidas -, por lo que continúa valorizando los trabajos que correspondan, incluidos los gastos generales del periodo correspondiente al periodo de atraso.

En el siguiente gráfico, $T_c=O_t_c$ es el tiempo de obra previsto en el contrato, y O_v_c es el presupuesto de la obra. El vector OP representa la obra inicial. Debido a los incumplimientos, el tiempo de ejecución pasa a ser $T_R = O_t_m$, manteniéndose la obra ejecutada O_v_c , siendo el vector OM el que representa la nueva obra, y siendo LP el volumen de obra demorada. Ver figura N° 62.

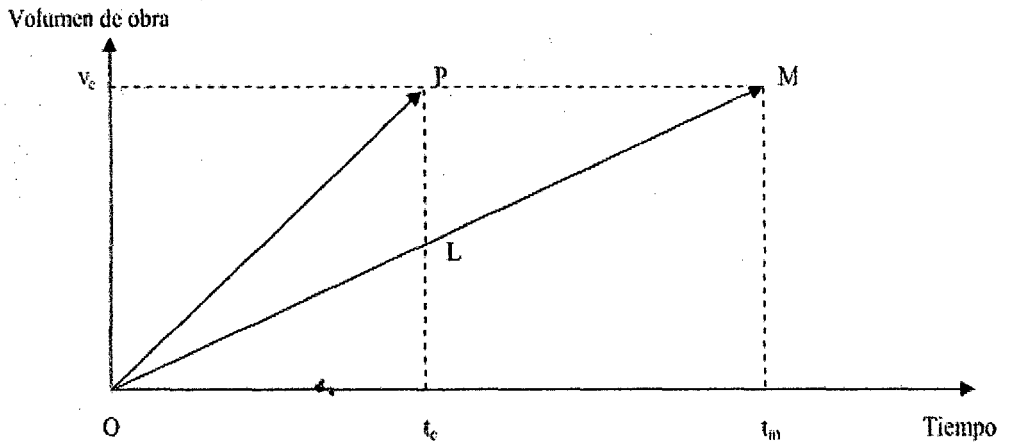


Figura N° 62 Volumen de obra con demora.

(Fuente: Elaboración Propia)

En este caso, a los perjuicios debidos por el atraso en la ejecución de una parte de la obra, se añaden normalmente los debidos a que los trabajos se realicen en condiciones diferentes de las contractuales.

En el contexto de la definición, los atrasos no generan aumento de volumen de obra ejecutada, la variación del plazo se debe únicamente a las alteraciones que los incumplimientos contractuales producen en el ritmo de la obra.

El modelamiento se generara en base a la consideración de cuatro acciones básicas:

- ✓ Se ha efectuado una programación dinámica de todas las partidas ya que como se ha demostrado la lógica de las relaciones dinámicas de producción blindo cualquier variación en la duración (al retraerse o

extenderse) de las partidas con o sin holgura, proporcionando una robustez apta para el dinamismo necesario. Así mismo, para que la red o malla refleje fielmente el modelo que se quiere representar es absolutamente necesario que todas las partidas y/o actividades estén conectadas entre sí, mostrando adecuadamente sus interrelaciones. Por lo tanto la red de programación antes vigente no se puede basar meramente en una serie de fechas en las que se especifique el momento en que se realizaran las tareas, sino que debe tratarse de un sistema dinámico de información que generará válidamente las fechas actualizadas de las partidas, aún ante el impacto de una causal válida de ampliación de plazo.

- ✓ Las partidas son procesos individuales, diferenciados en el espacio y en el tiempo, que han de ser ejecutados de forma continua e intensidad constante con una duración conocida. Precisamente, el PMI recomienda su uso en aquellas tareas que tienen un resultado tangible y que están caracterizadas por un trabajo realizado a una tasa uniforme a lo largo del periodo de realización del mismo.
- ✓ La presentación de la red de programación, estrictamente apegado a las condiciones contractuales, constituye un requisito ineludible para la tramitación de las estimaciones de avance de obra. Lo anterior, tanto para los programas iniciales como para los resultantes de las eventualidades

actualizaciones (demoras no imputables al contratista) o aceleración única (retraso injustificado) que experimenten los mismos.

El artículo 205° del RLCE, señala que durante la ejecución de la obra, el contratista está obligado a cumplir los avances parciales establecidos en el calendario de avance de obra vigente, en caso de retraso injustificado, cuando el monto de la valorización acumulado ejecutada a una fecha determinada sea menor al ochenta por ciento (80%) del monto de la valorización acumulada programada a dicha fecha, el inspector o supervisor ordenara al contratista que presente, dentro de los siete (7) días siguientes, un nuevo calendario que contemple la aceleración de los trabajos, de modo que se garantice el cumplimiento de la obra dentro del plazo previsto, anotando tal hecho en el cuaderno de obra.

La falta de presentación de este calendario dentro del plazo señalado en el párrafo precedente podrá ser causal para que opere la intervención económica de la obra o la resolución del contrato. El nuevo calendario no exime al contratista de la responsabilidad por demoras injustificadas, ni es aplicable para el cálculo y control de reajustes.

Cuando el monto de la valorización acumulada ejecutada sea menor al ochenta por ciento (80%) del monto acumulado programado del nuevo calendario, el inspector o supervisor anotara el hecho en el cuaderno de obra e informara a la entidad. dicho retraso podrá ser considerado como causal de resolución del contrato o de intervención económica de la obra.

El artículo 201° del RLCE, señala que la red de programación antes vigente, se actualiza, considerando para ello solo las partidas que se han visto afectadas por la causal válida de atraso.

- ✓ En general una partida estará atrasado si no se inicia o no continúa en el tiempo estimado o por la extensión de tiempo de la misma, la cual es ocasionada por diversas causas y puede o no afectar otras actividades o el proyecto entero. Si modelamos al porcentaje del día atrasado como un incremento de duración en la misma partida se podrá verificar que los tiempos de las partidas evolucionará necesariamente en la misma dirección ya que los valores de las dependencias son directamente proporcionales a la producción, desapareciendo completamente las tareas críticas inversas y ofreciendo siempre valores correctos para él.

Se debe tener mucho cuidado con la red de precedencias (mal llamado PERT-CPM) y el Calendario de Avance de Obra Valorizado que se entrega a la firma de contrato, porque de su estructura dependerá la procedencia de las ampliaciones de plazo y los atrasos de avance de obra que se pueda incurrir.

Para demostrar los efectos o impacto en los diferentes escenarios dentro de la alternativa atraso, consideremos la siguiente instancia de la obra: "Edificio- Unheval" con relaciones de producción ver Tabla N° 3.

Tabla N° 3 Instancia de tres (03) partidas con relaciones de producción.

Descripción	Duración	Relación con	Tipo de relación	Condición
Partida A	20 días	Inicial	ninguna	ninguna
Partida B	20 días	A	CC	25%
			FF	75%
Partida C	20 días	B	CC	75%
			FF	25%

(Fuente: Basado en Ponz Tienda, José Luis. 2010)

Utilizando el método de precedencias mejorado se calcula el plazo de ejecución contractual mínima de la obra, así como también el nivel de flexibilidad en la programación de los caminos de red lógicos. Ver Figura N° 63.

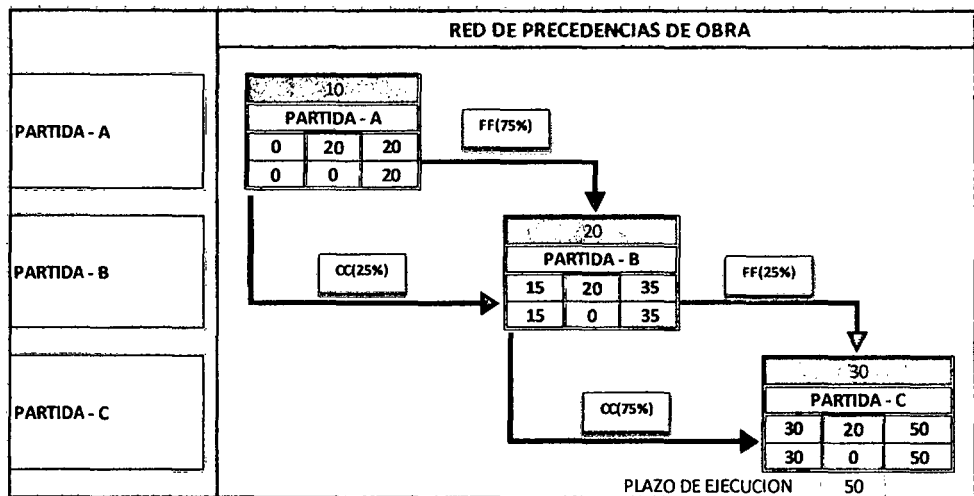


Figura N° 63 PDM para la Instancia.

(Fuente: Elaboración Propia)

Según la teoría de restricciones, un buffer es un amortiguador de tiempo que se coloca en la programación al final de cada partida estratégica. No existe una metodología específica para dimensionar un tamaño de buffer óptimo y así reducir el impacto de la variabilidad en los procesos. A pesar de ello si las partidas se realizan en condiciones diferentes a las contractuales sin lugar a duda podrían generar ampliaciones de plazo.

Así mismo, el rol que desempeña el ingeniero estructural, en obras de edificación, es primordial debido a que la constructabilidad de su diseño afectara a la mayor parte del proyecto. Entre los más afectados tenemos a la planificación, los procedimientos constructivos y, consecuentemente, la productividad global de la construcción. Si el calculista diseña la estructura tomando en cuenta la constructabilidad, esta será construida de manera fácil y rentable, es decir, en forma productiva, además su construcción tomara un tiempo mucho menor al de una estructura que no haya sido diseñada tomando en cuenta el ahorro. Un medio útil para lograrla es la estandarización (de las dimensiones) de los elementos estructurales.

Un criterio práctico, para establecer de dos partidas interrelacionadas cual es la subordinada y cuál es la dominante, es haciéndonos la siguiente pregunta, ¿el cambio de fecha de terminación o comienzo de una partida afecta a la otra?

Si en dos partidas los cambios de una afecta a la otra, la una es la dominante y la otra es la subordinada.

El Calendario de Avance de Obra (C.A.O.). Ver Figura N° 64. Se determina según el Método ASAP (As Soon As Posible: Tan Pronto como sea Posible), es decir se grafican las barras Gantt con las fechas de inicio y termino más temprano(ES y EF respectivamente) de cada partida de la red, las holgura de las partidas no críticas están al final.

Recordar que estos documentos se actualizan a la fecha de inicio del plazo contractual y no pueden ser modificados en su secuencia, enlaces de dependencia y duraciones, además de los avances porcentuales periódicos.

4.6.2.2 INDICADOR DE ATRASO POR PARTIDA.

Existen dos aspectos importantes en el análisis de atrasos. El primero es determinar qué eventos presentados durante la ejecución de obra, ocasionados por la entidad, hecho fortuito o fuerza mayor, han generado un atraso justificable. El segundo aspecto es determinar si ese atraso afecta o no el plazo de ejecución de la obra.

Lo más importante, ante una demora no imputable al contratista, es decidir qué enfoque técnico debe usarse para cuantificar la demora e identificar las partidas afectadas, además de indicar cómo debe generarse un método para su análisis.

Indicador de atraso por partida.

Partamos por definir el indicador de atraso por partida (IAP).

$$IAP = \frac{\text{Avance real con atraso}}{\text{Avance programado vigente}}$$

donde:

- ❖ Avance programado vigente o Rendimiento ofertado: es el trabajo programado para la partida, en una jornada, según el programa de ejecución de obra vigente.

$$\text{Avance Programado Vigente} = \frac{\text{Metrado de la partida afectada}}{\text{Duración contractual de la partida}}$$

- ❖ **Avance Real con Atraso:** es el trabajo realmente ejecutado con las cuadrillas contractuales(N°CC) para la partida en la jornada de atraso.

$$N^{\circ}CC = \frac{\text{Metrado de la partida afectada}}{(\text{Avance Programado Vigente}) * (\text{Duracion contractual de la partida})}$$

Ante un atraso se da uno de los siguientes casos:

- ❖ $0 < IAP < 1$: El trabajo ejecutado debido al atraso no corresponde al trabajo planificado más bien es una fracción de este. Por ejemplo si $IAP=0.5$, el contratista necesitara de $\frac{1}{2}$ día para recuperarse de manera justa del atraso.
- ❖ $IAP = 0$: El generador de atraso fue tal que no permitió la ejecución de la partida. Por ejemplo si $IAP=0$, la causal paralizó la producción de esta partida.
- ❖ $IAP = 1$: No se afectó la producción en la partida debido al atraso. Por lo que no corresponde compensar duración en la misma.

Los dos primeros casos representan señales importantes que gracias a su análisis revelan el nivel de atraso: el primer caso indica que el contratista continúa ejecutando la actividad o partida de la obra pero a un ritmo menor al establecido en el calendario de avance de obra; mientras que en el segundo caso se produce la paralización de la partida.

la construcción es un sistema abierto que se encuentra en constante interacción con su ambiente y que está expuesta a sucesos externos que

puedan afectar de forma tanto positiva como negativa. No obstante, usualmente, los sucesos externos conducen a atrasos en las obras. Para el reglamento de la ley de contrataciones del estado solo constituye un atraso justificado y otorgable de ampliación de plazo si genera, aquellos eventos que no están al alcance del contratista el poder controlarlos.

Las probabilidades de que existan inconvenientes que retrasen el plazo contractual son siempre altas a pesar de contar con un análisis de riesgos.

El IAP diario, deviene de los asientos del cuaderno de obra, la que se determinó en mutuo acuerdo entre el residente y el supervisor de obra.

El método de simulación propuesto examina los efectos de los atrasos en diferentes momentos del proyecto concentrándose en un determinado atraso. La idea es obtener una foto del proyecto antes y otra foto después de ocurrir el atraso de las partidas afectadas en la red PDM de Obra. Para cada atraso se incorpora "impacta" el atraso en la red PDM antes vigente para obtener una nueva fecha de término. La diferencia de las dos fechas de término de las dos Redes PDM es el efecto de este atraso en particular sobre la obra, el mismo que debe ser otorgada como días de ampliación de plazo.

El hecho generador de atraso no imputable al contratista, afecta a una partida de tal forma que el ritmo durante la jornada es menor al establecido

en el calendario de avance de obra, pese a que usen cuadrillas contractuales.

4.6.2.3 ESCENARIOS SINGULARES DE ATRASO.

Si la ejecución, del día a día, no coincide con la programación, luego ante un atraso, las partidas afectadas según el estado real de la obra no corresponderán necesariamente a las partidas que debieron afectarse en ese día según la estructura de la programación de obra. Ver Figura N° 65.

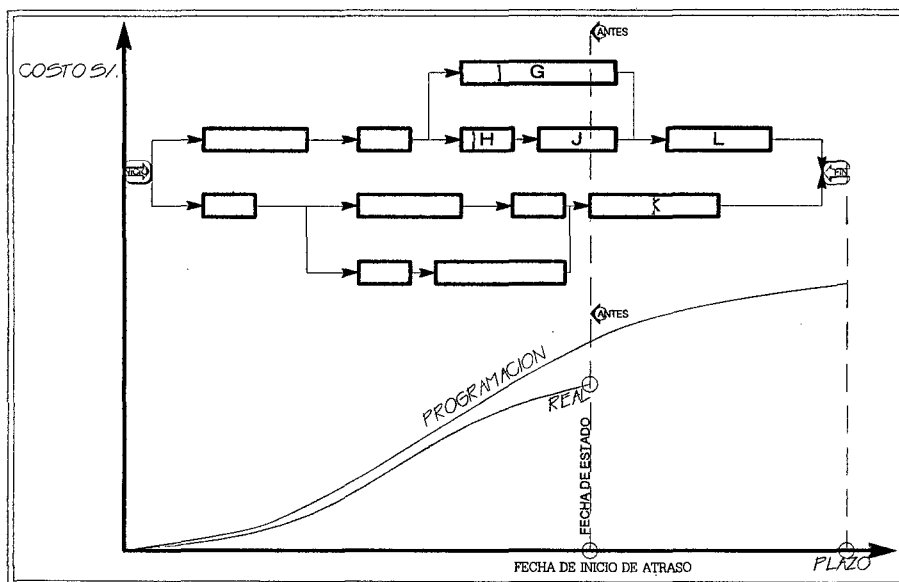


Figura N° 65 Avance en programación y costo planificado.
 (Fuente: Elaboración Propia)

Con un criterio técnico acertado se puede seguir el siguiente procedimiento:

- ✓ Identificar según la estructura del CAO, si la partida atrasada está programado para la fecha de estado, si esto es así, será posible evaluar

el impacto, para la fecha de atraso y en la partida afectada. Por ejemplo la partida "G" del grafico anterior.

- ✓ Si según la programación la partida "H" en ejecución debió culminar con anterioridad, siendo esta la afectada por la causal valida, como última opción identificaríamos si dada la naturaleza de la causal hubiese sido capaz de afectar a otra partida para la fecha de estado, evaluándose el impacto en esta. Por ejemplo en la partida "J" del grafico anterior.
- ✓ Según la flexibilidad de la red de precedencias y mientras que el atraso no supere la holgura disponible de la partida afectada, los recalculos en la red no generaran ampliación de plazo. Podría suceder que a partir de cierto grado de atraso en una partida afectada se logre generar una ampliación de plazo por su afectación en la red PDM.
- ✓ Si la afectación es de manera exclusiva para una partida por su ejecución extemporánea no correspondería evaluar el impacto de los mismos en la red pdm de obra para esa fecha y de esa causal. Ver Figura N° 66.

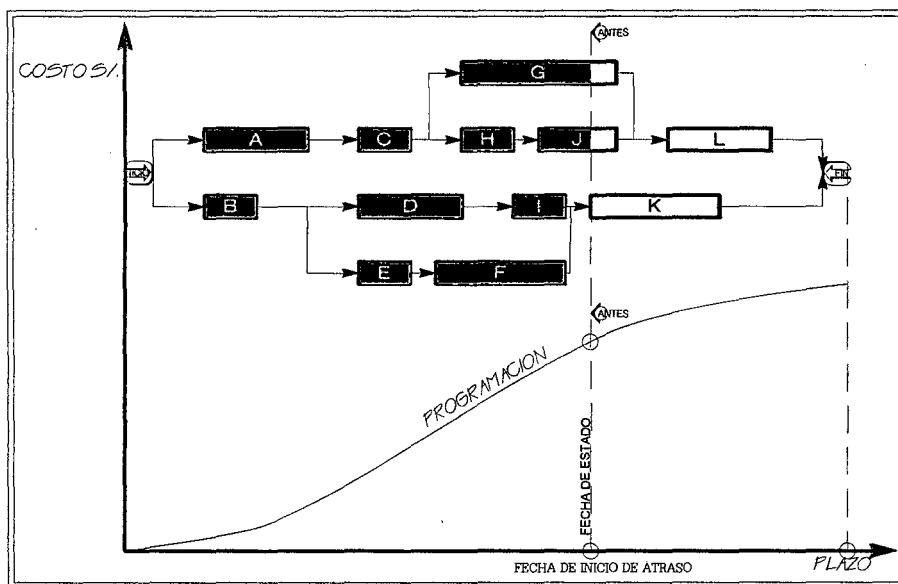


Figura N° 66 Avance en programación y costo planificado.
 (Fuente: Elaboración Propia)

Así mismo si un contratista se encuentra adelantado en la ejecución, habría que esperar la nivelación con la programación para repercutir el impacto, ello en virtud a lo señalado en nuestra norma legal de que el plazo adicional debe resultar necesario para acabar la obra, ya que virtualmente no sería necesario ampliar un plazo si este puede ser compensado numéricamente por los días de adelanto que tiene la obra en su ejecución integral o que el atraso es absorbida por la holgura de la partida atrasada. Este último concepto, de la necesidad real del plazo adicional, es la fuente de posibles controversias. De ello se desprende que el objetivo de la planificación, según RLCE, no es predecir el futuro sino crearlo, diseñando un escenario deseable y creando las condiciones para lograrlo.

El sistema last planner es una herramienta en la cual se cambia la mentalidad tradicional de la utilización del calendario de avance de obra vigente (C.A.O) como un elemento de control y convertirlo en un instrumento que ayuda a que todas las actividades planificadas se cumplan en los tiempos programados.

Sea un proyecto conformado solo por tres (03) partidas, en la que pueden surgir los escenarios singulares de atraso ver Tabla N° 4 y Figura N° 67.

Tabla N° 4 Escenarios singulares de atraso, obra: "EDIFICIO-UNHEVAL".

Escenario Singular	Rango de ocurrencia del día de atraso		Partida directamente Afectada
	Desde (d.c.)	Hasta (d.c.)	
Escenario 1	01.jun.2015	15.jun.2015	Partida A
Escenario 2	16.jun.2015	20.jun.2015	Partida A
Escenario 3	16.jun.2015	30.jun.2015	Partida B
Escenario 4	01.jul.2015	05.jul.2015	Partida B
Escenario 5	01.jul.2015	05.jul.2015	Partida C
Escenario 6	06.jul.2015	20.jul.2015	Partida C

(Fuente: Fuente: Elaboración Propia)

En la tabla anterior se distingue una Muestra de tipo no probabilístico o dirigidas, pues la elección de la fecha de Atraso no dependió del azar o probabilidad, sino de las características de la investigación y del criterio del investigador.

OBRA: "EDIFICIO UNHEVAL."

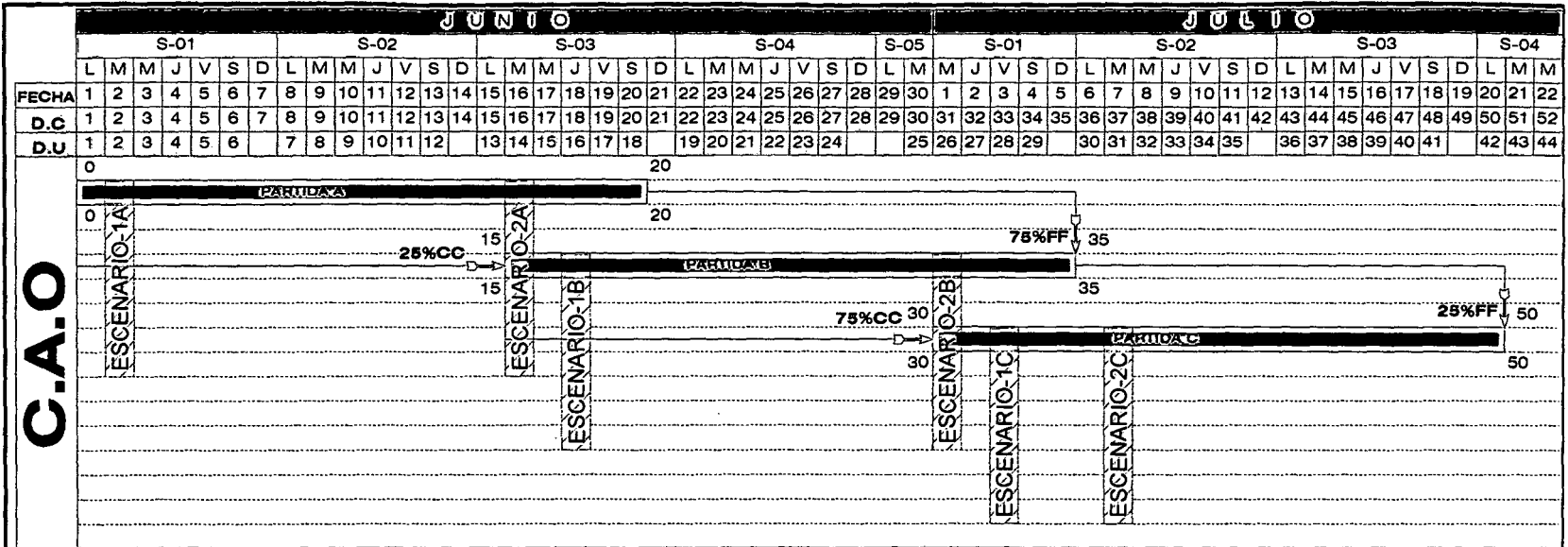


Figura N° 67 Seis escenarios singulares de atraso en el CAO

(Fuente: Elaboración Propia)

4.6.2.3.1. ATRASO SEGÚN ESCENARIO – 1A.

Durante 13 días, la lluvia cayó en el lugar donde se ejecuta una obra, atrasándola. El CAO vigente es el mostrado en la Figura N° 66.

El residente de obra registró, en el cuaderno de obra desde el inicio (Se iniciaron las lluvias), durante (Continuaron las lluvias) y hasta su fin (Concluyeron las lluvias), La ocurrencia de la causal. De los asientos en el cuaderno de obra se obtiene el siguiente espectro de demoras no imputables al contratista ver Figura N° 68.

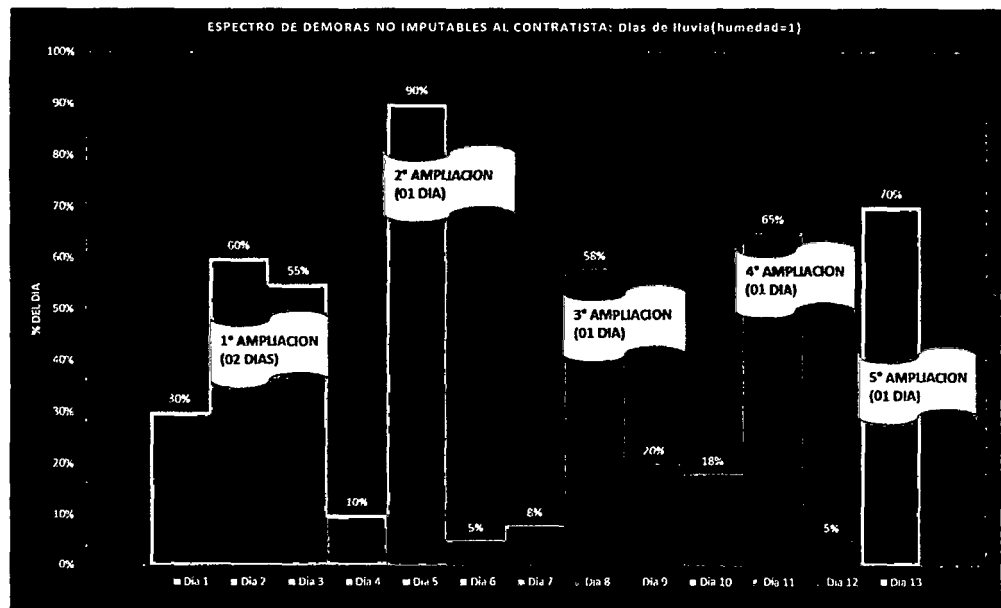


Figura N° 68 Espectro tipo 1.
 (Fuente: Elaboración Propia)

Además el contrato para la ejecución de la obra, establece en una de sus cláusulas que cuando llueva por más del 50% del día, no se podrá continuar

con las labores por ese día, debiendo accionarse conforme a lo dispuesto por la normativa en contrataciones del estado.

“Artículo 201.-Procedimiento de ampliación de plazo.

(...)

Cuando las ampliaciones se sustentan en causales diferentes o de distintas fechas, cada solicitud de ampliación de plazo deberá tramitarse y ser resuelta independientemente (por cada periodo), dependiendo de los hechos planteados en el cuaderno de obra, por lo que se requiere un análisis de razonabilidad.

Como el residente anotó en el cuaderno de obra, como circunstancia que impide continuar con las labores los “días de lluvias” que superen el 50% del mismo, tendríamos que el contratista debería generar hasta cinco (5) solicitudes de ampliación de plazo (acumulando solo seis (6) días de ampliación), independientes ver Tabla N° 5.

Tabla N° 5 Días de lluvia según asientos del cuaderno de obra.

N° días de lluvia	Fecha (d.c.)	% del día con lluvia	Días de ampliación (Partida A Afectada)	N° de Ampliación
Día 1	02.Jun.2015	30%	0	
Día 2	03.Jun.2015	60%	1	01
Día 3	04.Jun.2015	55%	1	
Día 4	05.Jun.2015	10%	0	
Día 5	06.Jun.2015	90%	1	02
Día 6	07.Jun.2015	5%	0	
Día 7	08.Jun.2015	8%	0	
Día 8	09.Jun.2015	58%	1	03
Día 9	10.Jun.2015	20%	0	
Día 10	11.Jun.2015	18%	0	
Día 11	12.Jun.2015	65%	1	04
Día 12	13.Jun.2015	5%	0	
Día 13	14.Jun.2015	70%	1	05
TOTAL DIAS DE LLUVIAS			06	

(Fuente: Elaboración Propia)

En virtud a los artículos N° 200 y N° 201 del reglamento de la ley de contrataciones del estado se procederá a cuantificar y solicitar la ampliación de plazo correspondiente.

a) IDENTIFICACION DE LAS PARTIDAS DIRECTAMENTE AFECTADAS

Según el C.A.O. la única partida directamente afecta es la Partida A, ver Tabla N° 6.

Tabla N° 6 Partida A directamente afecta.

<i>Actividad</i>	<i>Duración</i> (d.c.)	<i>Fecha de inicio</i> <i>contractual</i>	<i>Fecha de Término</i> <i>contractual</i>
<i>Partida A</i>	20	01.Jun.2015	20.Jun.2015

(Fuente: Elaboración Propia)

b) ANALISIS DE LAS PARTIDAS DIRECTAMENTE AFECTADAS Y CÁLCULO DEL IAP.**Tabla N° 7** Análisis de la Partida A afecta.

<i>Actividad</i>	<i>Metrado</i> <i>Contractual</i> (a)	<i>Duración</i> <i>Contractual</i> (b)	<i>Rendimiento</i> <i>Contractual</i> (c)= (a)/ (b)
<i>Partida A</i>	2000 m ³	20 d.c.	100m ³ /día

(Fuente: Elaboración Propia)

La estructura de un pedido formal de ampliación de plazo debe ser afrontada desde dos enfoques diferenciados pero inseparables, un enfoque cualitativo conformada por la solicitud expresa de la prórroga (causal, fecha de inicio, y términos, etc.) y la sustentación de las causales (asiento del cuaderno de

obra, fotografías, informes oficiales, recortes de diarios, etc.) y otro enfoque cuantitativo de la causal, materia de la presente investigación, que se enmarca en la determinación analítica de la cantidad de días de ampliación de plazo.

Se entiende que el acto o evento que origina una extensión de tiempo requerido para la terminación de una obra bajo contrato, debe reflejar en la red de programación como días adicionales de trabajo o inicio tardío de alguna actividad, y pueden o no ocasionar cambios en el alcance del contrato.

Como existe en el contrato de ejecución de obra una cláusula específica para Atrasos por días de lluvia, y dado que las horas de lluvias abarcaban desde el inicio de la jornada, entonces IAP=1 para los "días de lluvias" que superen el 50% del mismo.

c) AMPLIACION DE PLAZO N° 01/Escenario 1:

Atraso en la partida A desde 03.junio.2015 al 04.junio.2015.

El análisis de Atrasos debe realizarse un día a la vez, contabilizando los cambios en las actividades críticas del proyecto. Debido a que los Atrasos pueden afectar actividades con holgura o de la ruta crítica, la responsabilidad de cada atraso debe incluir todas las consecuencias que afectan a la secuencia planificada de partidas.

c.1. PRIMERA ITERACIÓN: Atraso en la partida A el 03.junio.2015.

INCORPORANDO EL IMPACTO DEL ATRASO EN LA PARTIDA DIRECTAMENTE AFECTADA.

La causal valida el 03.jun.2015 impacta directamente en la programación de la obra Paralizando a la partida A. Ver Figura N° 69.

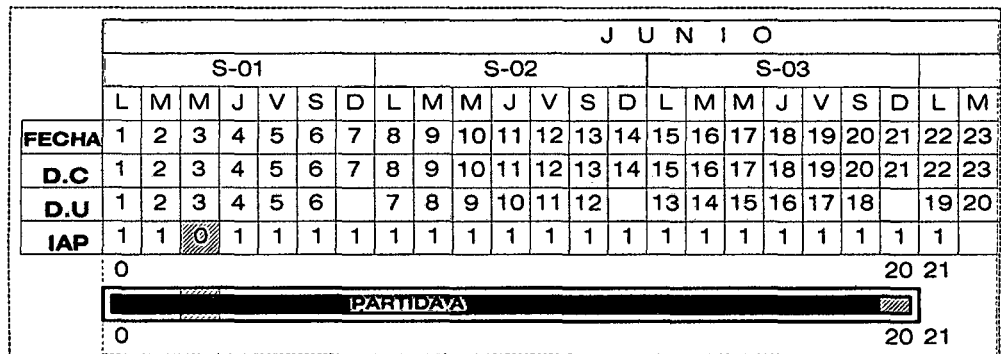


Figura N° 69 Impacto en las partidas directamente afectadas.

(Fuente: Elaboración Propia)

Así, de esta forma la distribución temporal del trabajo en la partida A, que inicialmente era de reparto uniforme (dedicación uniforme que se le otorga) pierde su continuidad, como es lógico, por la Paralización del 03.jun.2015. Esto es razonable para el contexto, además es factible utilizar este criterio.

ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS AÑADIDOS A LA RED PDM DE OBRA.

Una vez realizada la inclusión del atraso en la red PDM de Obra, antes vigente, procederé a la obtención de la Programación ideal con efectos del atraso. La que será la nueva red de precedencias de obra vigente. Ver Figura N° 70 o Figura N° 71.

	Duracion	Tr	Temprano	Tardío	Ht	HL	Partida A		Partida B		Partida c	
							€	F	€	F	€	F
Partida A	21		0	0	0	0	€					
			21	21			F					
Partida B	20		16	16	0	0	€	0.25				
			36	36			F	0.75				
Partida c	20		31	31	0	0	€			0.75		
			51	51			F			0.25		
PLAZO DE EJECUCION VIGENTE			51									

Figura N° 70 Representación matricial de los grafos PDM de la obra Actualizado.

(Fuente: Elaboración Propia)

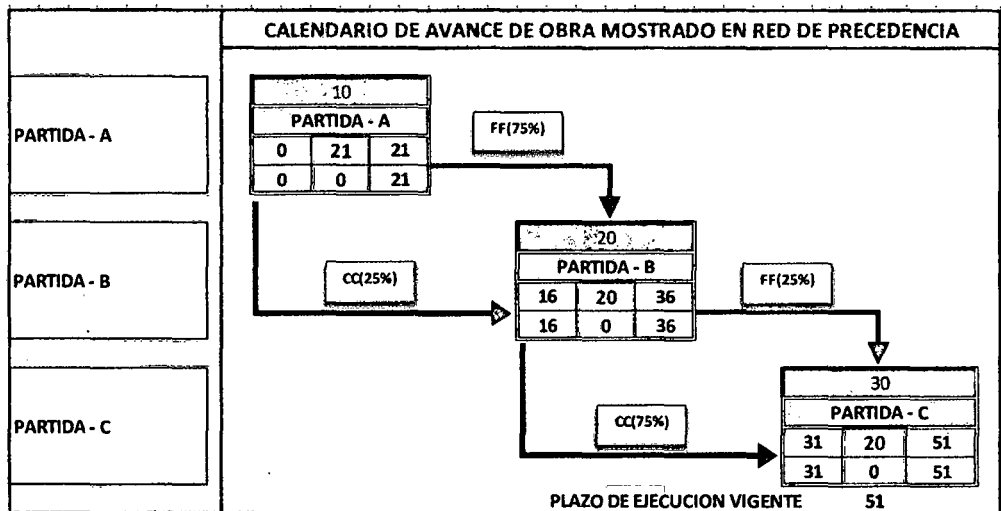


Figura N° 71 Representación mediante cajas de los grafos PDM de la obra.
(Fuente: Elaboración Propia)

El número de días correspondiente a la ampliación de plazo se obtendrá de la diferencia de comparar los plazos de ejecución obtenidos; de la red de programación antes vigente (50 d.c.) con la otra red de precedencia actualizada que el analista ha creado añadiendo el impacto del hecho generador de la demora no imputable al contratista para modelar tal

escenario (51 d.c.). Por lo tanto la ampliación de plazo resultante de la primera iteración es $51 - 50 = 1$ d.c.

c.2. SEGUNDA ITERACIÓN: Atraso en la partida A el 04.junio.2015

La causal valida el 04.jun.2015 impacta directamente en la programación de la obra Paralizando a la partida A. Ver Figura N° 63 72.



Figura N° 72 Impacto en las partidas directamente afectadas.

(Fuente: Elaboración Propia)

Así, de esta forma la distribución temporal del trabajo en la partida A, que inicialmente era de reparto uniforme (dedicación uniforme que se le otorga) pierde su continuidad, como es lógico, por la Paralización del día 03.jun.2015. Al 04.jun.2015. Esto es razonable para el contexto, además es factible utilizar este criterio.

ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS AÑADIDOS A LA RED PDM DE OBRA

Una vez realizada la inclusión del atraso en la red PDM de Obra, antes vigente, procederé a la obtención de la Programación ideal con efectos del

atraso. La que será la nueva red de precedencias de obra vigente. Ver Figura N° 73 o Figura N° 74.

	Duracion	Tr	Temprano	Tardio	Ht	HL	Partida A		Partida B		Partida c	
							€	F	€	F	€	F
Partida A	22		0	0	0	0	€					
			22	22			F					
Partida B	20		17	17	0	0	€	0.25				
			37	37			F		0.75			
Partida c	20		32	32	0	0	€			0.75		
			52	52			F				0.25	
PLAZO DE EJECUCION VIGENTE			52									

Figura N° 73 Representación matricial de los grafos PDM de la obra Actualizado.

(Fuente: Elaboración Propia)

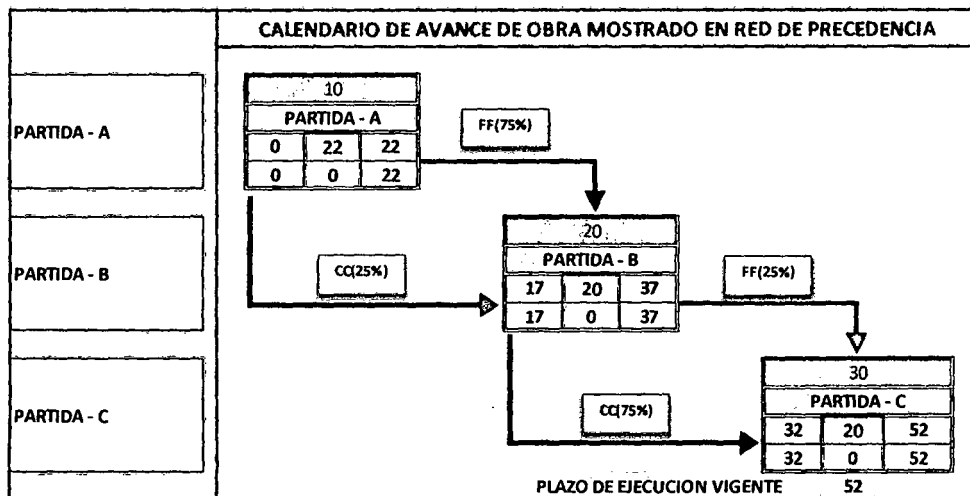


Figura N° 74 Representación en cajas de los grafos PDM de la obra Actualizado.

(Fuente: Elaboración Propia)

El número de días correspondiente a la ampliación de plazo se obtendrá de la diferencia de comparar los plazos de ejecución obtenidos; de la red de programación antes vigente (51 d.c.) con otra red de precedencia

actualizada que el analista ha creado añadiendo el impacto del hecho generador de la demora no imputable al contratista para modelar tal escenario (52 d.c.).

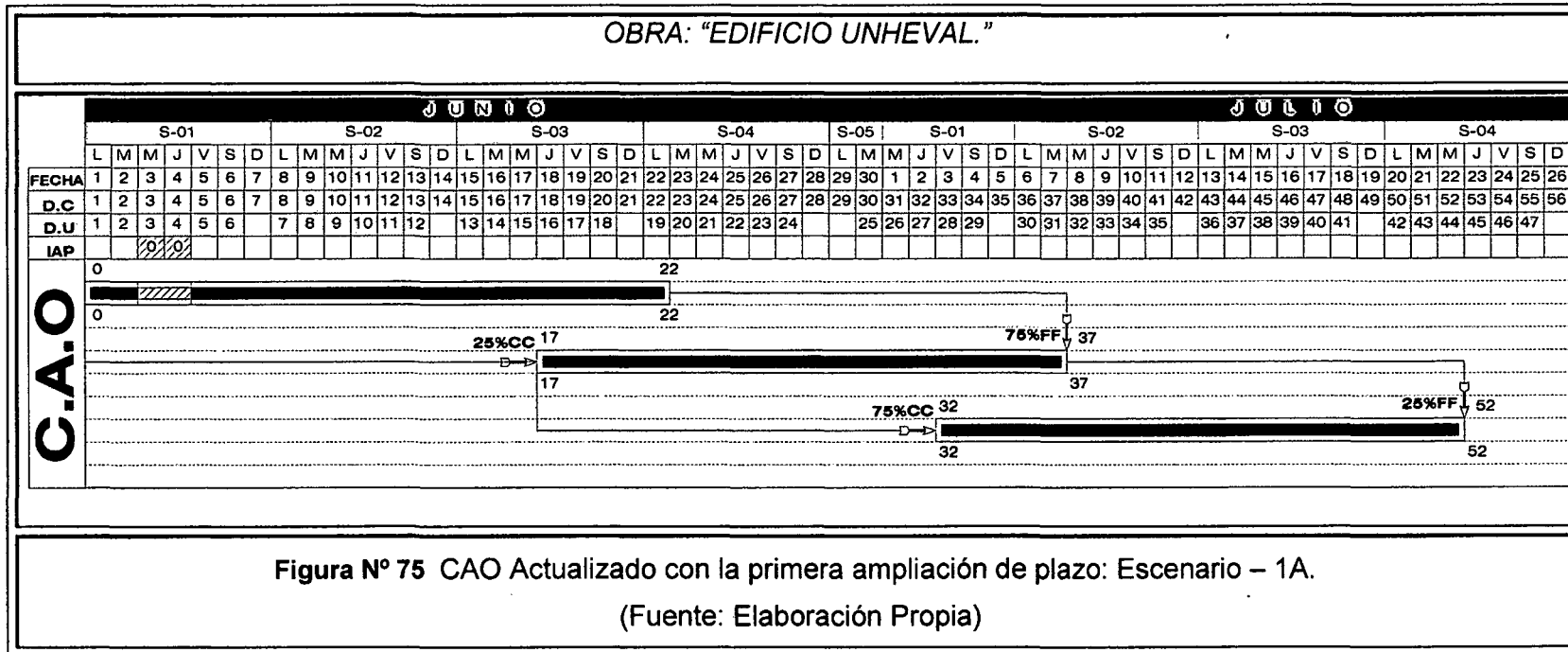
Por lo tanto la ampliación de plazo resultante de la segunda iteración es 52-51 = 1 d.c.

Tabla N° 8 *Resumen de ampliaciones de plazo por iteración.*

<i>N° de Iteración</i>	<i>Ampliación de plazo</i>
<i>Primera Iteración</i>	<i>1 d.c.</i>
<i>Segunda Iteración</i>	<i>1d.c.</i>
<i>TOTAL</i>	<i>2 d.c.</i>

(Fuente: Elaboración Propia)

Por lo tanto los días de Ampliación de plazo otorgables al contratista correspondiente al Atraso por la pparalización de la Partida A del día 03.jun.2015. Al 04.jun.2015. Es de 02 d.c. Ver Figura N° 75.



De la misma manera obtenemos las AMPLIACION DE PLAZO N° 02, N° 03, N° 04, N° 05. En el escenario 1, al realizar las iteraciones día por día de atraso.

Tabla N° 9 Resumen de ampliaciones de plazo.

<i>N° de ampliación de plazo</i>	<i>Ampliación de plazo Otorgable</i>
<i>Ampliación de plazo N° 01/Esc1</i>	<i>2 d.c.</i>
<i>Ampliación de plazo N° 02/Esc1</i>	<i>1 d.c.</i>
<i>Ampliación de plazo N° 03/Esc1</i>	<i>1 d.c.</i>
<i>Ampliación de plazo N° 04/Esc1</i>	<i>1 d.c.</i>
<i>Ampliación de plazo N° 05/Esc1</i>	<i>1 d.c.</i>
TOTAL	6 d.c.

(Fuente: Elaboración Propia)

ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS AÑADIDOS A LA RED PDM DE OBRA HASTA LA AMPLIACION DE PLAZO N°05/Escenario 1A.

Realizada la inclusión día a día de todos los atrasos en la red PDM de Obra se obtiene la nueva red de precedencias de obra vigente. Ver Figura N° 76.

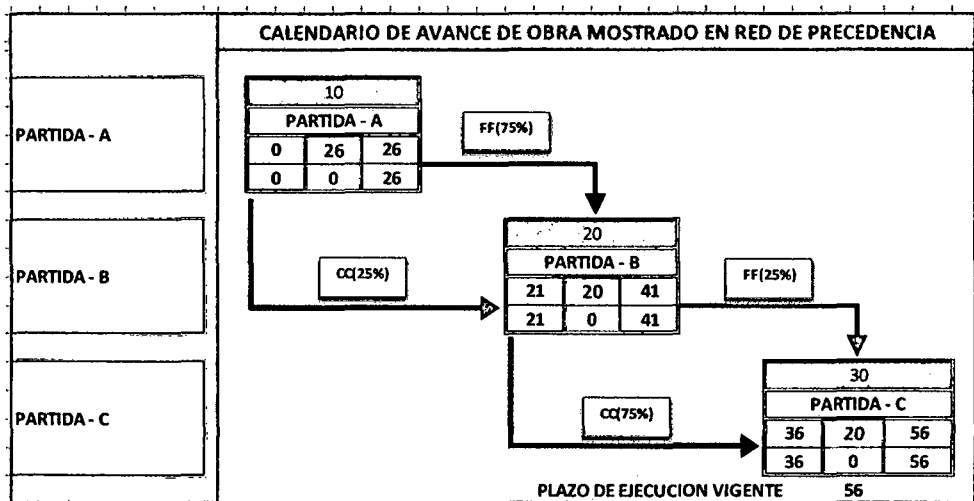


Figura N° 76 Representación Actualizada en cajas de los grafos PDM de la obra

(Fuente: Elaboración Propia)

El espectro de la demora no imputable al contratista afecta a la partida A directamente. Ver Figura N° 77.

J U N I O																											
S-01							S-02							S-03							S-04						
	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S
FECHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
D.C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
D.U	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			13	14	15	16	17	18		19	20	21	22	23	24
IAP	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	0																										
	26																										

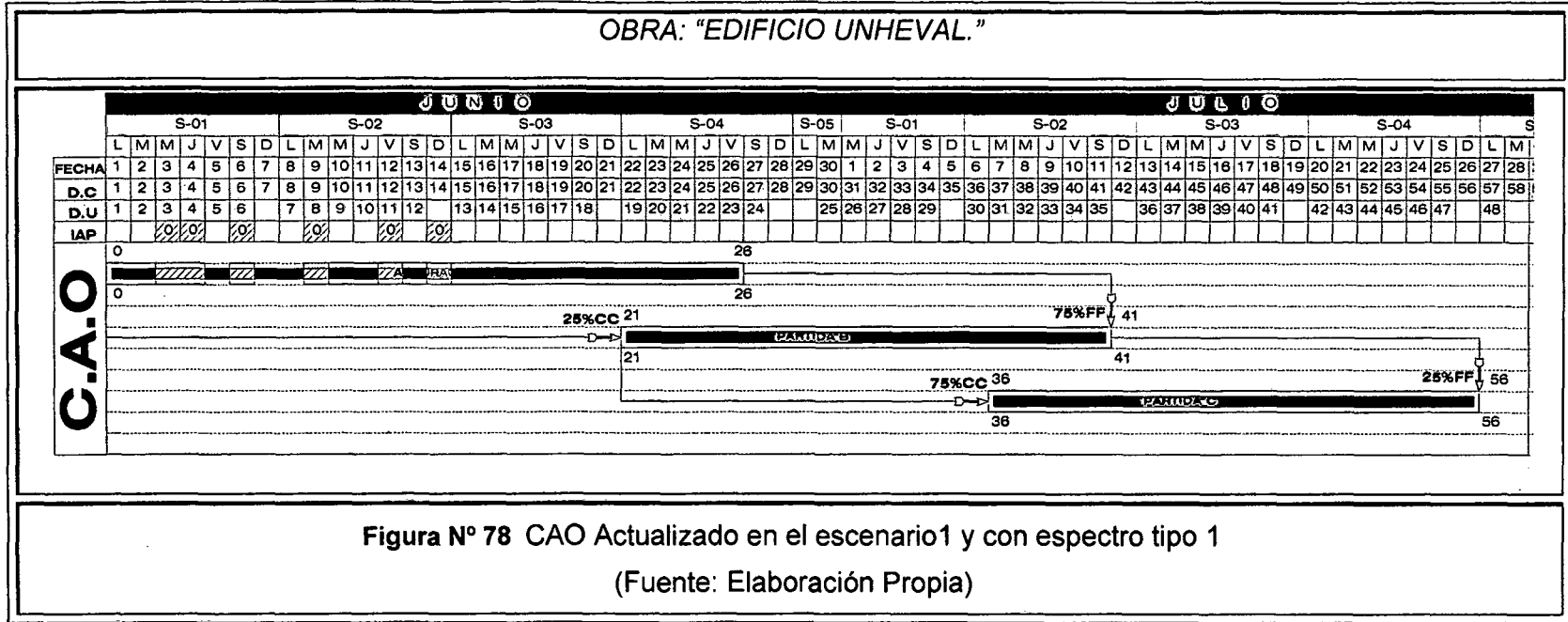
Figura N° 77 Impactos en la partida A directamente.

(Fuente: Elaboración Propia)

El derecho a la ampliación de plazo, según nuestra norma legal, se adquiere si se produjo una causal válida, ésta no es responsabilidad del contratista, se afecta la ruta crítica del proyecto y además si el plazo adicional es necesario

para acabar la obra. Este último concepto, de la necesidad real del plazo adicional, es la fuente de posibles controversias.

En principio la idea que la ampliación se puede otorgar si realmente es necesario el plazo ampliado, es correcta, sin embargo para poder hacer esa comprobación es necesario que el programa de obra a partir del cual llegamos a esa conclusión sea un programa de ejecución que se ajuste a la realidad del momento en que se produce la causal (el SUP Apunta a incrementar la fiabilidad de la planificación y desempeño). El problema estriba en que nuestra normatividad no permite que el programa de obra elaborado y presentado a la firma del contrato se modifique, excepto una vez que se produzca una ampliación de plazo. Como consecuencia de ello, es posible –y yo diría frecuente– que la realidad de la obra no coincida necesariamente con la programación, lo que en sí mismo no es malo. Lo que no es correcto es hacer una comprobación de la realidad de la obra, para determinar la necesidad o no del plazo ampliado, a partir de un programa no ajustado a la realidad. Poniendo un ejemplo explicativo, es como querer determinar una talla de ropa a partir de una foto de una persona tomada hace un año. Así, de esta forma la distribución temporal del trabajo en la partida A, que inicialmente era de reparto uniforme (dedicación uniforme que se le otorga) pierde su continuidad, volviéndose como es lógico, por la lluvia que cayó en el lugar donde se ejecuta la obra ver Figura N° 78.



4.6.2.3.2. ATRASO SEGÚN ESCENARIO – 2A

Durante 3 días, la lluvia cayó en el lugar donde se ejecuta una obra, atrasándola. El CAO vigente se muestra en la Figura N° 80.

El residente de obra registró, en el cuaderno de obra desde el inicio (Se iniciaron las lluvias), durante (Continuaron las lluvias) y hasta su fin (Concluyeron las lluvias), La ocurrencia de la causal. De los asientos en el cuaderno de obra se obtiene el siguiente espectro de demoras no imputables al contratista. Ver Figura N° 79.

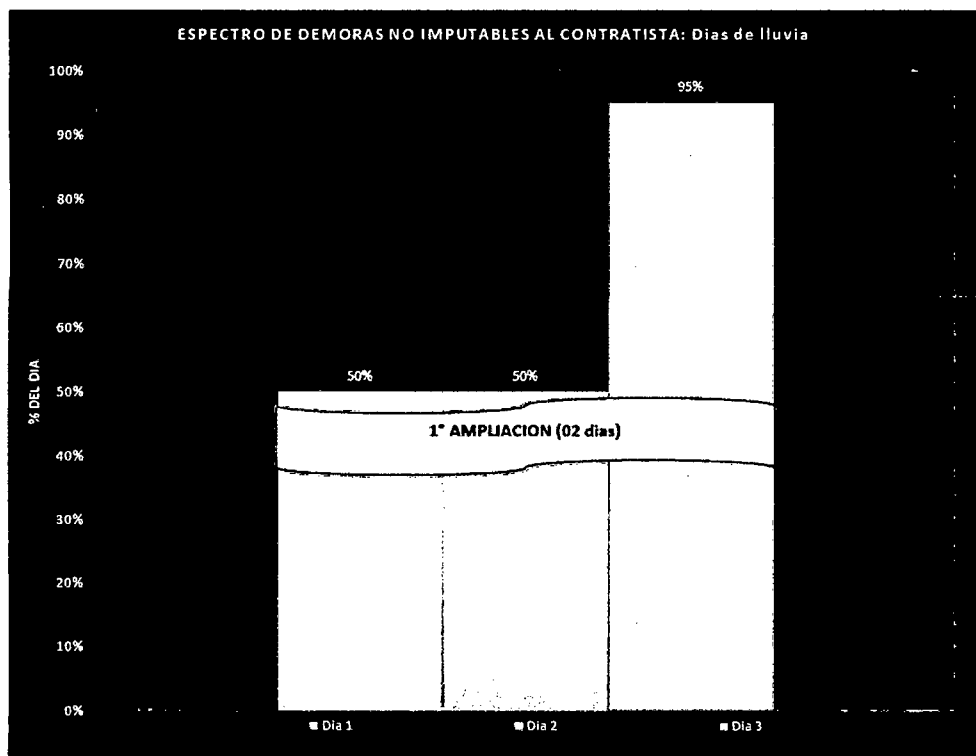


Figura N° 79 Espectro tipo 2.
 (Fuente: Elaboración Propia)

Como el residente anotó en el cuaderno de obra, como circunstancia que impide continuar con las labores los "días de lluvias", tendríamos que el contratista debería generar una solicitud de ampliación de plazo por la continuidad a nivel de fechas de la causal, acumulando solo dos (2) días de ampliación.

¿Cada vez que llovía es una causal, que implica anotar el inicio, la ocurrencia, el final y la correspondiente solicitud?

Tabla N° 10 *Días de lluvia según asientos del cuaderno de obra.*

<i>N° días de lluvia</i>	<i>Fecha (d.c.)</i>	<i>% del día con lluvia</i>	<i>Días de ampliación (Partida A Afectada)</i>	<i>N° Ampliación</i>
<i>Día 1</i>	<i>16.Jun.2015</i>	<i>50%</i>	<i>0.5</i>	<i>01</i>
<i>Día 3</i>	<i>17.Jun.2015</i>	<i>50%</i>	<i>0.5</i>	
<i>Día 5</i>	<i>19.Jun.2015</i>	<i>95%</i>	<i>1</i>	
<i>TOTAL DIAS DE LLUVIAS</i>			<i>02</i>	

(Fuente: Elaboración Propia)

En virtud a los artículos N° 200 y N° 201 del reglamento de la ley de contrataciones del estado se procederá a cuantificar y solicitar la ampliación de plazo correspondiente.

a) IDENTIFICACION DE LAS PARTIDAS DIRECTAMENTE AFECTADAS

Según el C.A.O. la única partida directamente afecta es la Partida A.

Tabla N° 11 Partida A directamente afectada.

<i>Actividad</i>	<i>Duración</i> <i>(d.c.)</i>	<i>Fecha de inicio</i> <i>contractual</i>	<i>Fecha de Término</i> <i>contractual</i>
<i>Partida A</i>	<i>20</i>	<i>01.Jun.2015</i>	<i>20.Jun.2015</i>

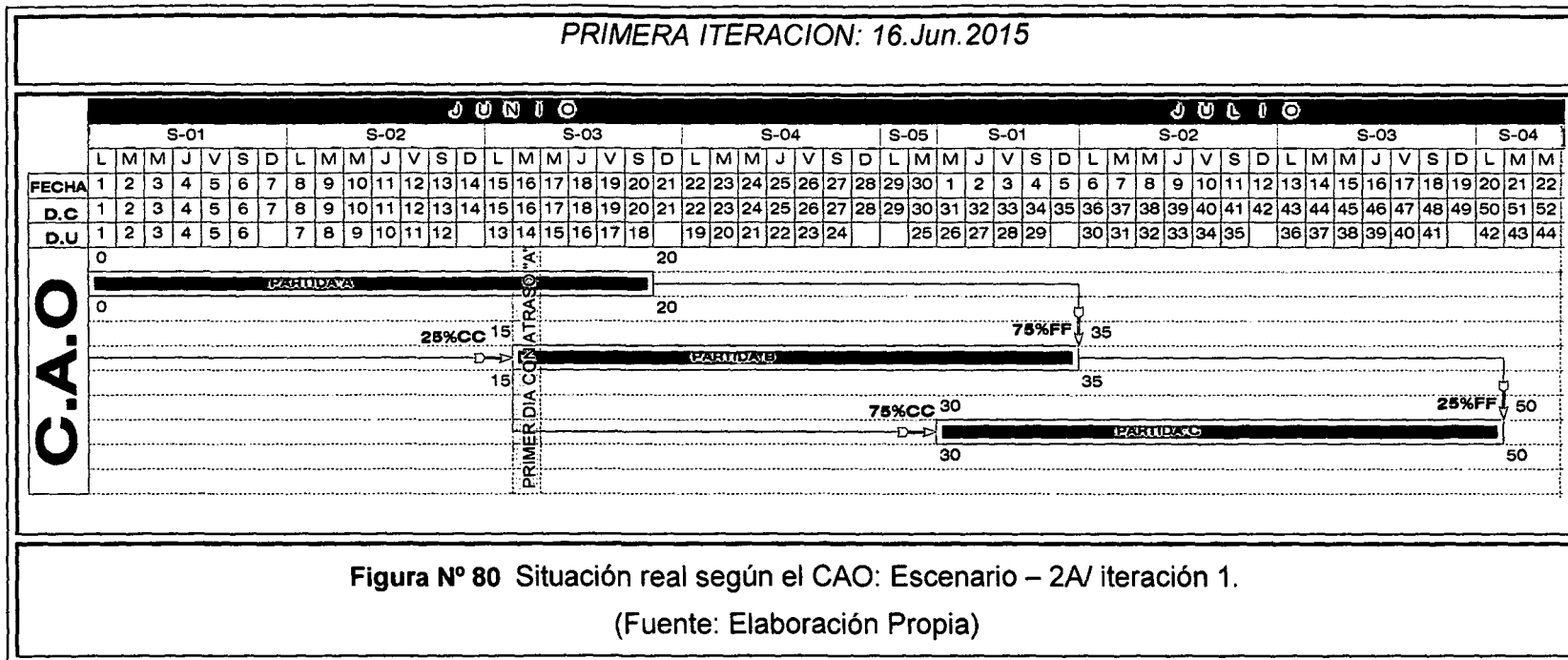
(Fuente: Elaboración Propia)

b) ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS AÑADIDOS A LA RED PDM DE OBRA.

Una vez realizada la inclusión del atraso en la red PDM de Obra, antes vigente, procederé a la obtención de la Programación ideal con efectos del atraso. La que será la nueva red de precedencias de obra vigente.

c) AMPLIACION DE PLAZO N° 01, 02, 03.-Escenario2:

El 16.jun.2015 y 17.jun.2015 el contratista continua ejecutando la partida A pero a un ritmo menor al establecido en el calendario de avance de obra. Además por cada día de atraso corresponderá un recalcule de la red PDM. Ver Figuras N°: 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91.



PRIMERA ITERACION: 16.Jun.2015

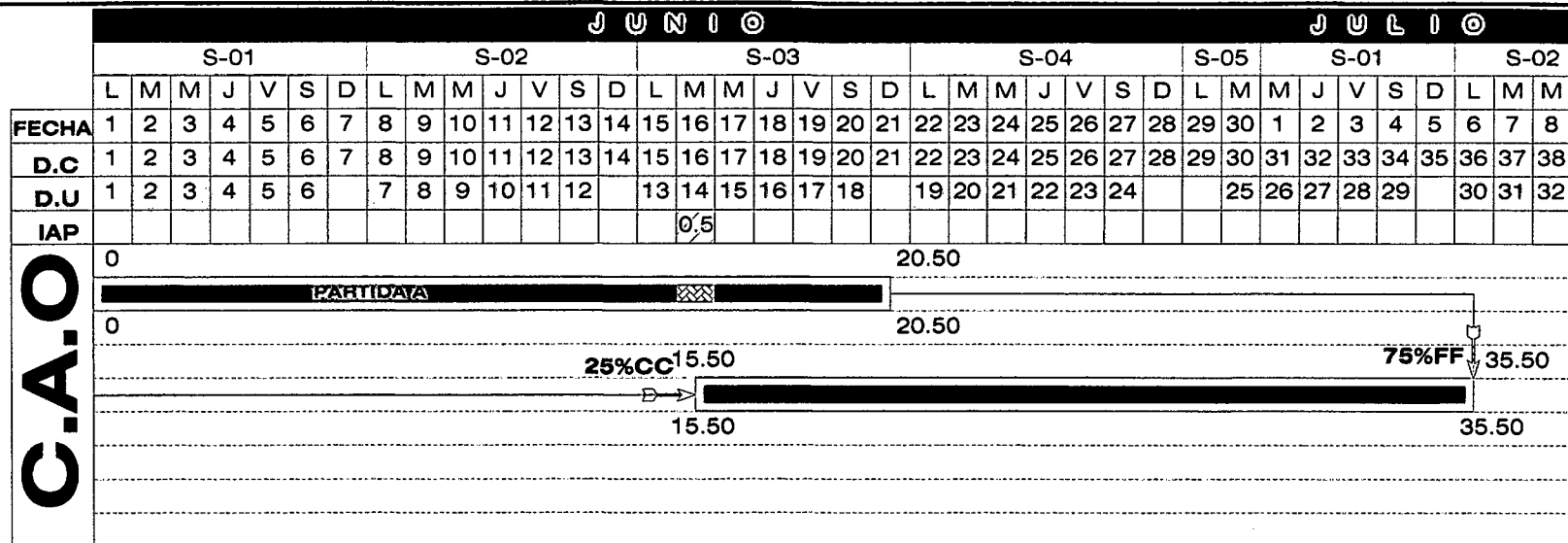
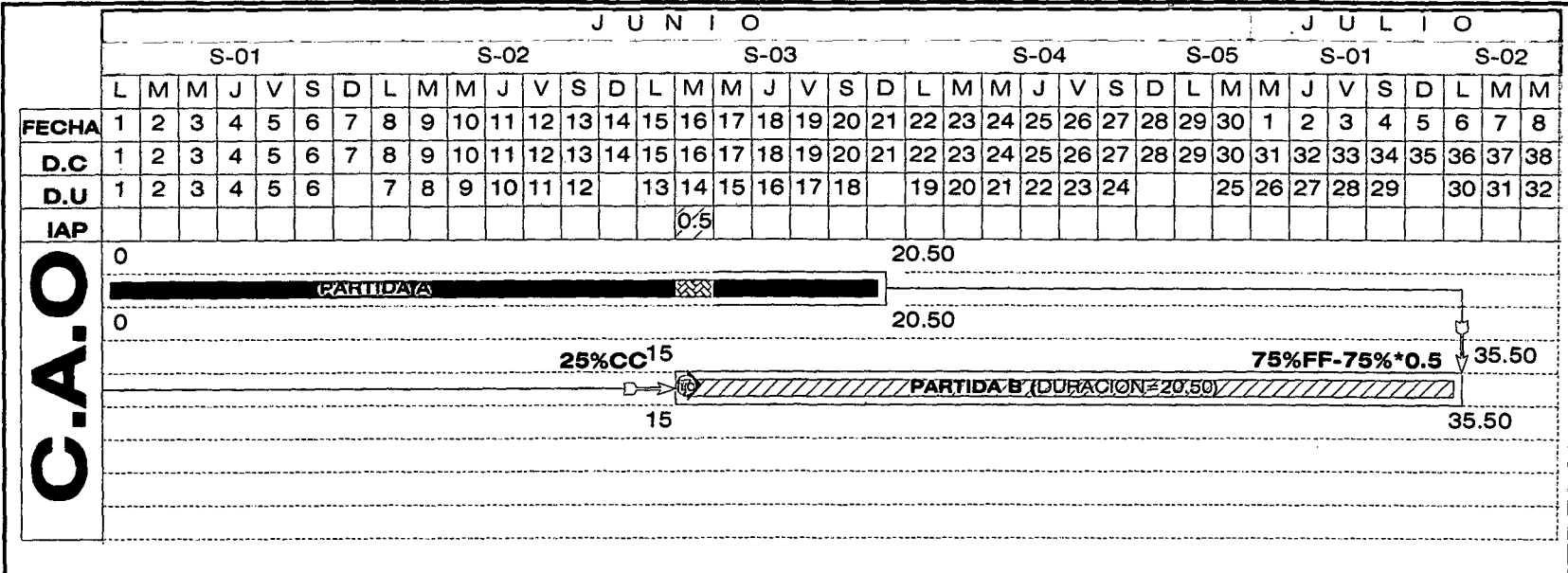


Figura N° 81 Impacto 1, según red PDM: Escenario – 2A/ iteración 1.

(Fuente: Elaboración Propia)

PRIMERA ITERACION: 16.Jun.2015



C.A.O

Figura Nº 82 Impacto 2, según red PDM: Escenario – 2A/ iteración 1.

(Fuente: Elaboración Propia)

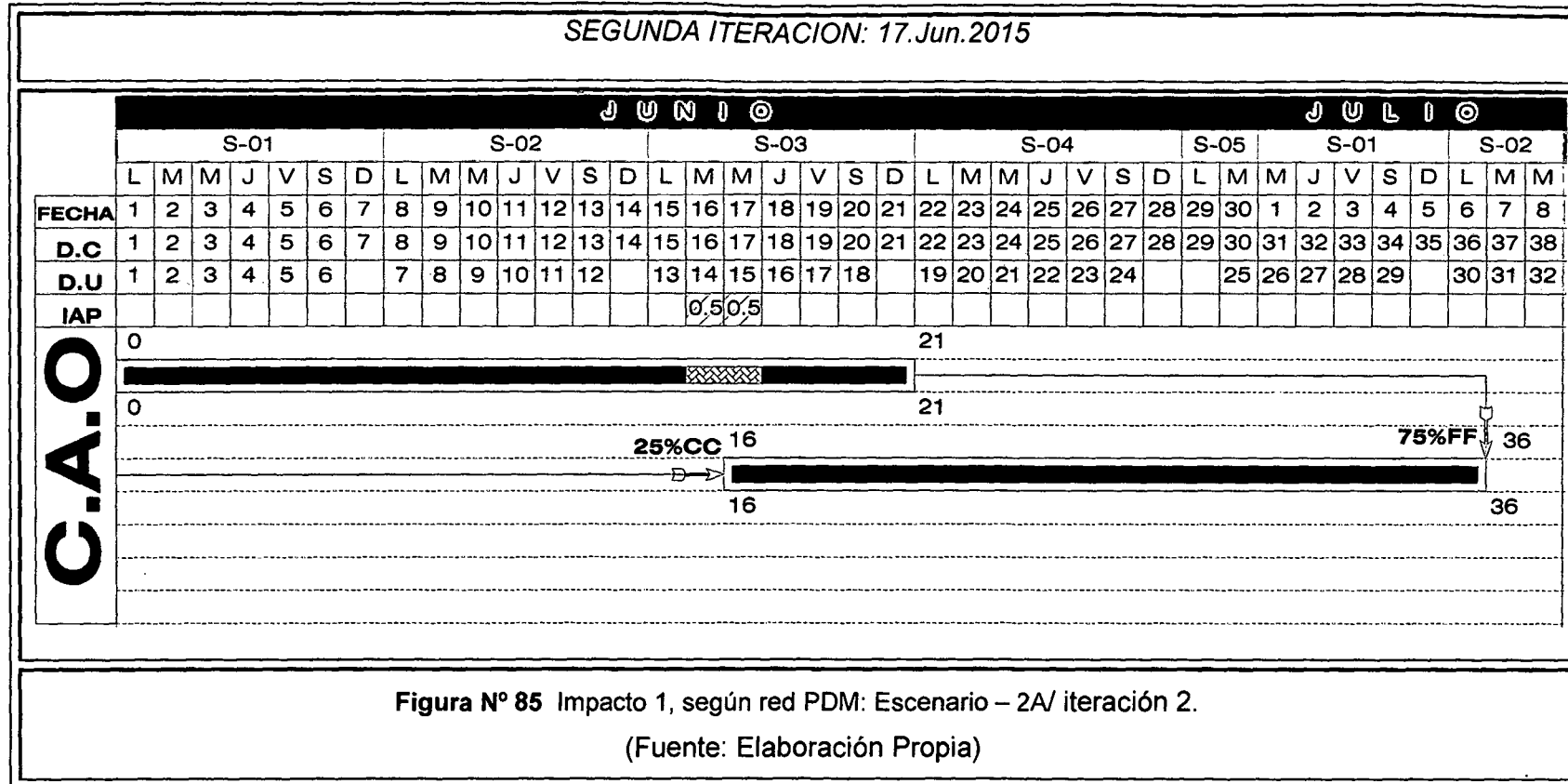
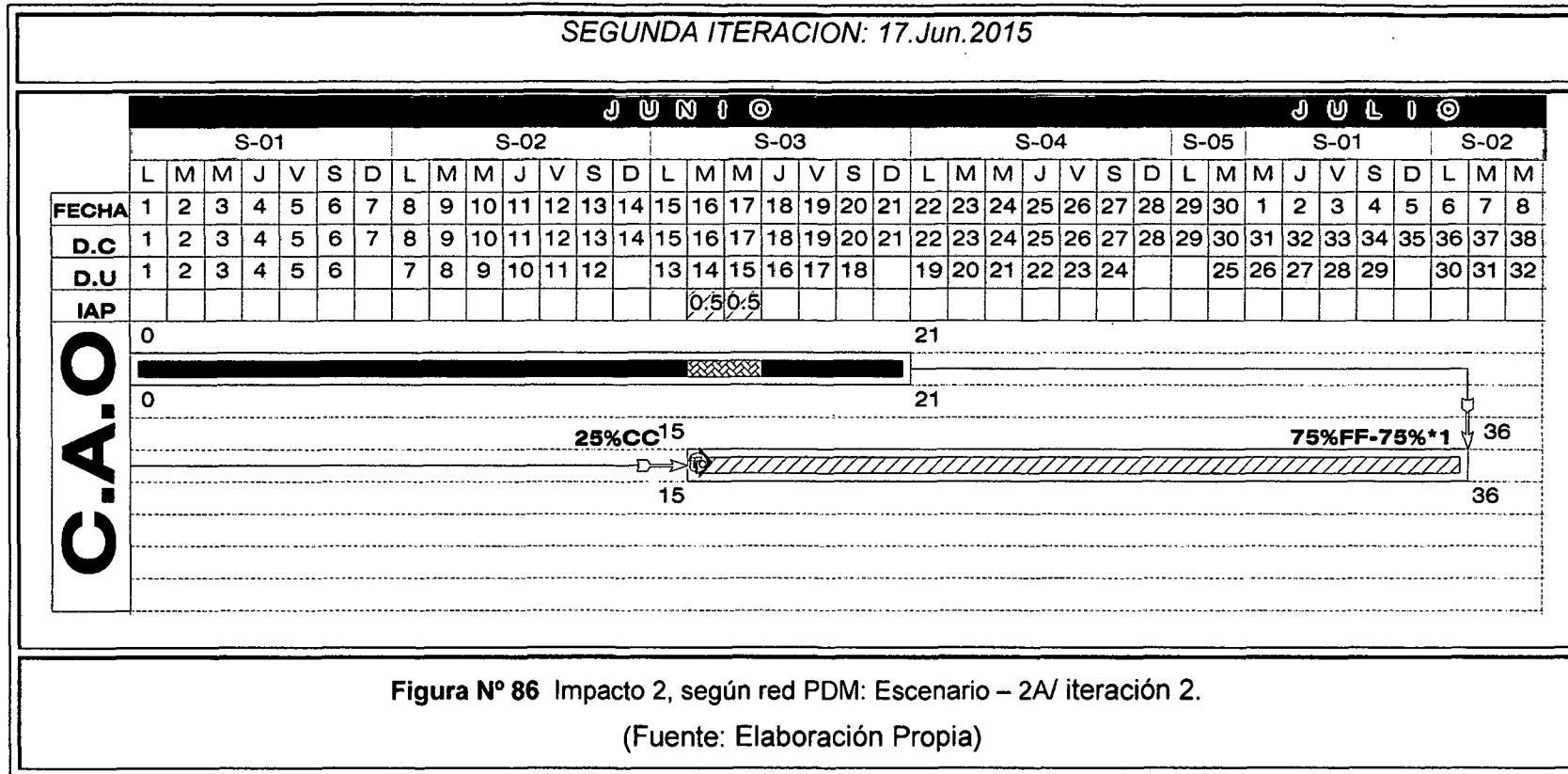
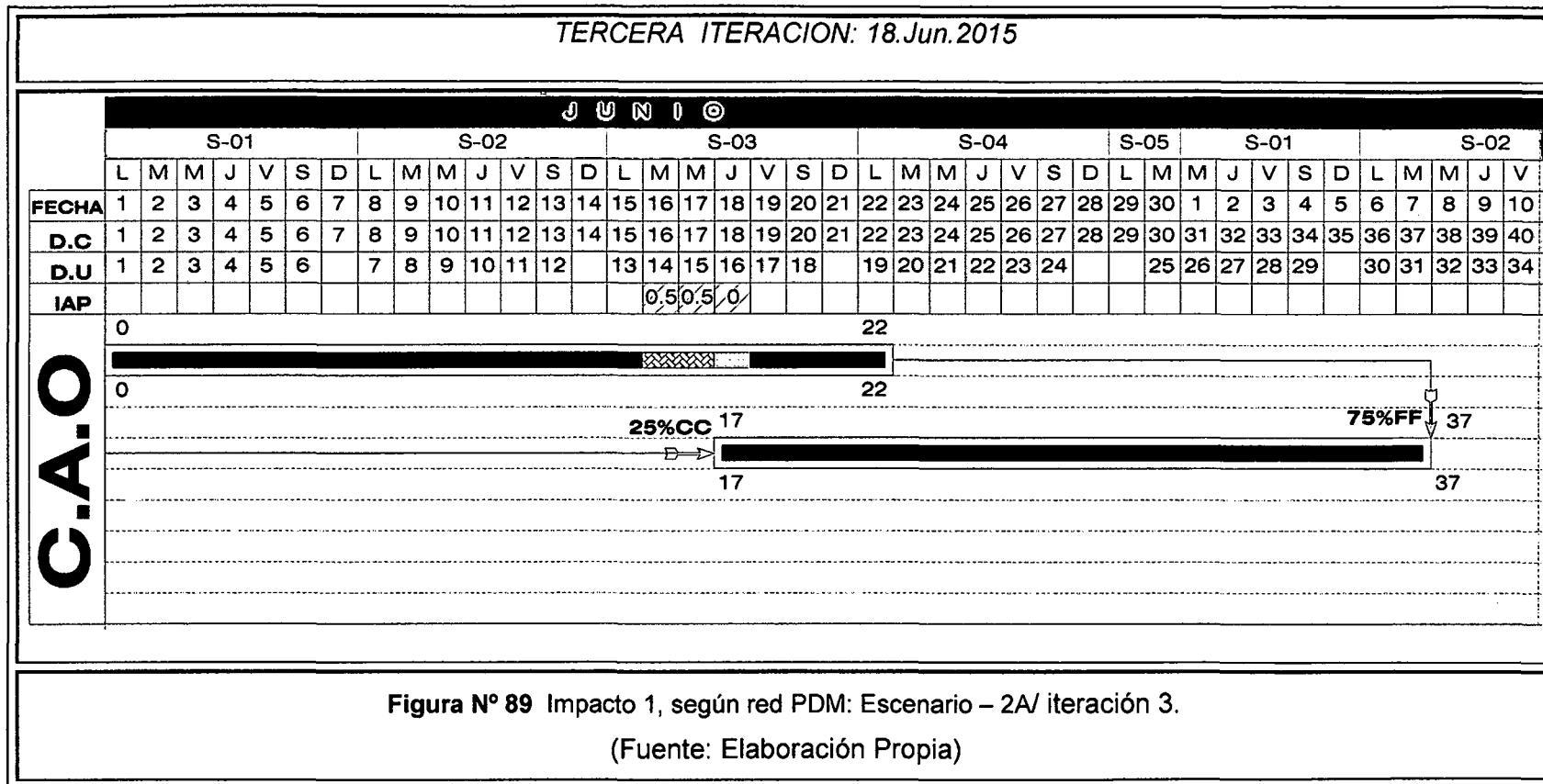


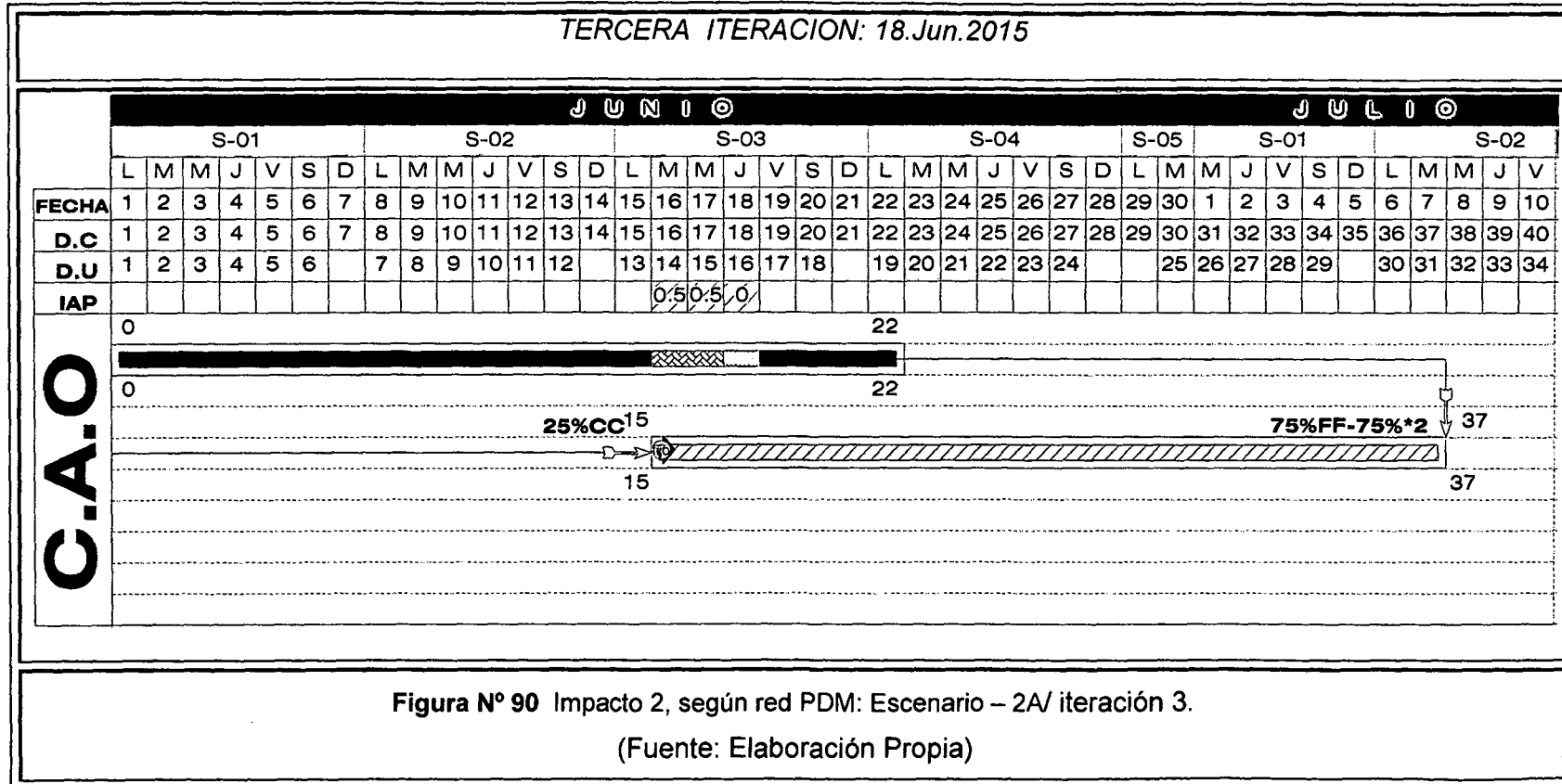
Figura Nº 85 Impacto 1, según red PDM: Escenario – 2A/ iteración 2.

(Fuente: Elaboración Propia)





"MODELACIÓN DE LAS DEMORAS EN LA RED PDM DE OBRA CON FINES DE UNA GESTIÓN DE AMPLIACIÓN DE PLAZO CONTRACTUAL"
 Bach. Maylle saravia Alex.



Así, de esta forma la distribución temporal del trabajo en la partida A, que inicialmente era de reparto uniforme (dedicación uniforme que se le otorga) pierde su continuidad, como es lógico, por la disminución de ritmo de trabajo del 16.jun.2015 y 17.jun.2015, así como por la Paralización del día 18.jun.2015. Esto es razonable para el contexto, además es factible utilizar este criterio.

El número de días correspondiente a la ampliación de plazo se obtendrá de la diferencia de comparar los plazos de ejecución obtenidos; de la red de programación antes vigente con otra red de precedencia actualizada que el analista ha creado añadiendo el impacto del hecho generador de la demora no imputable al contratista para modelar tal escenario.

Tabla N° 12 *Resumen de ampliaciones de plazo por iteración.*

<i>N° de Iteración</i>	<i>Ampliación de plazo</i>
<i>Primera Iteración</i>	<i>0.5 d.c.</i>
<i>Segunda Iteración</i>	<i>0.5 d.c.</i>
<i>Tercera Iteración</i>	<i>1d.c.</i>
TOTAL	2 d.c.

(Fuente: Elaboración Propia)

Por lo tanto los días de Ampliación de plazo otorgables al contratista es de 02 d.c.

Para gestionar una ampliación de plazo por precipitaciones pluviales, que va de setiembre a marzo, los contratistas suelen adjuntar como documento oficial para la cuantificación de la ampliación de plazo los DATOS DE PRECIPITACION otorgados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

SENAMHI ha señalado una clasificación de las precipitaciones pluviales diarias según su intensidad:

- ❖ Menores de 1.5 mm, es una lluvia de intensidad débil o leve, en la cual pueden desarrollarse trabajos a la intemperie.
- ❖ De 1.5 mm a 3.0 mm, es una lluvia de intensidad ligera, en la que cual pueden desarrollarse trabajos a intemperie aunque con cierta dificultad.
- ❖ De 3.0 mm a 9.0 mm, es lluvia de intensidad moderada, que no permite desarrollar trabajos a intemperie.
- ❖ De 9.0 a 36.0 mm, la intensidad de la lluvia es fuerte, en la cual ningún tipo de trabajo a intemperie puede llevarse a cabo.
- ❖ De 36.0 mm a 180.0 mm, la lluvia registra una intensidad intensa, en la cual resulta peligroso intentar desarrollar cualquier tipo de trabajo a intemperie.
- ❖ Mayor de 180.0 mm, es una lluvia de intensidad extraordinaria.

Tabla N° 13 Clasificación de Intensidades de lluvia.

<i>INTENSIDAD (mm/día)</i>	<i>CLASIFICACION</i>
$1.5 \leq I < 3$	<i>Ligera</i>
$3.0 \leq I < 9.0$	<i>Moderada</i>
$9.0 \leq I < 36.0$	<i>Fuerte</i>
$36.0 \leq I < 180.0$	<i>Intensa</i>
$I > 180.0$	<i>Extraordinaria</i>

(Fuente: SENAMHI/DGA, 2002.)

La Tabla N° 13 ha sido extraído de “Indicadores adaptados a las características climáticas del Perú” /SENAMHI, DGA, 2002), y es utilizado por la Dirección General de Meteorología de SENAMHI – Sede Central.

Considérese una obra en ejecución en la localidad de Tantamayo afectada por las precipitaciones pluviales del mes de abril 2015. Ver Tabla N° 14. Se tiene conocimiento que la Estación meteorológica CO Dos de Mayo es una estación que cuenta con un pluviómetro simple donde el observador respectivo lee los valores totalizados dos veces al día: 07:00 y 19:00 horas.

Tabla N° 14 Datos de Precipitación.

Estación : DOS DE MAYO		
Mes/Año:	Abril - 2015	
DIA	PP	CLASIF. INTENSIDAD
01	0.0	Débil o Leve
02	0.0	Débil o Leve
03	0.0	Débil o Leve
04	0.0	Débil o Leve
05	2.4	Ligera
06	2.9	Ligera
07	0.0	Débil o Leve
08	0.0	Débil o Leve
09	0.8	Débil o Leve
10	0.0	Débil o Leve
11	0.0	Débil o Leve
12	0.0	Débil o Leve
13	0.0	Débil o Leve
14	0.1	Débil o Leve
15	2.7	Ligera
16	6.0	Moderada
17	14.7	Fuerte
18	6.5	Moderada
19	6.9	Moderada
20	3.7	Moderada
21	18.5	Fuerte
22	0.0	Débil o Leve
23	0.0	Débil o Leve
24	2.5	Ligera
25	0.0	Débil o Leve
26	0.0	Débil o Leve
27	0.3	Débil o Leve
28	0.4	Débil o Leve
29	0.0	Débil o Leve
30	2.7	Ligera

(Fuente: SENAMHI – HUANUCO)

En la Tabla N° 14 se muestra lo relativo a las intensidades de lluvia diaria y el desarrollo de las partidas y/o actividades bajo dichas condiciones.

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) se creó en 1950 y se convirtió en el organismo especializado de las Naciones Unidas para la meteorología, la hidrología operativa y las ciencias geofísicas conexas en 1951, La OMM cuenta con 191 Estados y Territorios Miembros, El Perú es miembro de la OMM desde su fecha de ratificación/adhesión: 15 de septiembre de 1950.

De acuerdo a la Guía de Prácticas Hidrológicas N° 168 de la Organización Meteorológica Mundial OMM, la densidad mínima de estaciones según tipo de unidad fisiográfica es:

Tabla N° 15 Densidad mínima recomendada de estaciones pluviométricas.

Unidad Fisiográfica	Densidad Mínima (Km2/Estación)	
	Sin registro	Con registro
Zonas costeras	900	9000
Zonas montañosas	250	2500
Llanuras interiores	575	5750
Zonas escarpadas/ondulantes	575	5750
Pequeñas islas	25	250
Zonas urbanas	----	10 a 20

Fuente: Guía de Prácticas Hidrológicas N° 168, OMM.

La denominación de estación con registro y sin registro hace referencia en el primer caso al hecho de que la estación cuenta con información continua (hora a hora) de las precipitaciones.

El radio de influencia de una estación se puede obtener considerando el área de influencia como un círculo:

$$\text{Si } A = \pi R^2, \text{ entonces } R_{\text{influencia}} = \sqrt{A/\pi}.$$

Para estaciones sin registro:

Tabla N° 16 Radio de Influencia de la estación pluviométrica.

<i>Unidad Fisiográfica</i>	<i>Densidad mínima (Km²/Estación)</i>	<i>Radio de Influencia(Km)</i>
<i>Zonas costeras</i>	900	16.9
<i>Zonas montañosas</i>	250	8.9
<i>Llanuras interiores</i>	575	13.5
<i>Zonas escarpadas/ondulantes</i>	575	13.5
<i>Pequeñas islas</i>	25	2.8

(Fuente: SENAMHI – HUANUCO)

Cálculo de la distancia:

La distancia de la estación CO Dos de Mayo a la localidad de Tantamayo la calculamos con la siguiente expresión:

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

Tabla N° 17 Coordenadas UTM (Huso 18):

LUGAR	XUTM	YUTM
Estación CO Dos de Mayo	305425	8925374
Tantamayo	311211	8961325

$$d = \sqrt{(311211 - 305425)^2 + (8961325 - 8925374)^2}$$

Luego la distancia CO Dos de Mayo a Tantamayo es $d = 36414 \text{ m} = 36 \text{ Km}$

La estación CO Dos de Mayo corresponde a una zona montañosa, por lo que su área de influencia es aproximadamente 10 Km. Dado que la localidad de Tantamayo se encuentran a 36, se concluye entonces que dichas localidades se encuentran fuera del área de influencia de la estación CO Dos de Mayo. Si bien la influencia del ámbito de la estación CO Dos de Mayo no alcanza estrictamente a la localidad de Tantamayo, podemos considerar que dichos datos tienen cierta validez y sirven como referencias dado que los puntos de interés, incluido la estación Dos de Mayo, se encuentran en un mismo rango de altitud (3400 y 3600 msnm) y en una misma vertiente.

4.6.2.3.3. ATRASO SEGÚN ESCENARIO – 1B.

Consideremos la ejecución de la siguiente obra privada, en cuyo contrato se establece que las ampliaciones de plazo se otorgaran de acuerdo al reglamento de la ley de contrataciones del estado, a continuación se muestra la distribución en planta de la mencionada obra (sectores: A, B y C). Ver Figura N° 92.

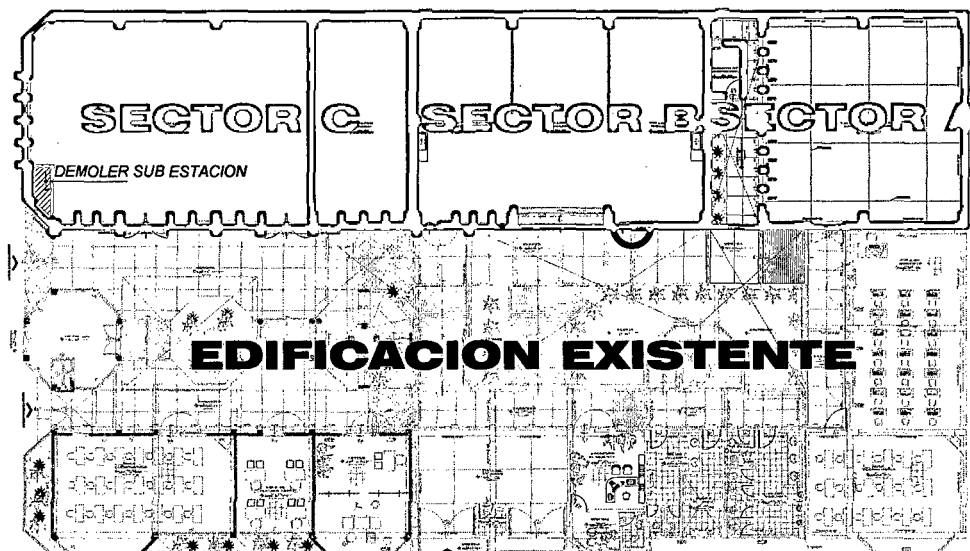


Figura N° 92 Obra sectorizada.
(Fuente: Elaboración Propia)

A la fecha de entrega de terreno se dejó constancia en el cuaderno de obra que el propietario no ha liberado la restricción, corte de energía eléctrica y reubicación de la subestación existente y que alimenta a la edificación existente.

Se representa en el siguiente esquema la secuencia de un Tren de Trabajo en los 3 sectores: (1) Encofrado y vaciado de verticales, (2) Encofrado de horizontales e instalaciones, (3) Vaciado de horizontales. Ver Figura N° 93.

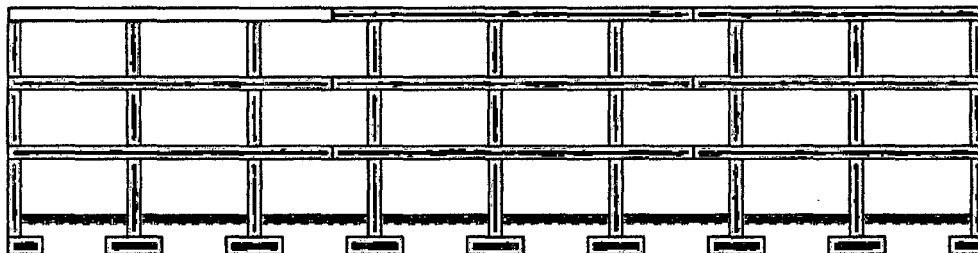


Figura N° 93 Esquema de la secuencia del Tren de Trabajo en los 3 sectores.

(Fuente: Elaboración Propia)

Es preciso indicar que estas interferencias, condicionan el inicio de la ejecución del sector C, además la contratista no podrá realizar el corte de energía si no es tramitado y solicitado por el usuario, como se conoce por procedimiento de electrocentro, son ellos quienes deberán proceder a retirar la subestación existente, en caso de incumplimiento la contratista será apacibles de multas y reparaciones de daños a terceros.

Como consta en los registros del cuaderno de obra, la contratista cumplió con solicitar la intervención oportuna en el corte de energía y reubicación de la sub-estación eléctrica principal desde el inicio del plazo contractual, bajo la responsabilidad de la entidad, reiteradas veces se comunicó la necesidad de la intervención sobre el área afectada.

El 07 de julio del 2015(con atraso de 20 d.c.), la entidad resuelve el problema suscitado con la intervención de su contratista ELECTRO-HUANUCO, quienes cortaron la energía eléctrica y procedieron con el desmontaje de la subestación existente, ubicado en el sector C afectado. Ante la demora en la intervención sobre el corte de energía y reubicación de la subestación existente, según la programación de obra el sector afectado es la C.

En virtud a los artículos N° 200 y N° 201 del reglamento de la ley de contrataciones del estado se procederá a cuantificar y solicitar la ampliación de plazo correspondiente. Ver CAO mostrado en la Figura N° 94.

a) IDENTIFICACION DEL SECTOR DIRECTAMENTE AFECTADO

Según el C.A.O. el único sector directamente afectado es el Sector C.

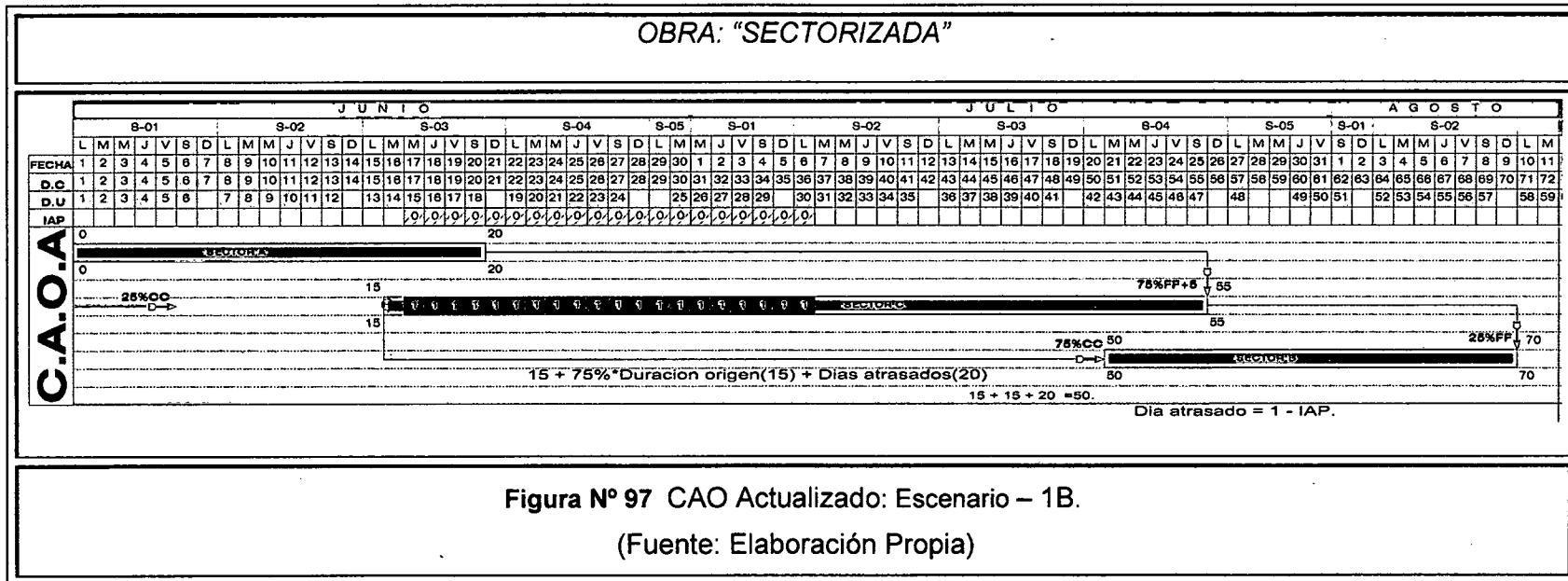
Tabla N° 18 Sector C afectado.

<i>Sector</i>	<i>Duración</i> <i>(d.c.)</i>	<i>Fecha de inicio</i> <i>contractual</i>	<i>Fecha de</i> <i>Término</i> <i>contractual</i>
<i>Sector C</i>	<i>20</i>	<i>16.Jun.2015</i>	<i>5.Jul.2015</i>

(Fuente: Elaboración Propia)

b) ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS AÑADIDOS A LA RED PDM DE OBRA.

Una vez realizada la inclusión del atraso en la red PDM de Obra, antes vigente, procederé a la obtención de la Programación ideal con efectos del atraso. La que será la nueva red de precedencias de obra vigente. Ver Figuras N°: 94, 95, 96, 97.



Así, de esta forma la distribución temporal del trabajo en el SECTOR C, que inicialmente era de reparto uniforme (dedicación uniforme que se le otorga) pierde su continuidad, como es lógico, por la paralización de los trabajos en dicho sector del 17.jun.2015 al 06.jul.2015. Esto es razonable para el contexto, además es factible utilizar este criterio.

El número de días correspondiente a la ampliación de plazo se obtendrá de la diferencia de comparar los plazos de ejecución obtenidos; de la red de programación antes vigente con otra red de precedencia actualizada que el analista ha creado añadiendo el impacto del hecho generador de la demora no imputable al contratista para modelar tal escenario.

Por lo tanto los días de Ampliación de plazo otorgables al contratista son de 15 d.c., pese a que el sector c, siendo critico estuvo paralizado durante 20 d.c.

4.6.2.3.4. ATRASO SEGÚN ESCENARIO – 2B

Consideremos la construcción de la siguiente obra pública.

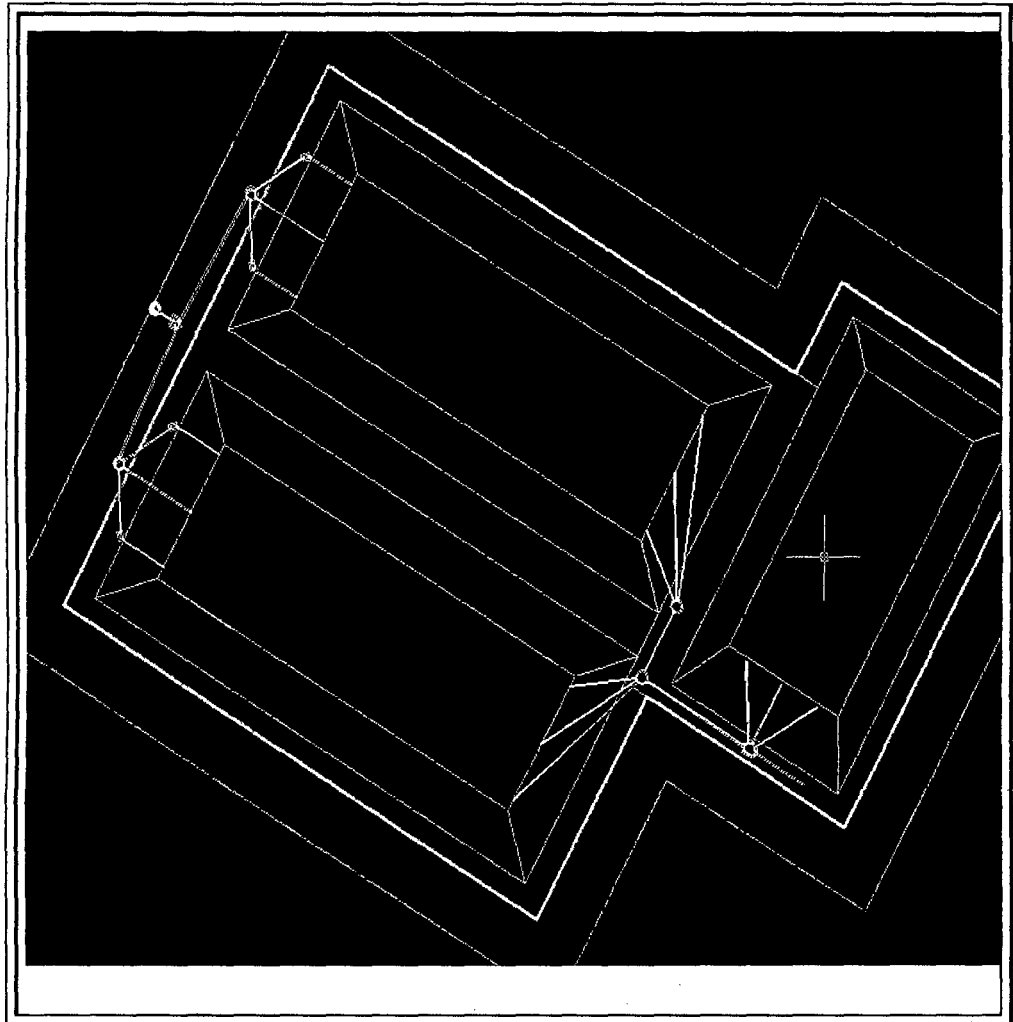


Figura Nº 98 Lagunas Primarias (02) y Laguna Facultativa Secundaria (01).

(Fuente: Elaboración Propia)

Una vez realizada la excavación, los diques serán rellenadas con tierra seleccionada, compactados en capas de @0.20m y con maquinaria pesada, aumentando así la impermeabilidad y densidad del mismo, así mismo la

superficie mojada + el borde libre de la laguna serán impermeabilizado con geomenbrana PVC $e=1.00\text{mm}$, para asegurar la no contaminación de la napa freática, que se encuentra a los mismos niveles del fondo de la laguna.

Veamos el CAO de obra, según las actividades programadas. Ver Figura N°
Figura N° 63 99.

Para el control de compactación en los diques, se tiene como exigencia, en el campo, alcanzar como mínimo un 95% de la densidad máxima obtenida en el ensayo Próctor, por lo que se dan los valores de la humedad de trabajo y que no debe variar en $\pm 2\%$ respecto del Optimo Contenido de Humedad obtenido con el Próctor modificado. A continuación se muestra los resultados obtenidos a partir del ensayo Próctor. Ver Figura N° 100.

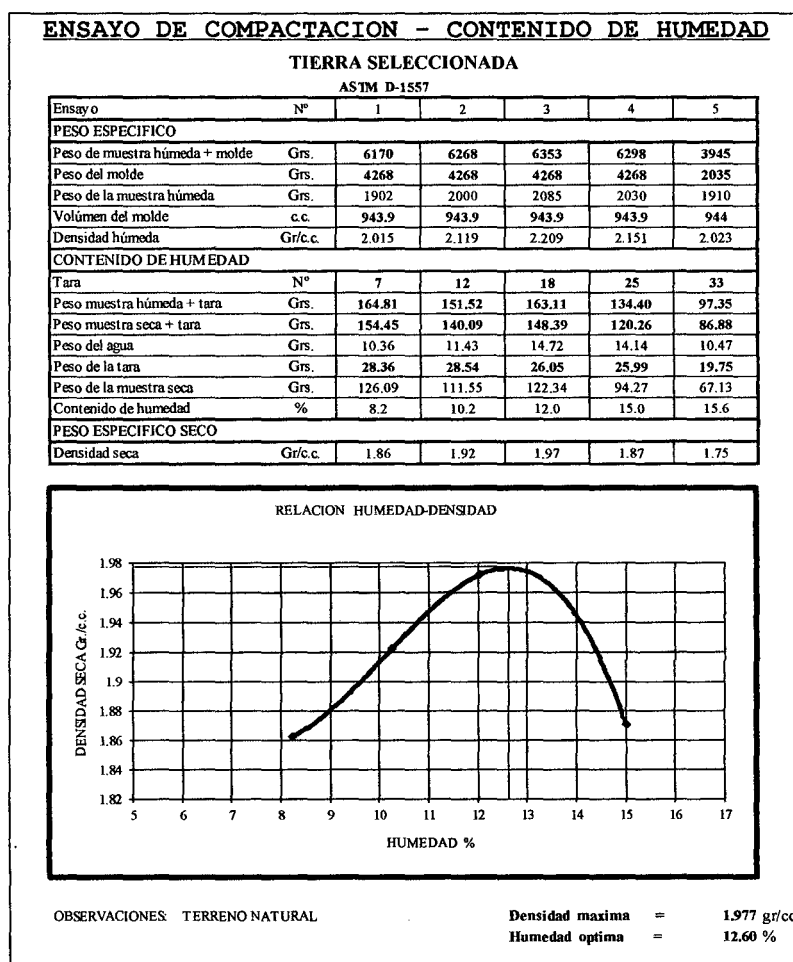


Figura N° 100 Ensayo de compactación y contenido de humedad.
(Fuente: Elaboración Propia)

En caso de no cumplirse las especificaciones técnicas se rechazará el tramo.

La curva de compactación empírica mostrada en la Figura N° 99, se realizó a partir de los resultados obtenidos en el laboratorio en la que se tomaron 5 determinaciones del suelo seleccionado con distintos grados de humedad, esta humedad no se diferenció en más de un 3% entre los puntos, la energía de compactación se midió en el laboratorio como la energía aplicada por un martillo que cae con una caída libre predeterminada. La energía de compactación en campo se medirá mediante el número de pases del compactador o rodillo.

Debido a que la energía de compactación del ensayo original de Proctor resulto insuficiente para ciertas aplicaciones, se desarrolló el ensayo de Proctor modificado.

Tabla N° 19 *Ensayo Proctor estándar vs. Ensayo Próctor Modificado.*

<i>ENSAYO PROCTOR ESTÁNDAR.</i>	<i>ENSAYO PROCTOR MODIFICADO</i>
<i>ASTM D 698 (1980)</i>	
<i>Martillo de 2.495 Kg. (5.5 libras)</i>	<i>Martillo de 4.99 Kg., de masa.</i>
<i>Cayendo una distancia de 30.48 cm (1 pie)</i>	<i>Cayendo una distancia de 45.7 cm (1.5 pie)</i>

<p><i>El suelo es acomodado en un molde de 0.944litros (1/30) de pie cubico en tres capas a las cada una de las cuales se le aplica 25 golpes.</i></p>	<p><i>El suelo es acomodado en un molde de 0.944litros (1/30) de pie cubico en cinco (05) capas a las cada una de las cuales se le aplica 25 golpes.</i></p>
<p><i>Energía de Compactacion = $\frac{m * g * caída * N^{\circ} capas * N^{\circ} de golpes/capa}{Volumen.Molde}$</i></p>	
<p><i>Energía de compactación aplicada en el Proctor estándar. 592.7 KJ/m3</i></p>	<p><i>Energía de compactación aplicada en el Proctor estándar. 2962.3 KJ/m3</i></p>

(Fuente: Elaboración Propia)

El grado de compactación se fija en función de la importancia económica del terraplén compactado y con relación al patrón de compactación utilizado en el laboratorio. El grado de compactación requiere referirlo a un patrón de laboratorio: Proctor Estándar o Modificado.

El 17 de julio del 2013 se aprobo la actualizacion del manual de carreteras- "Especificaciones Tecnicas Generales para Construccion- EG-2013", mediante Resolucion Directoral N°22-2013-MTC/14. Seccion 205- Terraplenes-calidad de la compactacion, en la cual se fija en carreteras alcanzar como mínimo un Gc=95% de la energía del Proctor Modificado.

Aunque en muchos proyectos de carreteras solo fijan como control de compactación alcanzar el grado de compactación deseado, sin fijar en qué rango de humedades se debe obtener, esto se demuestra que es un grave error, en el aspecto económico y en el aspecto técnico.

Un ejemplo de ello, se muestra a continuación:

En el control de compactación del estribo de un puente, se tenía como exigencia en el campo alcanzar un 98% de compactación, supuestamente de la energía del Proctor Modificado, por lo que se daban los valores de la humedad óptima igual al 14% y el peso específico seco máximo igual a 1,68 gr/cm³. Se trataba de una arena. En obra el laboratorista obtuvo dos muestras de la capa compactada obteniendo los siguientes valores:

Tabla N° 20 Muestras de la capa compactada.

N° de Muestra	Humedad	Peso específico seco
Muestra N°1	7%	1.66gr/cm ³
Muestra N°2	9%	1.64gr/cm ³

(Fuente: Elaboración Propia)

De acuerdo a los resultados, el laboratorista aceptó la Muestra N°1 y rechazó la Muestra N°2, por no alcanzar ésta el 98% de compactación, cuando en realidad debió rechazar ambas muestras, por no cumplir las

propiedades mecánicas por las cuales se compactaron, que es mejorar la resistencia del suelo.

Por otra parte, para alcanzar el grado de compactación del 98%, con humedades tan bajas como 7% y 9%, debió hacerlo incrementando la energía de compactación, y por tanto el costo, por encima de la energía del patrón de laboratorio.

Por tanto, la capa de compactación aceptada por cumplir el 98% de compactación exigida, además de no tener las propiedades mecánicas que se pretenden mejorar en este caso, fue obtenida con un mayor costo de la compactación.

Si el contratista hubiera incrementado la humedad de compactación hasta un 14%, y hubiera dado una energía de compactación menor, hubiera obtenido propiedades mecánicas (resistencia), más favorables, a un menor costo, ya que es más económico incrementar la humedad que incrementar la energía de compactación.

Con esta experiencia se concluye que también se tienen que exigir, además del grado de compactación a alcanzar en obra, el rango de humedades con que este se debe alcanzar, a fin de obtener terraplenes de mejor calidad con menos costo.

Un aspecto de gran interés es saber cómo cambia la curva de compactación en función de la energía de compactación, esto es de uso práctico en la

ejecución de una obra, por ejemplo en un día que llovió y el suelo presenta una mayor humedad en contraste con la óptima, siempre que lleguemos, como sea posible llegar a la densidad exigida por el proyecto, se puede reducir la energía de compactación. En el campo la energía de compactación se reduce disminuyendo el número de pasadas o aumentando el espesor de la capa. Este efecto de la energía tiene mayor importancia en suelos finos de comportamiento cohesivo que en los suelos granulares.

Es así que la lluvia cayó en el lugar durante el proceso de compactación, saturando el suelo seleccionado y no siendo posible, de ninguna manera llegar a la densidad exigida por el proyecto, por lo que el residente anotó en el cuaderno de obra como circunstancia que impide el avance de la obra la "humedad del suelo en las lagunas facultativas", ya que en el proceso de compactación la lluvia en sí misma no es la que impide el avance de obra sino la humedad incontrolable. Según el siguiente espectro Tipo 3. Ver Figura N° 101.

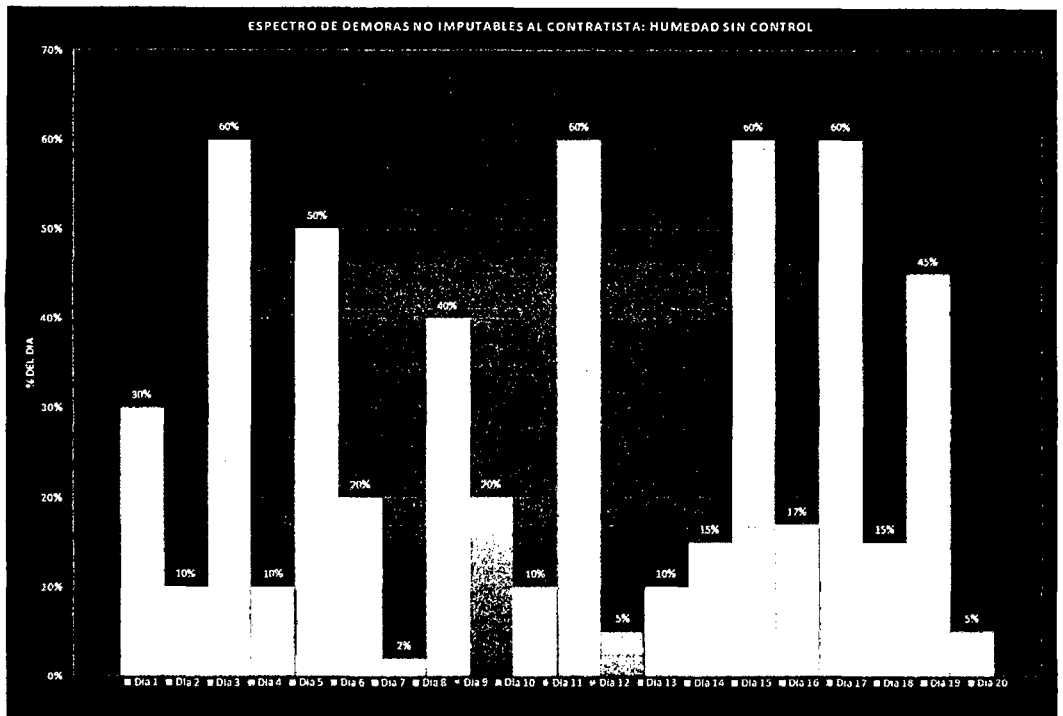


Figura N° 101 Espectro tipo 3.
(Fuente: Elaboración Propia).

El método del CONO DE ARENA esta normado por:

- ✓ NTP 339.143:1999 SUELOS. Método de ensayo estándar para la densidad y el peso unitario del suelo in-situ mediante el método del cono de arena.
- ✓ MTC E 117 – 2000 Ensayo para determinar la densidad de los suelos en el campo por el método del cono de arena.
- ✓ ASTM D 15556-82 Método de ensayo estándar para determinar la densidad del suelo in situ por el método del cono de arena.

Los cuales están basados y tienen fundamentos similares. Cuyo procedimiento es el siguiente:

- ❖ La densidad de la arena para la densidad en el sitio, previamente fue determinado en el laboratorio. La arena a utilizar en este método tiene que ser pasante del tamiz N°20 y retenida en el Tamiz N°30.
- ❖ En el tramo de prueba que se compacto en presencia de la lluvia o que se compacto mientras se extiende el efecto de esta lluvia, se realizó un hoyo utilizando la placa base.
- ❖ Se pesó la arena y el frasco con válvula incluida.
- ❖ Se llenó el hoyo excavado, al dejar caer la arena del frasco sobre el hoyo, la que se acomodó con relación de vacíos mínima.
- ❖ Volvemos a pesar la arena y el frasco con válvula, con lo que se determina el peso de la arena ingresada al hoyo.
- ❖ El volumen de la arena en el hoyo que es igual al volumen del suelo excavado sería:

*Vol. de la arena en el hoyo = Densidad de la arena * Peso de la arena ingresada al hoyo*

- ❖ Se pesó el suelo extraído del hoyo.
- ❖ finalmente con los datos obtenidos se calcula la densidad húmeda del suelo:

$$\text{Densidad Humeda del Suelo} = \frac{\text{Peso total del suelo extraído}}{\text{Volumen de la arena que ingresa al hoyo}}$$

- ❖ La muestra seca se obtiene (norma ASTM D-2216) al mantener la muestra de suelo por 24 horas en un horno a una temperatura de 110°C., se utiliza 24 horas de secamiento porque después de este tiempo la pérdida de humedad no es significativa.

El método de secado utilizando el horno microondas Norma ASTM D-4643, no pueden ser utilizados en suelos que contengan carbón y/o materia orgánica ya que estos materiales son combustibles.

$$\text{Densidad Seca} = \frac{\text{Peso suelo seco (horno)}}{\text{Volumen de la arena que ingresa al hoyo}}$$

- ❖ En ingeniería geotécnica la masa de agua se mide como se muestra a continuación:

$$\text{Masa de agua} = \text{Masa total del suelo} - \text{Masa de suelo seco (horno)}$$

- ❖ El contenido de humedad en términos de porcentaje.

$$\text{Contenido de humedad en porcentaje} = \frac{\text{Masa de agua}}{\text{Masa de suelo seco}} * 100$$

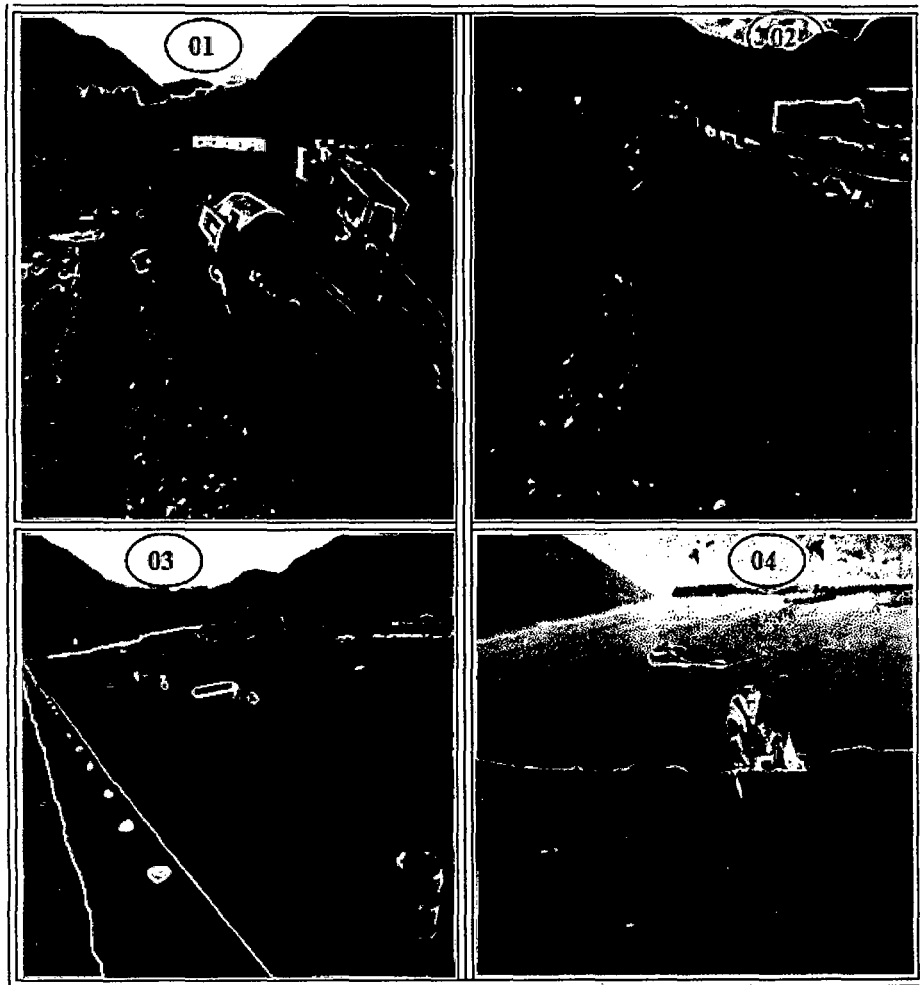


Figura N° 102 Construcción de las lagunas facultativas.
(Fuente: Elaboración Propia).

Hay que diferenciar la causa del efecto. Una lluvia extraordinaria por sí misma no es la generadora del derecho a la ampliación de plazo, sino los efectos de la lluvia sobre los trabajos que afectan el programa de obra. Una lluvia que dura 4 horas puede afectar la obra en dos días por ejemplo, por sus efectos o llueve el lunes, el miércoles y el sábado de una semana, pero

los efectos se acumulan y toda la semana y hasta el lunes siguientes se afecta el programa.

En los asientos del cuaderno de obra figura las humedades del suelo desde el 03 de julio al 23 de julio del 2015 en los diques de las lagunas facultativas, estos se obtuvieron utilizando el Speedy, los grados de compactación que se alcanzaría bajo esas condiciones de humedad se muestra en las Tablas N°: Figura N° 63 21, 22, 23 y Figura N° 103.

CONTROL DE COMPACTACION 01														
Norma ASTM D4718/MTC E117-2000														
DENSIDAD	0		1		2		3		4		5		6	
FECHA	03/07/2015		04/07/2015		05/07/2015		06/07/2015		07/07/2015		08/07/2015		09/07/2015	
UTM	Este:	304889	Este:	304889	Este:	304889	Este:	304889	Este:	304889	Este:	304889	Este:	304889
	Norte:	8922748	Norte:	8922748	Norte:	8922748	Norte:	8922748	Norte:	8922748	Norte:	8922748	Norte:	8922748
	Elev:	3,220.20 msnm	Elev:	3,220.20 msnm	Elev:	3,220.20 msnm	Elev:	3,220.20 msnm	Elev:	3,220.20 msnm	Elev:	3,220.20 msnm	Elev:	3,220.20 msnm
PROFUNDIDAD	13cm		13cm		13cm		13cm		13cm		13cm		13cm	
DESCRIPCION	DIQUES/RODILLO		DIQUES/RODILLO		DIQUES/RODILLO		DIQUES/RODILLO		DIQUES/RODILLO		DIQUES/RODILLO		DIQUES/RODILLO	
Lag. Facult. Primar. 01 Lag. Facult. Primar. 01 Lag. Facult. Primar. 01 Lag. Facult. Primar. 01 Lag. Facult. Primar. 01 Lag. Facult. Primar. 01 Lag. Facult. Primar. 01														
DENSIDAD DE CAMPO														
1	Peso del frasco + arena (grs.)	7345.00	7345.00	7345.00	7345.00	7345.00	7345.00	7345.00	7345.00	7345.00	7345.00	7345.00	7345.00	7345.00
2	Peso del frasco - arena utilizada (grs.)	3074.00	3074.00	3074.00	3074.00	3074.00	3074.00	3074.00	3074.00	3074.00	3074.00	3074.00	3074.00	3074.00
3	Peso de la arena empleada (grs.)	4271.00	4271.00	4271.00	4271.00	4271.00	4271.00	4271.00	4271.00	4271.00	4271.00	4271.00	4271.00	4271.00
4	Peso de arena en el cono (grs.) VF	1554.00	1554.00	1554.00	1554.00	1554.00	1554.00	1554.00	1554.00	1554.00	1554.00	1554.00	1554.00	1554.00
5	Peso de arena en el hueco (grs.)	2717.00	2717.00	2717.00	2717.00	2717.00	2717.00	2717.00	2717.00	2717.00	2717.00	2717.00	2717.00	2717.00
6	Densidad de la arena (gr./cc) VF	1.480	1.480	1.480	1.480	1.480	1.480	1.480	1.480	1.480	1.480	1.480	1.480	1.480
7	Volumen del hueco (c.c.)	1835.81	1835.81	1835.81	1835.81	1835.81	1835.81	1835.81	1835.81	1835.81	1835.81	1835.81	1835.81	1835.81
8	Peso de la grava de 3/4" (grs.)	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00
9	Porcentaje de grava (%)	17.17%	17.17%	17.17%	17.17%	17.17%	17.17%	17.17%	17.17%	17.17%	17.17%	17.17%	17.17%	17.17%
10	Peso del recipiente +suelo + grava (grs.)	4079.00	4079.00	4079.00	4079.00	4079.00	4079.00	4079.00	4079.00	4079.00	4079.00	4079.00	4079.00	4079.00
11	Peso de Tara (grs.)	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
12	Densidad Humeda (gr./cc)	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
13	Gravedad especifica de la grava (gr./cc)	2.600	2.600	2.600	2.600	2.600	2.600	2.600	2.600	2.600	2.600	2.600	2.600	2.600
CONTENIDO DE HUMEDAD														
14	contenido de humedad (%)	SPEEDY	SPEEDY	SPEEDY	SPEEDY	SPEEDY	SPEEDY	SPEEDY	SPEEDY	SPEEDY	SPEEDY	SPEEDY	SPEEDY	SPEEDY
15	Óptimo Contenido de humedad (%)	12.6% (± 2 %)	12.6%	12.6%	12.6%	12.6%	12.6%	12.6%	12.6%	12.6%	12.6%	12.6%	12.6%	12.6%
16	Contenido de humedad promedio (%)	10.6%	15.0%	16.0%	17.0%	18.0%	19.0%	20.0%						
GRADO DE COMPACTACION														
17	Densidad de la muestra seca	1.949	1.874	1.858	1.842	1.827	1.811	1.796						
18	Maxima densidad seca (Proctor)	1.977	1.977	1.977	1.977	1.977	1.977	1.977						
19	Grado de compactacion alcanzado(%)	98.59%	94.81%	94.00%	93.19%	92.40%	91.63%	90.86%						

Figura N° 63 21 Control de Compactación del 03.Jul al 09.Jul de 2015

(Fuente: Elaboración Propia).

CONTROL DE COMPACTACION 02								
Norma ASTM D4718/MTC E117-2000								
DENSIDAD	7	8	9	10	11	12	13	
FECHA	10/07/2015	11/07/2015	12/07/2015	13/07/2015	14/07/2015	15/07/2015	16/07/2015	
UTM	Este: 304889	Este: 304889	Este: 304889	Este: 304889	Este: 304889	Este: 304889	Este: 304889	Este: 304889
	Norte: 8922748	Norte: 8922748	Norte: 8922748	Norte: 8922748	Norte: 8922748	Norte: 8922748	Norte: 8922748	Norte: 8922748
	Elev: 3,220.20 msnm	Elev: 3,220.20 msnm	Elev: 3,220.20 msnm	Elev: 3,220.20 msnm	Elev: 3,220.20 msnm	Elev: 3,220.20 msnm	Elev: 3,220.20 msnm	Elev: 3,220.20 msnm
PROFUNDIDAD	13cm	13cm	13cm	13cm	13cm	13cm	13cm	13cm
DESCRIPCION	DIQUES/RODILLO	DIQUES/RODILLO	DIQUES/RODILLO	DIQUES/RODILLO	DIQUES/RODILLO	DIQUES/RODILLO	DIQUES/RODILLO	DIQUES/RODILLO
	Lag. Facult. Primar. 01	Lag. Facult. Primar. 01	Lag. Facult. Primar. 01	Lag. Facult. Primar. 01	Lag. Facult. Primar. 01	Lag. Facult. Primar. 01	Lag. Facult. Primar. 01	Lag. Facult. Primar. 01
DENSIDAD DE CAMPO								
1	Peso del frasco + arena (grs.)	7345.00	7345.00	7345.00	7345.00	7345.00	7345.00	7345.00
2	Peso del frasco - arena utilizada (grs.)	3074.00	3074.00	3074.00	3074.00	3074.00	3074.00	3074.00
3	Peso de la arena empleada (grs.)	4271.00	4271.00	4271.00	4271.00	4271.00	4271.00	4271.00
4	Peso de arena en el cono (grs.) VF	1554.00	1554.00	1554.00	1554.00	1554.00	1554.00	1554.00
5	Peso de arena en el hueco (grs.)	2717.00	2717.00	2717.00	2717.00	2717.00	2717.00	2717.00
6	Densidad de la arena (gr./cc) VF	1.480	1.480	1.480	1.480	1.480	1.480	1.480
7	Volumen del hueco (c.c.)	1835.81	1835.81	1835.81	1835.81	1835.81	1835.81	1835.81
8	Peso de la grava de 3/4" (grs.)	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00
9	Porcentaje de grava (%)	17.17%	17.17%	17.17%	17.17%	17.17%	17.17%	17.17%
10	Peso del recipiente +suelo + grava (grs.)	4079.00	4079.00	4079.00	4079.00	4079.00	4079.00	4079.00
11	Peso de Tara (grs.)	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
12	Densidad Humeda (gr./cc)	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
13	Gravedad especifica de la grava (gr./cc)	2.600	2.600	2.600	2.600	2.600	2.600	2.600
CONTENIDO DE HUMEDAD								
14	contenido de humedad (%)	SPEEDY	SPEEDY	SPEEDY	SPEEDY	SPEEDY	SPEEDY	SPEEDY
15	Optimo Contenido de humedad (%)	12.6% (± 2 %)	12.6%	12.6%	12.6%	12.6%	12.6%	12.6%
16	Contenido de humedad promedio (%)	21.0%	22.0%	23.0%	24.0%	25.0%	26.0%	27.0%
GRADO DE COMPACTACION								
17	Densidad de la muestra seca	1.782	1.767	1.753	1.738	1.725	1.711	1.697
18	Maxima densidad seca (Proctor)	1.977	1.977	1.977	1.977	1.977	1.977	1.977
19	Grado de compactacion alcanzado(%)	90.11%	89.37%	88.65%	87.93%	87.23%	86.54%	85.86%

Figura N° 63 22 Control de Compactación del 10.Jul al 16.Jul de 2015

(Fuente: Elaboración Propia).

CONTROL DE COMPACTACION 03								
Norma ASTM D4718/MTC E117-2000								
DENSIDAD	14	15	16	17	18	19	20	
FECHA	17/07/2015	18/07/2015	19/07/2015	20/07/2015	21/07/2015	22/07/2015	23/07/2015	
UTM	Este: 304889	Este: 304889	Este: 304889	Este: 304889	Este: 304889	Este: 304889	Este: 304889	Este: 304889
	Norte: 8922748	Norte: 8922748	Norte: 8922748	Norte: 8922748	Norte: 8922748	Norte: 8922748	Norte: 8922748	Norte: 8922748
	Elev: 3,220.20 msnm	Elev: 3,220.20 msnm	Elev: 3,220.20 msnm	Elev: 3,220.20 msnm	Elev: 3,220.20 msnm	Elev: 3,220.20 msnm	Elev: 3,220.20 msnm	Elev: 3,220.20 msnm
PROFUNDIDAD	13cm	13cm	13cm	13cm	13cm	13cm	13cm	13cm
DESCRIPCION	DIQUES/RODILLO	DIQUES/RODILLO	DIQUES/RODILLO	DIQUES/RODILLO	DIQUES/RODILLO	DIQUES/RODILLO	DIQUES/RODILLO	DIQUES/RODILLO
	Lag. Facult. Primar. 01	Lag. Facult. Primar. 01	Lag. Facult. Primar. 01	Lag. Facult. Primar. 01	Lag. Facult. Primar. 01	Lag. Facult. Primar. 01	Lag. Facult. Primar. 01	Lag. Facult. Primar. 01
DENSIDAD DE CAMPO								
1	Peso del frasco + arena (grs.)	7345.00	7345.00	7345.00	7345.00	7345.00	7345.00	7345.00
2	Peso del frasco - arena utilizada (grs.)	3074.00	3074.00	3074.00	3074.00	3074.00	3074.00	3074.00
3	Peso de la arena empleada (grs.)	4271.00	4271.00	4271.00	4271.00	4271.00	4271.00	4271.00
4	Peso de arena en el cono (grs.) VF	1554.00	1554.00	1554.00	1554.00	1554.00	1554.00	1554.00
5	Peso de arena en el hueco (grs.)	2717.00	2717.00	2717.00	2717.00	2717.00	2717.00	2717.00
6	Densidad de la arena (gr./cc) VF	1.480	1.480	1.480	1.480	1.480	1.480	1.480
7	Volumen del hueco (c.c.)	1835.81	1835.81	1835.81	1835.81	1835.81	1835.81	1835.81
8	Peso de la grava de 3/4" (grs.)	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00
9	Porcentaje de grava (%)	17.17%	17.17%	17.17%	17.17%	17.17%	17.17%	17.17%
10	Peso del recipiente +suelo + grava (grs.)	4079.00	4079.00	4079.00	4079.00	4079.00	4079.00	4079.00
11	Peso de Tara (grs.)	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
12	Densidad Humeda (gr./cc)	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
13	Gravedad especifica de la grava (gr./cc)	2.600	2.600	2.600	2.600	2.600	2.600	2.600
CONTENIDO DE HUMEDAD								
14	contenido de humedad (%)	SPEEDY	SPEEDY	SPEEDY	SPEEDY	SPEEDY	SPEEDY	SPEEDY
15	Optimo Contenido de humedad (%)	12.6% (± 2 %)	12.6%	12.6%	12.6%	12.6%	12.6%	12.6%
16	Contenido de humedad promedio (%)	28.0%	29.0%	30.0%	31.0%	32.0%	33.0%	34.0%
GRADO DE COMPACTACION								
17	Densidad de la muestra seca	1.684	1.671	1.658	1.646	1.633	1.621	1.609
18	Maxima densidad seca (Proctor)	1.977	1.977	1.977	1.977	1.977	1.977	1.977
19	Grado de compactacion alcanzado(%)	85.18%	84.52%	83.87%	83.23%	82.60%	81.98%	81.37%

Figura N° 63 23 Control de Compactación del 17.Jul al 23.Jul de 2015

(Fuente: Elaboración Propia).

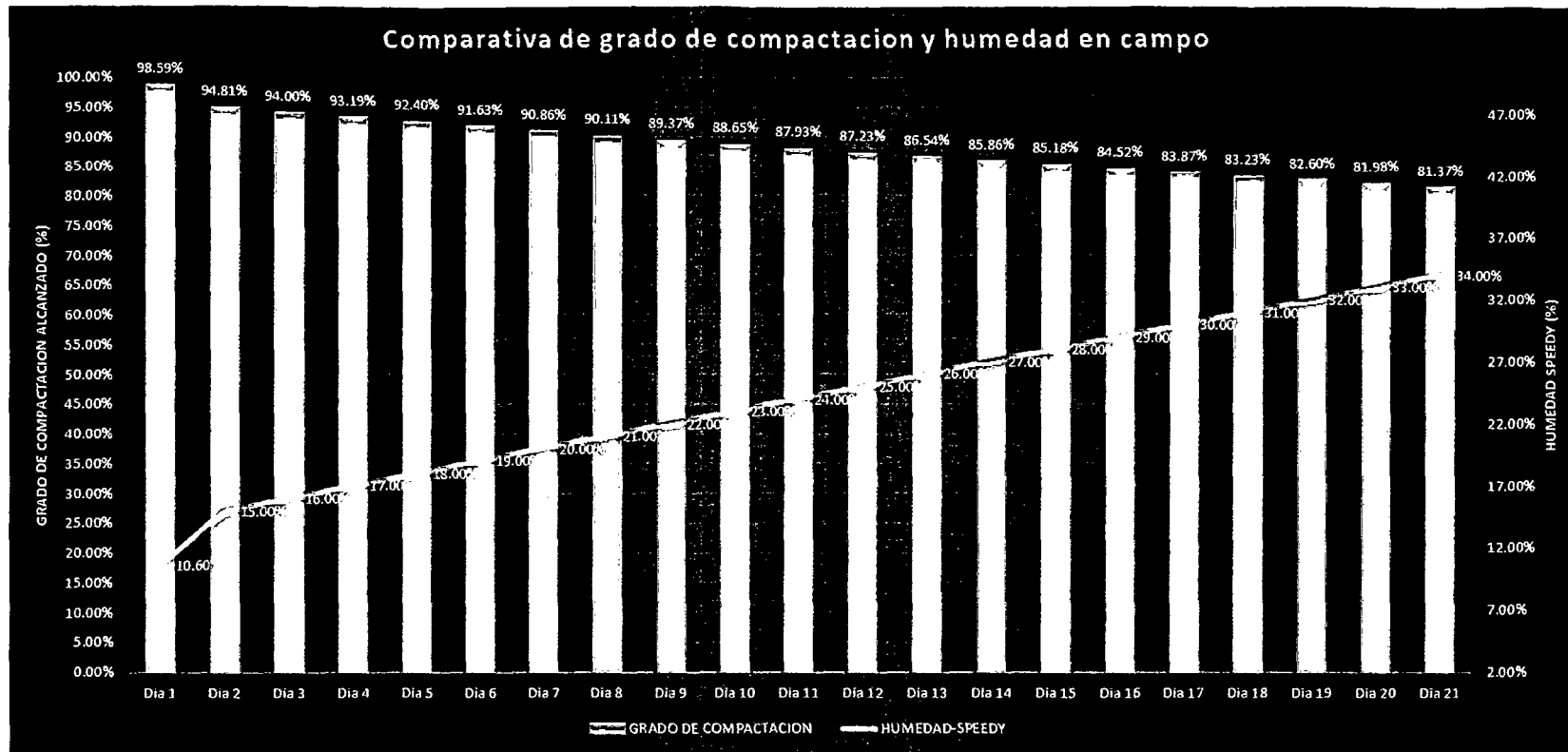


Figura N° 103 Comparativa de grado de compactación y humedad de campo del 03.Jul al 23.Jul de 2015
 (Fuente: Elaboración Propia).

En virtud a los artículos N° 200 y N° 201 del reglamento de la ley de contrataciones del estado se procederá a cuantificar y solicitar la ampliación de plazo correspondiente.

a) IDENTIFICACION DE LAS ACTIVIDADES DIRECTAMENTE AFECTADAS

Según el C.A.O. la única actividad directamente afecta es la compactación.

Tabla N° 24 *La actividad compactación es la única afecta.*

<i>Actividad</i>	<i>Duración (d.c.)</i>	<i>Fecha de inicio contractual</i>	<i>Fecha de Término contractual</i>
<i>Compactación</i>	<i>20</i>	<i>16.Jun.2015</i>	<i>5.Jul.2015</i>

(Fuente: Elaboración Propia)

b) ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS AÑADIDOS A LA RED PDM DE OBRA.

Una vez realizada la inclusión del atraso en la red PDM de Obra, antes vigente, procederé a la obtención de la Programación ideal con efectos del atraso. La que será la nueva red de precedencias de obra vigente.

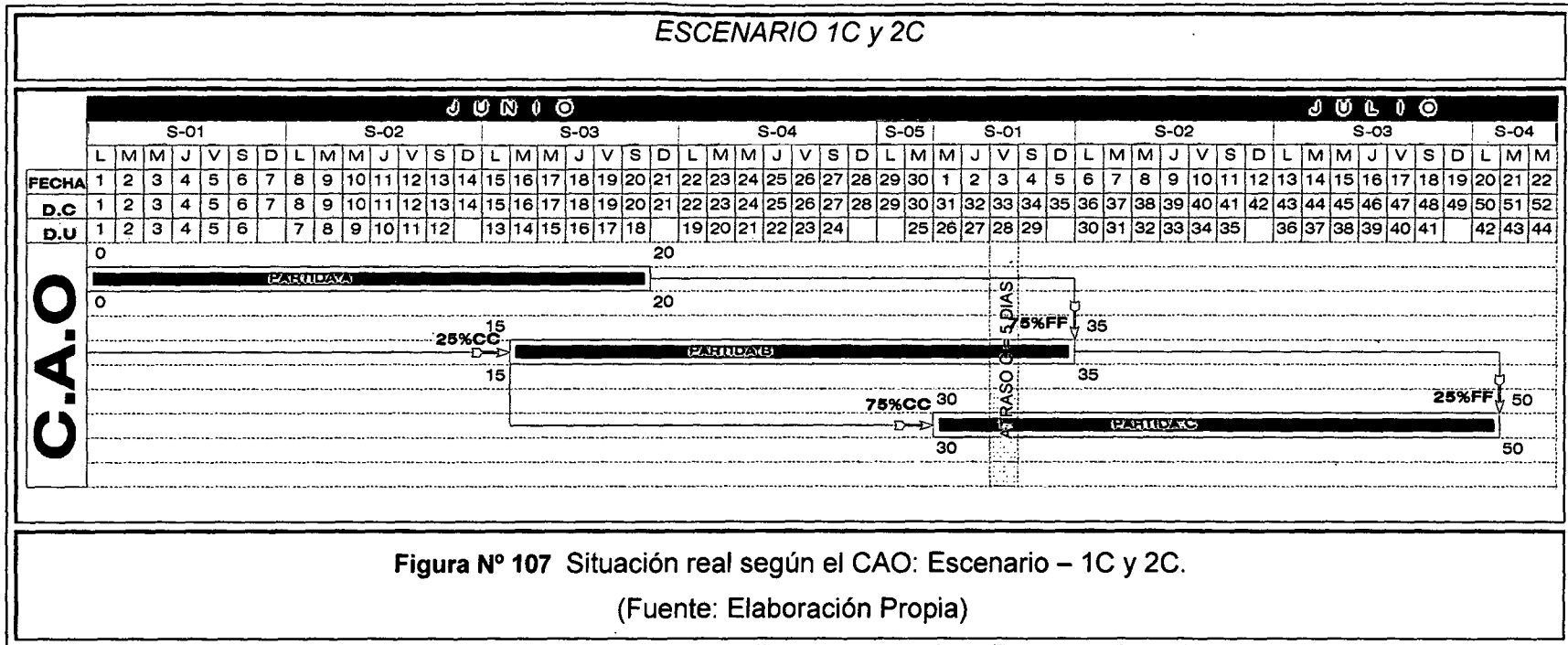
c) AMPLIACION DE PLAZO N° 01-ESC4:

Del 04.jul.2015 al 23.jul.2015, el contratista no realiza el proceso de compactación, por los efectos de la lluvia que genera humedad incontrolable en el suelo seleccionado, por cada día de paralización de la partida B corresponderá un recalcu de la red PDM ver Figura N° 104, Figura N° 105 y Figura N° 106.

4.6.2.3.5. ATRASO SEGÚN ESCENARIO 1C Y 2C

Consideremos que en la anterior obra el único atraso presentado según la escala temporal es el mostrado en la Figura N° 107.

Los impactos debido al atraso se muestra en las Figuras N°:108 y 109.



Habiendo realizado la modelación dinámica de ciertas demoras no imputables al contratista en una red de precedencias de obra se puede afirmar que el Método de la Ruta Crítica se convierte en una ayuda fundamental, para la gestión de una ampliación de plazo.

En ese sentido se nota que la red de precedencias de obra dinámica se adapta a la realidad cambiante y al manejo de la incertidumbre. Que planifiquemos no significa que seamos estáticos, Nos mantiene alerta continuamente a los cambios que pudiera generar solo las causales validas, generándose una actualización de la red de precedencias de obra por el impacto de esta. El calendario de avance que marca la pauta o ritmo que seguirá una obra que posee 02 formulas Polinómica se muestra a continuación. Ver Figura N° 110.

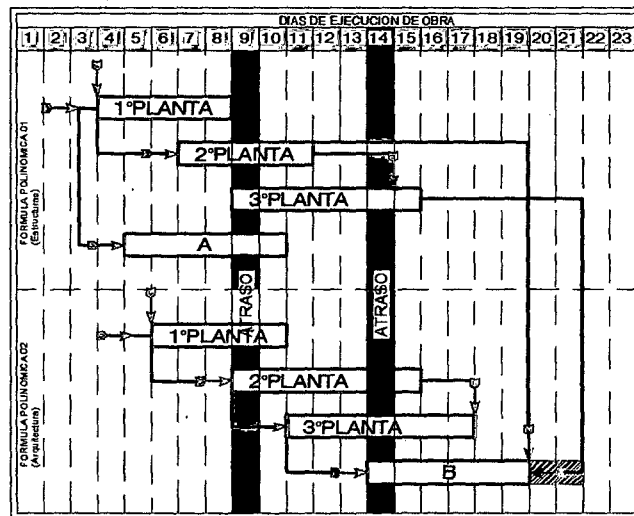


Figura N° 110 Calendario de Avance de Obra Actualizado.
 (Fuente: Elaboración Propia)

En la Figura N° 110, observamos que a los 14 días calendarios de iniciado el plazo oficial de obra se produce una intensa precipitación (lluvia torrencial), que según el cuaderno de obra se inicia minutos pasados al medio día y se extiende hasta las seis (06) de la tarde. En estas condiciones, todas las actividades de la formula Estructuras (3° planta) y formula Arquitectura (3° planta) se suspenden a partir del mediodía, sin embargo los trabajos internos de la formula arquitectura (2° planta) pueden ser realizados parcialmente al encontrarse bajo cobertura, y por tanto este hecho tendría que ser evaluado en la red o malla de precedencias para concluir si modifica la ruta crítica o no y por ende si incrementa el plazo final de la obra, o si este retraso es consumido por las holguras disponibles.

Considerando el área grafica de un calendario de avance de obra y dado que cada uno de los atrasos ocurre dentro del plazo de ejecución de obra en días calendarios, ante un atraso 2, como el mostrado en la Figura N° 110, el área gráfica del calendario de avance de obra queda dividido en tres regiones bien definidas:

- ❖ La parte del calendario de avance de obra que queda completamente a la izquierda del día de atraso 2.
- ❖ La parte del calendario de avance de obra que está interceptada por el día de atraso 2.

- ❖ La parte del calendario de avance de obra que queda completamente a la derecha del día de atraso 2.

El algoritmo de cálculo a generar para cada uno de los tres escenarios antes mencionados de tal modo que permita obtener la red de precedencias actualizado por el atraso, debe ser concordante con lo estipulado al respecto en la ley de contratación con el estado y su reglamento.

4.6.2.4. RED DE PRECEDENCIAS DE OBRA ACTUALIZADO POR ATRASO.

Se elabora, teniendo en cuenta el siguiente aspecto técnico:

4.6.2.4.1. TIEMPOS ACTUALIZADO DE LAS PARTIDAS CUYA OCURRENCIA PROGRAMADA VIGENTE ES ANTERIOR AL DIA DE ATRASO.

En virtud a lo señalado por el RLCE en el Artículo 205.- Durante la ejecución de la obra, el contratista está obligado a cumplir los avances parciales establecidos en el calendario de avance de obra vigente, en caso de retraso injustificado la reprogramación por única vez corresponderá al N.C.A.A.O (con la que se debe garantizar el cumplimiento de la obra dentro del plazo previsto), en tal sentido lo que queda a la izquierda de la fecha de inicio del atraso en el diagrama gannt (ASAP) debe congelarse en sus fechas de inicio antes vigentes y sin holguras.

Se distingue que la norma vigente exige que el contratista debe seguir al pie de la letra el programa de ejecución de obra presentado como requisito para la firma del contrato. En virtud a ello todas las partidas críticas deben

ejecutarse en sus fechas programadas, pudiendo retrasarse o extenderse respecto a su fecha de inicio temprano y dentro de su margen de demora permisible las partidas no críticas, estos a su vez tendrán el dato de fecha de inicio conocida en la fecha de actualización. Razón por la cual corresponde volverlos estáticos bajo esas condiciones para evitar posterior modificación injustificada por las partes.

4.6.2.4.2. TIEMPOS ACTUALIZADOS DE LAS PARTIDAS SUBORDINADAS CUYA OCURRENCIA PROGRAMADA VIGENTE EN UNO DE SUS DIAS COINCIDE CON EL DÍA DE ATRASO O ESTAN COMPLETAMENTE A LA DERECHA DE ESTA.

El artículo 201° del RLCE, señala que la red de programación antes vigente, se actualiza, considerando para ello solo las partidas que se han visto afectadas por la causal de atraso válida.

Si el atraso afecta bien paralizando o disminuyéndole de ritmo entonces se modela este efecto en la partida como un incremento de duración equivalente a la fracción de día que se atrasó en la producción. La distinción de que el atraso ocurrió en su primer día o a partir de su segundo día de ejecución en la partida servirá para establecer la nueva distribución del trabajo, es decir rebajaremos la carga de trabajo correspondiente al día de atraso para luego trasladarle a un nuevo día y en equivalencia con el atraso.

Una cuestión importante es determinar de todas las partidas interceptadas por la fecha del día de atraso a las partidas que resultaron realmente

afectadas por el atraso, según la estructura del CAO vigente y en armonía con los asientos del cuaderno de obra.

Un hecho técnicamente inaceptable que pudiera generar el modelador consciente o inconscientemente sería la multiplicidad de efectos por atraso, esto consiste en repercutir el atraso en "n" partidas interrelacionadas y que son interceptadas por el día de atraso.

4.6.2.4.2.1. DETERMINACIÓN DE LAS PARTIDAS DOMINANTES A LAS QUE INSERTAREMOS DIRECTAMENTE EL INDICADOR DE ATRASO POR PARTIDA (IAP).

Como en la programación dinámica la verdadera naturaleza de las Interrelaciones suele ser la de determinados niveles de producción necesarios para comenzar o finalizar una de determinada partida o que no podrán ser ejecutados mientras no finalice su precedente, luego si se inserta el efecto retraso en una partida no tendría por qué insertarse el efecto retraso en la(s) partida(s) que dependen de la ejecución de la primera, de insertarse en estas se estaría generando el efecto doble, triple, etc. Por lo que será necesario determinar previamente las partidas dominantes de todas las partidas interceptadas por la fecha de inicio de retraso.

Las partidas son procesos individuales, diferenciados en el espacio en el tiempo, que han de ser ejecutados de forma continua e intensidad constante y con una duración conocida.

Por lo tanto una partida dominante, es aquella que no tiene partida predecesora con ocurrencia programada para el día de inicio del atraso. Analicemos todo ello en la Figura N° 110.

Identificación de las actividades a las que intercepta el día de atraso

2, Según Figura N° 110.

- ❖ Actividad Estructura 3° Planta.
- ❖ Actividad Arquitectura 2° Planta.
- ❖ Actividad Arquitectura 3° Planta.
- ❖ Actividad B.

Procedimiento para identificar las actividades dominantes interceptadas por el día de atraso 2, Según Figura N° 110.

A partir de la segunda actividad (Arquitectura 2° Planta) comienzo a identificar si tiene una actividad predecesora anterior, si tiene predecesora lo deshabilito para evitar el efecto doble del atraso, pero si no tiene predecesora lo deajo habilitado (activado) la que de ser el caso permitirá repercutir directamente el efecto del retraso sobre este. Y así, repito el proceso del punto anterior con la siguiente actividad, según el orden de prelación de sus EDTS o códigos de programación, y así sucesivamente con todas las actividades interceptadas por la fecha de inicio de retraso. Para el ejemplo en análisis la Actividad Arquitectura 2° Planta (segunda actividad) no tiene como precedente a la Actividad Estructura 3° Planta (primera

actividad) por lo que la Actividad Arquitectura 2° Planta debe quedar habilitado la que de ser el caso permitirá repercutir directamente el efecto del retraso sobre este; La Actividad Arquitectura 3° Planta tiene como precedente a la Actividad Arquitectura 2° Planta el cual está activo, por lo que corresponde deshabilitarlo a este; la actividad B tiene como precedente a La Actividad Arquitectura 3° Planta(deshabilitado) y a la Actividad Estructuras 3° Planta(habilitado).

En general para que una actividad sea deshabilitado es suficiente que tenga como precedente una actividad habilitada o deshabilitado.

✓ ***Inserción de Atrasos en las Partidas Dominantes.***

Una vez determinadas las partidas dominantes, será necesario el ingreso del Indicador de atraso por actividad o partida (IAP) las que se encuentran registrado con su correspondiente justificación y según la estructura del CAO en el cuaderno de obra.

Además sabemos que el residente de obra debe registrar en el cuaderno de obra, desde el inicio, durante y hasta su fin, la ocurrencia de la causal ya que el Cuaderno de Obra es un documento oficial que registra todos los acontecimientos importantes que se producen en el decorrer de la construcción de una obra de ingeniería.

El cuaderno de obra es el documento que, debidamente foliado, se abre al inicio de toda obra y en el que el inspector o supervisor y el residente anotan

las ocurrencias, ordenes consultas y las respuestas a las consultas, en los artículos 150° y 152° del reglamento de la ley de contrataciones y adquisiciones del estado establecen sobre el cuaderno de obra.

4.6.2.4.2.2. CONDICIÓN GENERAL DE UNA PARTIDA DOMINANTE “I” DENTRO DE LA RED DE PRECEDENCIAS.

Una red de precedencias simplifica la representación del proceso constructivo y el cálculo del plazo de ejecución de cualquier proyecto. Resulta adecuado cuando hay muchas partidas en la cual los finales de algunos no coinciden con los principios de las siguientes, lo cual es bastante habitual en las obras.

La ventaja fundamental de la red de precedencias es que facilita enormemente el solape entre las partidas al introducir nuevas relaciones de precedencia, frente a la red de flechas y no son necesarios las actividades ficticias, lo que simplifica los cálculos.

Además en la red de precedencias podríamos tener partidas de producción y/o actividades no productivas como periodos de fraguado o plazos administrativos, así como interdependencias en función de la producción ejecutada y/o pendiente o simplemente dependiente de que transcurra exclusivamente un lapso determinado independiente de la producción realizada. Ver Figura N° 111.

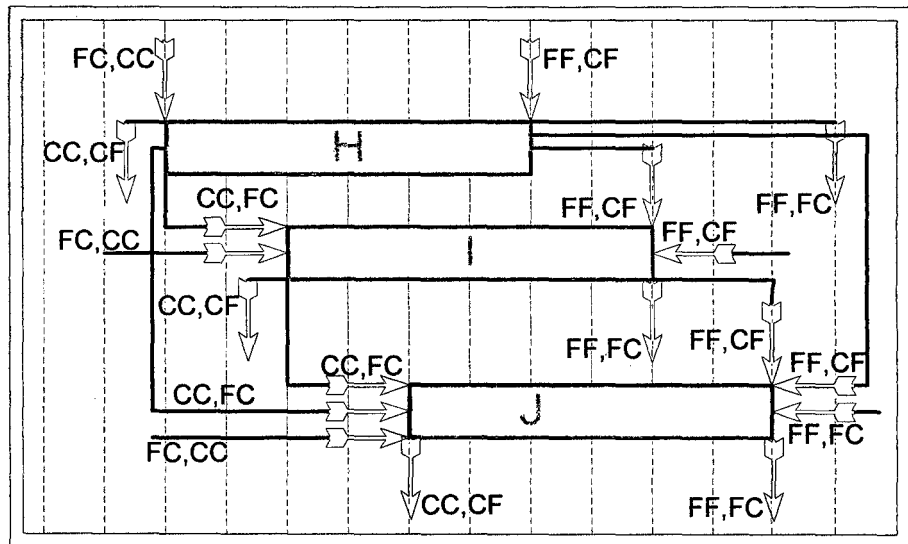


Figura N° 111 Condición general de una partida I.

(Fuente: Elaboración Propia)

En términos generales para una partida "I" se tiene relaciones o enlaces que llegan y relaciones o enlaces que salen. Ver Figura N° 112.

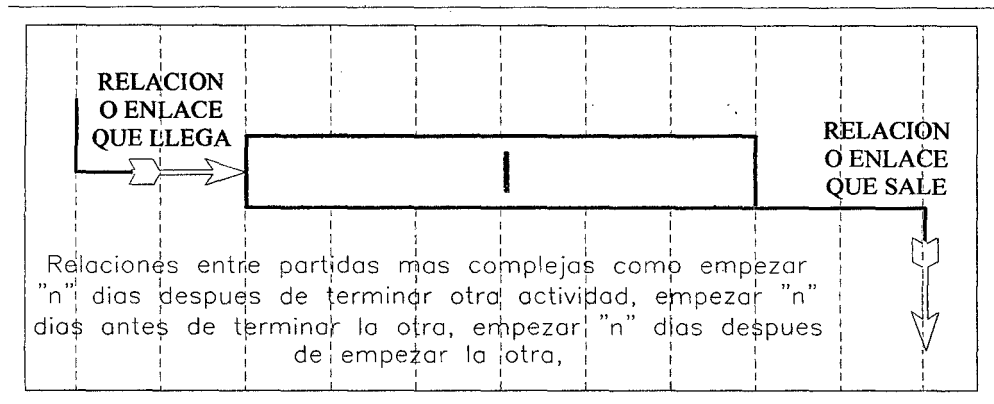


Figura N° 112 Relaciones o enlaces en una partida "I".

(Fuente: Elaboración Propia)

4.6.2.4.2.3. ACTUALIZACIÓN EN LA RELACION DOMINANTE QUE LLEGA Y POR EL INCREMENTO DE DURACIÓN EQUIVALENTE A LA FRACCIÓN DE DÍA QUE SE ATRASÓ LA PARTIDA.

✓ **Normatividad vigente aplicable.**

La Ley de contrataciones con el estado (LCE) aprobado mediante decreto legislativo N° 1017 y sus modificaciones mediante el decreto supremo N°138-2012-EF, obliga que la red PDM de obra mal llamado PERTCPM se actualiza considerando para ello solo las partidas que se han visto afectadas en el penúltimo párrafo (literal 201.6), del artículo N°201.

Así mismo en el decreto supremo N°138-2012-EF, en el primer párrafo (literal 205.1), del artículo N°205, señala que durante la ejecución de la obra, el contratista está obligado a cumplir los avances parciales establecidos en el calendario de avance de obra vigente.

En la DIRECTIVA N° 01-2011-EF/68.01 en el Art. 25: Ejecución del proyecto refiere:

25.1. La ejecución de un PIP sólo podrá iniciarse, si se ha realizado el registro a que se refiere el Artículo 24.4 (Formato - 15); que informa consistencia entre el expediente técnico y el estudio de pre inversión, en los aspectos de: Objetivo, Monto, Localización, Alternativa de solución, Metas asociadas a la capacidad de producción del servicio, Tecnología de producción, Plazo de ejecución, Fórmulas de reajuste de precios, y Modalidad de ejecución.

25.2. El cronograma de ejecución debe basarse en el cronograma previsto en los estudios de preinversión, a fin que el proyecto genere los beneficios estimados oportunamente, para ello programarse los recursos presupuestales necesarios.

25.3. Durante la ejecución del proyecto, la UE deberá supervisar permanentemente el avance del mismo, verificando que se mantengan las condiciones y parámetros establecidos en el ET y el cronograma previsto.

Es responsabilidad de la UE informar oportunamente sobre cambios que se den en el PIP en la Fase de Inversión a los órganos que correspondan.

Por otra parte, las normas del SNIP tampoco regulan específicamente el tema de ampliaciones de plazo en los proyectos por administración directa, solo indica en el artículo 26° ítem 26.2 que el cambio del plazo de ejecución es una modificación no sustancial. Es decir, señala que se puede hacer tales modificaciones pero no regula los términos detallados de los cambios a realizar.

✓ **Actualización de las relaciones que llegan por efecto de la partida atrasada.**

Una vez realizada la inclusión del atraso en la partida afectada de la red de precedencias de Obra antes vigente procederé a la actualización de las relaciones que llegan con efectos del atraso. Las que serán las nuevas relaciones que llegan a la partida afectada. Parto del tiempo de inicio temprano programado para la partida afectada y analizo la variación

del tiempo de inicio que se genera luego del recalcu de la red considerando como única variante la nueva duración de la partida con atraso.

El tiempo de inicio puede resultar menor, igual o mayor que la que se tenía antes del impacto de la paralización en la red de precedencias de obra antes vigente, en función de esta condición se realizara la corrección de la relación dominante de llegada, es decir se ejecutara el bucle Prueba-error-corrección de error.

Las posibles modificaciones en las relaciones dinámicas, que puedan aparecer son compatibles con las iniciales que hemos obligado a mantener.

En consecuencia, conociendo la variación del tiempo de inicio de una partida atrasada al recalcular la red de programación primitiva considerando como única variante la nueva duración de la partida con atraso obtendremos las nuevas relaciones que llegan a la partida afectada ver Figuras N°: 113, 114, 115 y 116.

RELACION DOMINANTE DE LLEGADA TIPO: COMIENZO-COMIENZO

EL INCREMENTO EN LA DURACION DE "B" NO EXIGE CORRECCION EN LA RELACION DE LLEGADA TIPO COMIENZO-COMIENZO.

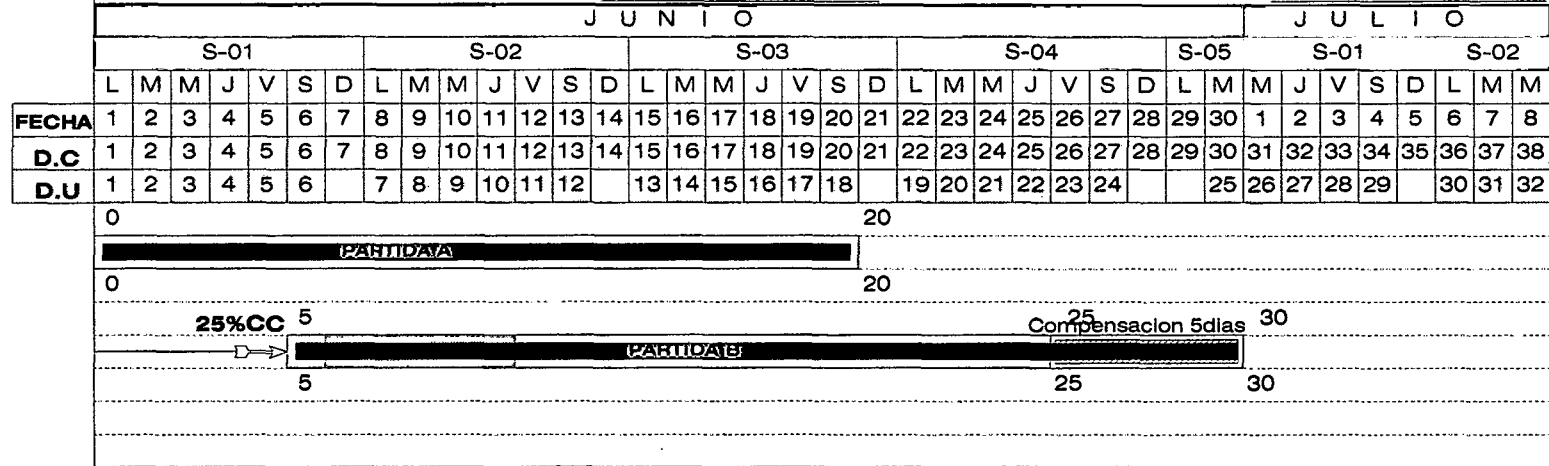


Figura N° 113 Interrelación dominante entre una partida dominante y partida subordinada.

(Fuente: Elaboración Propia)

RELACION DOMINANTE DE LLEGADA TIPO: FIN-FIN

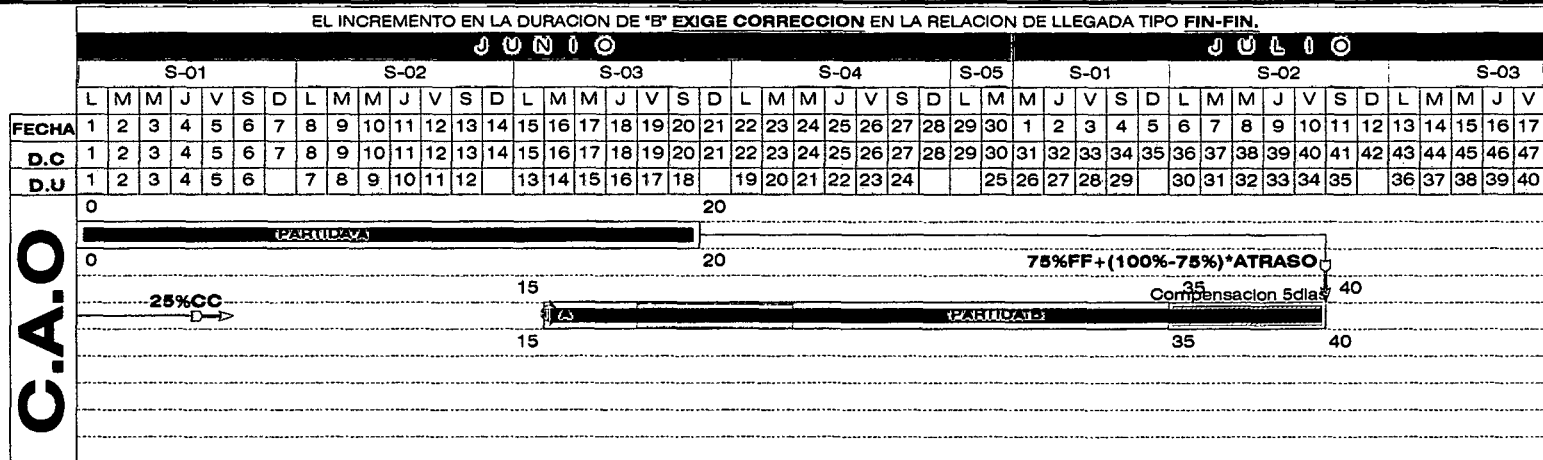


Figura N° 114 Interrelación dominante entre una partida dominante y partida subordinada.

(Fuente: Elaboración Propia)

RELACION DOMINANTE DE LLEGADA TIPO: COMIENZO-FIN

EL INCREMENTO EN LA DURACION DE "B" EXIGE CORRECCION EN LA RELACION DE LLEGADA TIPO COMIENZO-FIN.

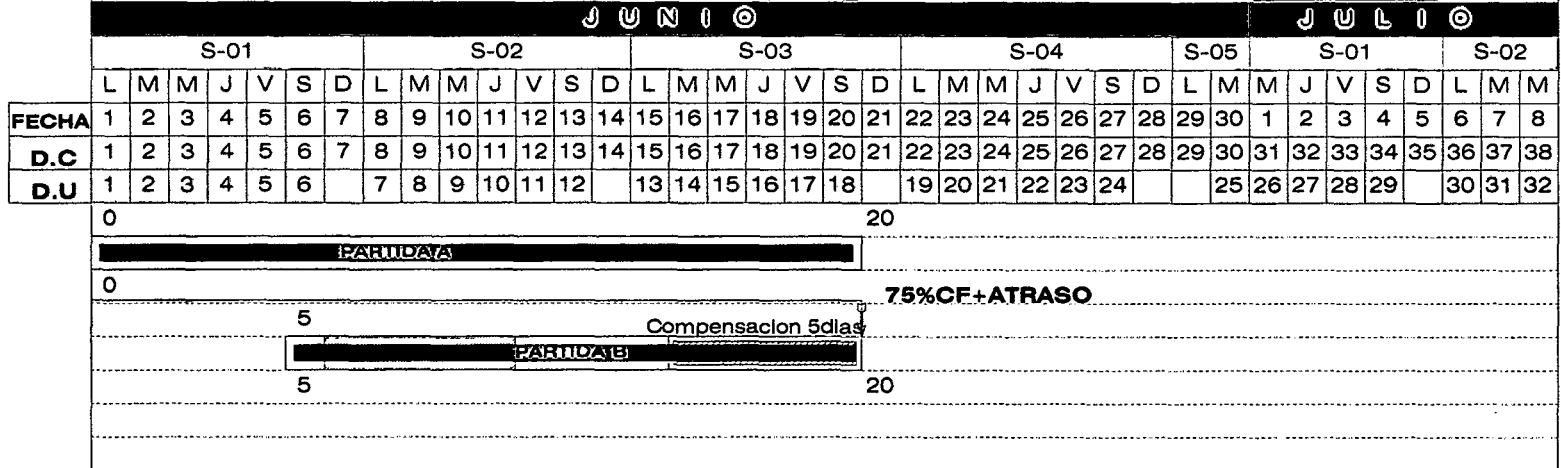


Figura Nº 115 Interrelación dominante entre una partida dominante y partida subordinada.

(Fuente: Elaboración Propia)

RELACION DOMINANTE DE LLEGADA TIPO: FIN-COMIENZO

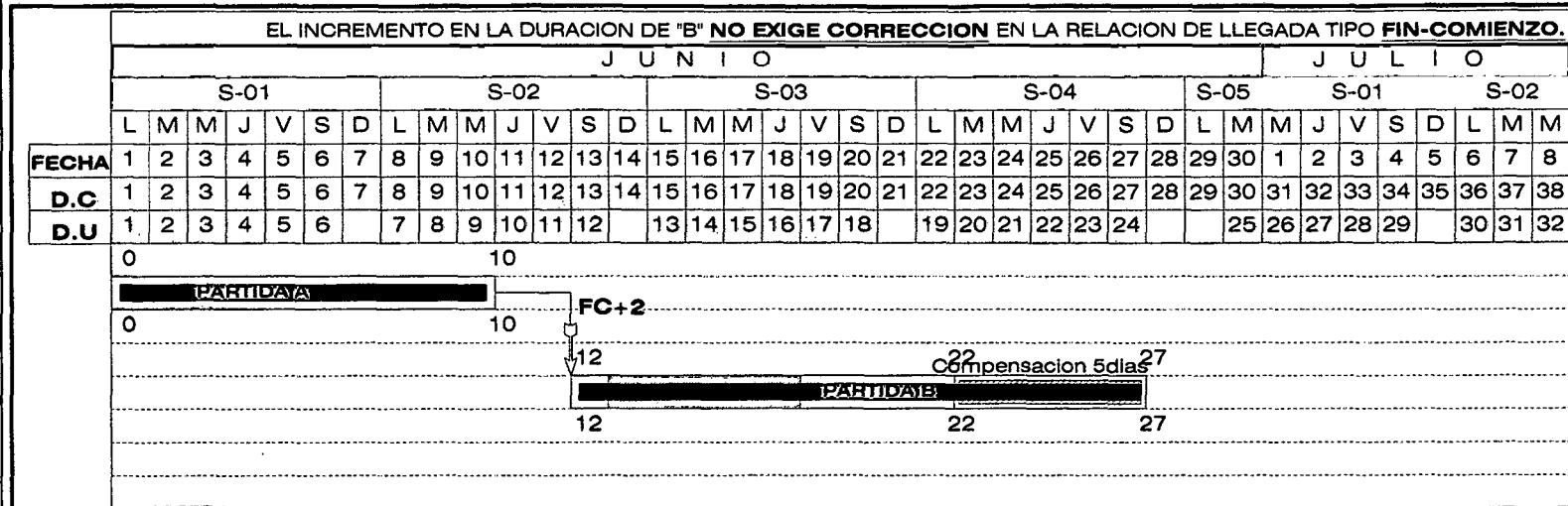


Figura N° 116 Interrelación dominante entre una partida dominante y partida subordinada.

(Fuente: Elaboración Propia)

4.6.2.4.2.4. REPERCUSIÓN DEL ATRASO DE LAS PARTIDAS DOMINANTES A LAS PARTIDAS SUBORDINADAS QUE NO SE ENCUENTRAN COMPLETAMENTE A LA IZQUIERDA DEL DÍA DE INICIO DE ATRASO.

Una red de precedencia dinámica responde con absoluto dinamismo ante un atraso, evitando el problema que ocurre cuando una partida crítica comienza a extenderse y esta variación NO tiene efecto en la distribución de tiempos de finalización del proyecto (lógica incompleta).

En la Planificación de la producción las relaciones dinámicas son función de la producción. La extensión, por compensación, en la duración de las partidas afectadas por el atraso manteniendo los valores de producción, conllevara la modificación de las unidades producidas por unidad de tiempo de las partidas involucradas, y consecuentemente el efecto que la relación entre ellas produce.

- ✓ ***Tiempos actualizados de una partida subordinada que se encuentra completamente a la derecha del día de inicio de atraso y cuyo origen de la relación precedente dominante es una partida dominante en la que uno de sus días de ocurrencia programada coincide con el día de inicio de atraso.***

Una vez realizada la inclusión del atraso en la partida directamente afectada de la red de precedencias de Obra antes vigente procederé a la actualización de su relación de salida con efectos de atraso. La que será la

nueva relación dominante que sale de la partida atrasada hacia la partida con barra completamente a la derecha del día de inicio de atraso.

Para ello Parto del tiempo de inicio temprano programado para la partida que estuvo completamente a la derecha del día de inicio de la paralización, inicio que estamos obligado a cumplir según la normatividad vigente, y analizo la variación del tiempo de inicio que se genera luego del recalcule de la red considerando como única variante la nueva duración que incluye la duración del atraso de la partida dominante en la que uno de sus días de ocurrencia programada coincide con el día de inicio de la paralización.

El tiempo de inicio puede resultar, dependiendo del tipo de relación de producción: menor, igual o mayor que la que se tenía antes del impacto del atraso en la red de precedencias de obra antes vigente, dependiendo de esta condición se realizara la corrección de la relación dominante de llegada, es decir se ejecutara el bucle Prueba-error-corrección de error.

Las posibles modificaciones en las relaciones dinámicas, que puedan aparecer son compatibles con las iniciales que hemos obligado a mantener.

En consecuencia, conociendo la variación del tiempo de inicio de una partida que se encuentra completamente a la derecha del día de inicio del atraso y cuyo origen de la relación precedente dominante es una partida afectada en la que uno de sus días de ocurrencia programada coincide con el día de inicio del atraso obtenida al recalcular la red de programación primitiva considerando como única variante la nueva duración de la partida con

atraso obtendremos las nuevas relaciones que salen de la partida y llegan a la partida que se encuentra Completamente a la derecha del día de inicio del atraso.

La variación en la duración de la partida no afectara a la duración final del proyecto, mientras que este incremento de duración este dentro o que sea igual a la holgura total de la partida.

Por lo que respecta a las holguras, las variaciones en las mismas, no afectaran a la duración de la programación inicial, mientras que en ningún caso se supere la holgura total de la partida.

Por lo que respecta al camino o caminos críticos iniciales, podrían sufrir variaciones y hasta incluso aparecer nuevos caminos.

Según las relaciones de producción el espectro de posibilidades es factible para los cuatro (04) tipos de relación de producción dominante comienzo-comienzo; fin-fin; comienzo-fin o fin-comienzo. Ver Figuras N°: 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123 y 124.

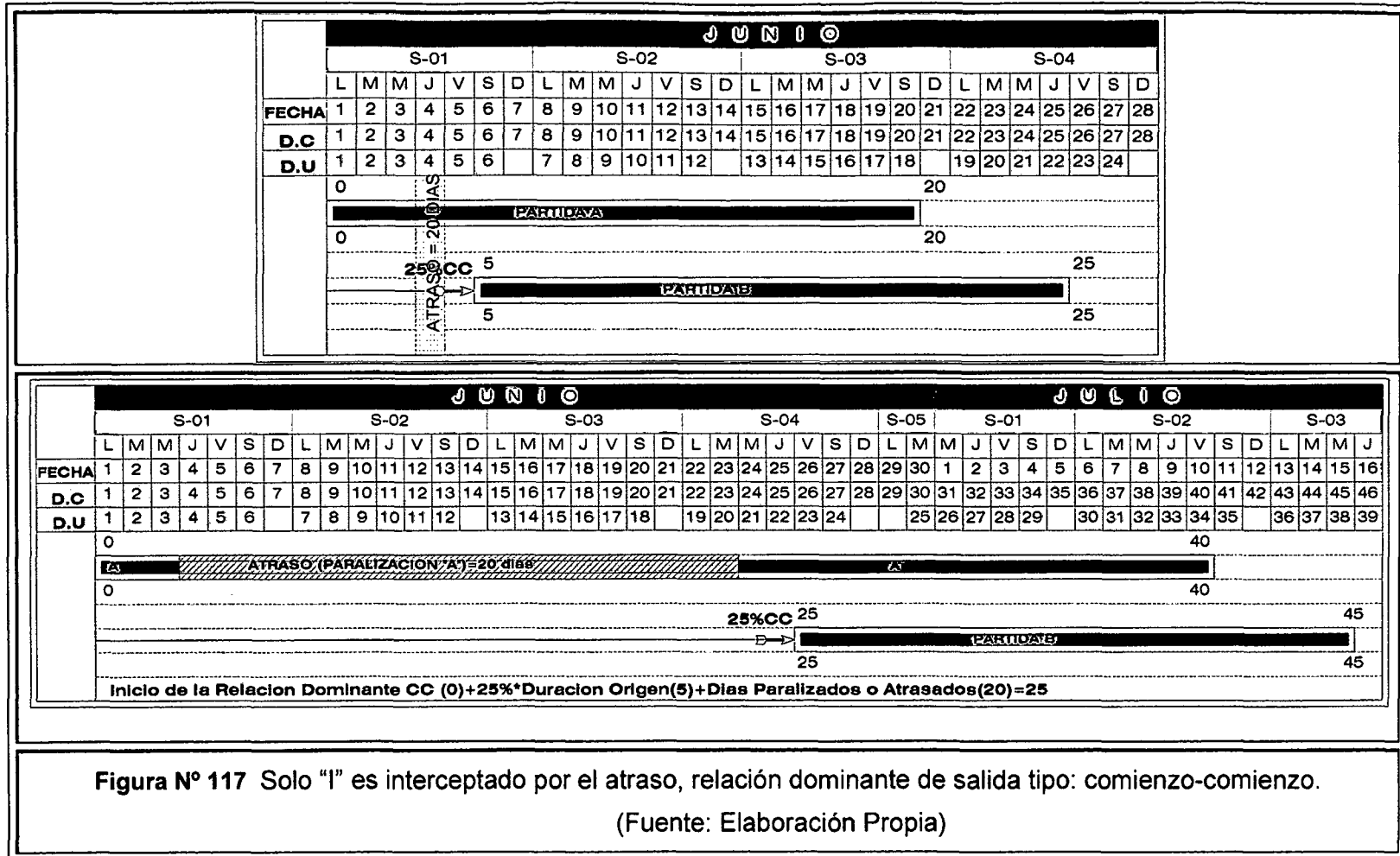


Figura Nº 117 Solo "I" es interceptado por el atraso, relación dominante de salida tipo: comienzo-comienzo.

(Fuente: Elaboración Propia)

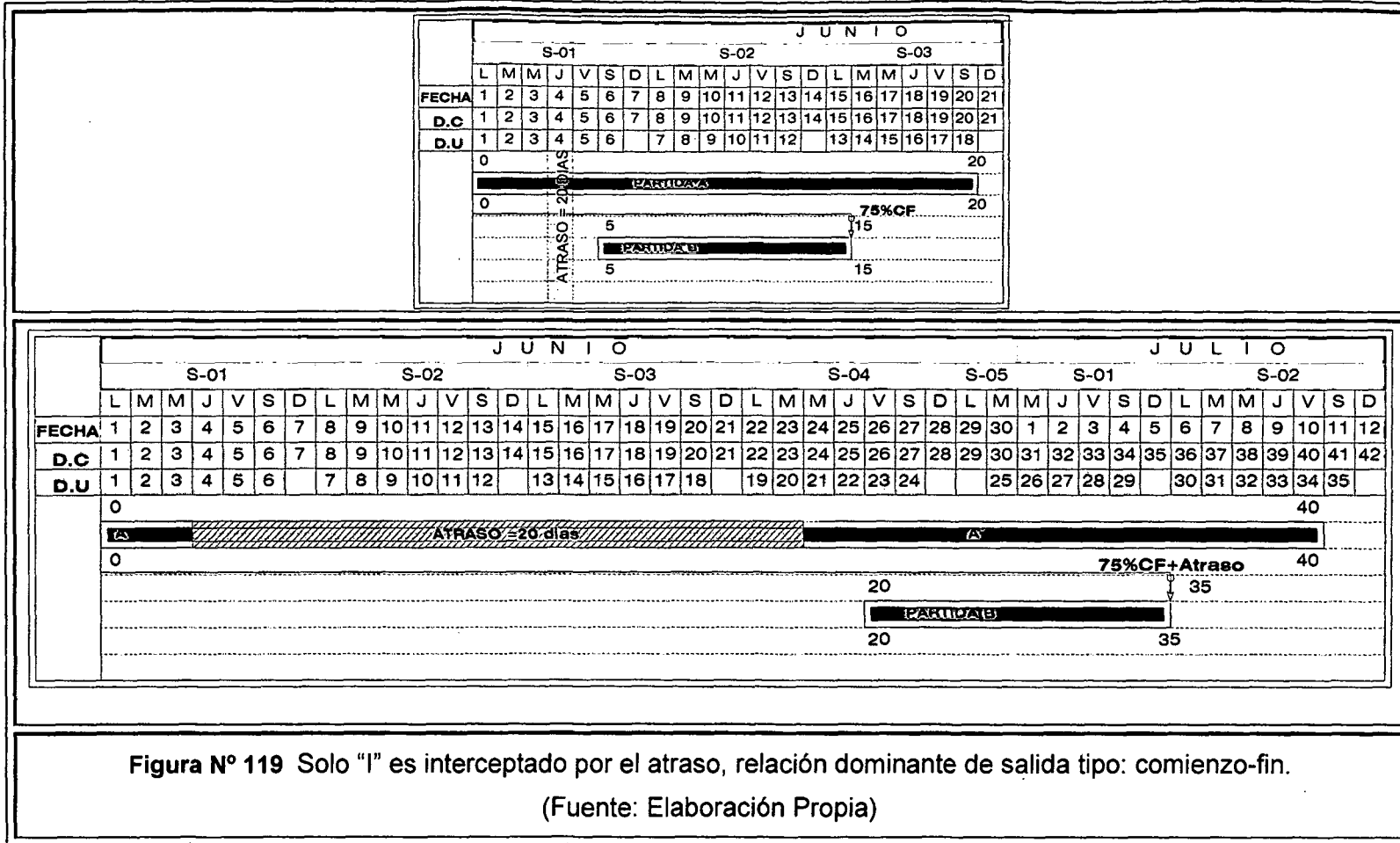


Figura N° 119 Solo "I" es interceptado por el atraso, relación dominante de salida tipo: comienzo-fin.

(Fuente: Elaboración Propia)

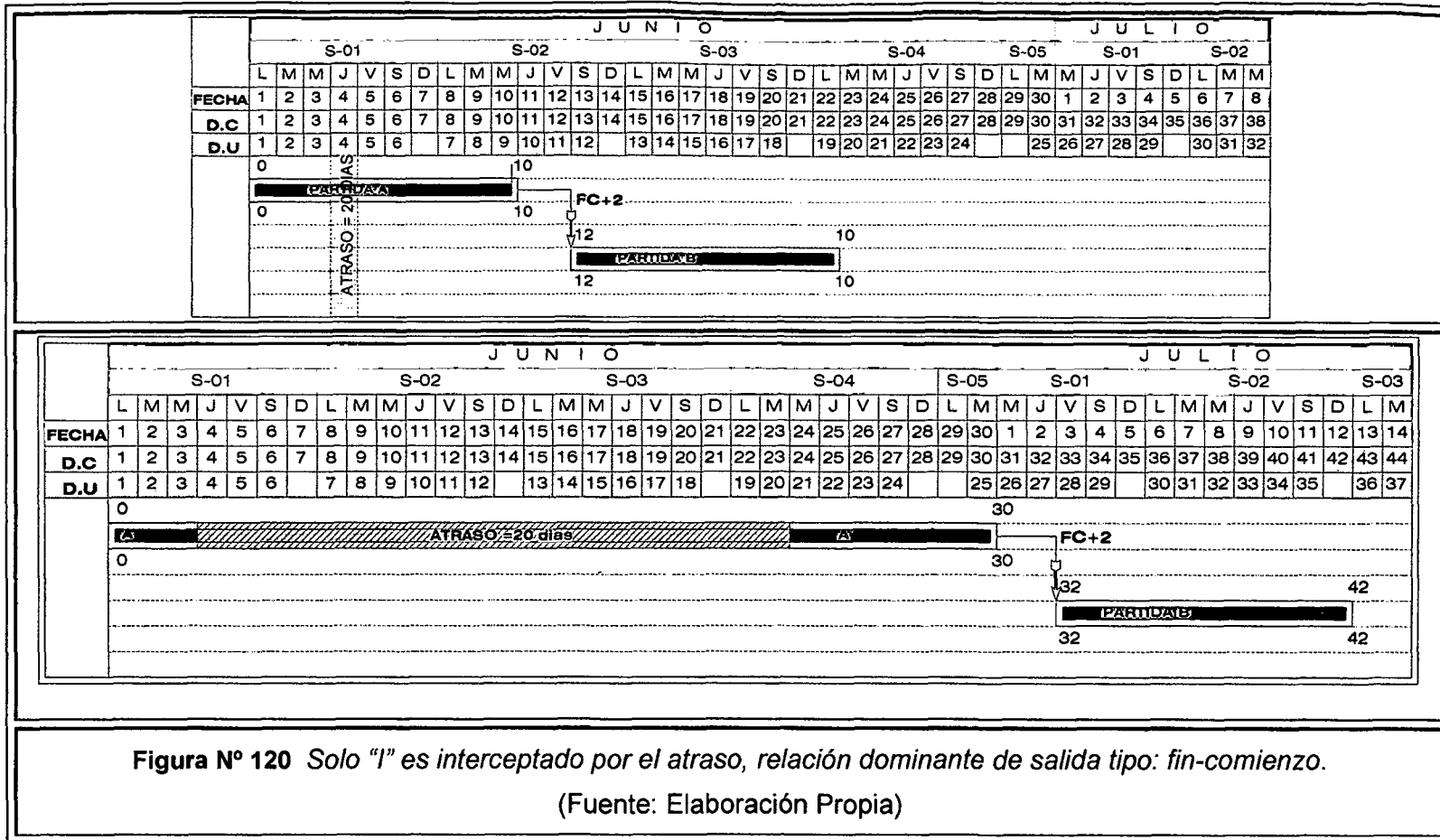


Figura N° 120 Solo "1" es interceptado por el atraso, relación dominante de salida tipo: fin-comienzo.

(Fuente: Elaboración Propia)

CASO ESPECIAL

IMPACTO EN C, DONDE: "B ES INDIRECTAMENTE IMPACTADO E INTERCEPTADO POR EL ATRASO Y CON RELACION DOMINANTE DE SALIDA TIPO: COMIENZO-FIN

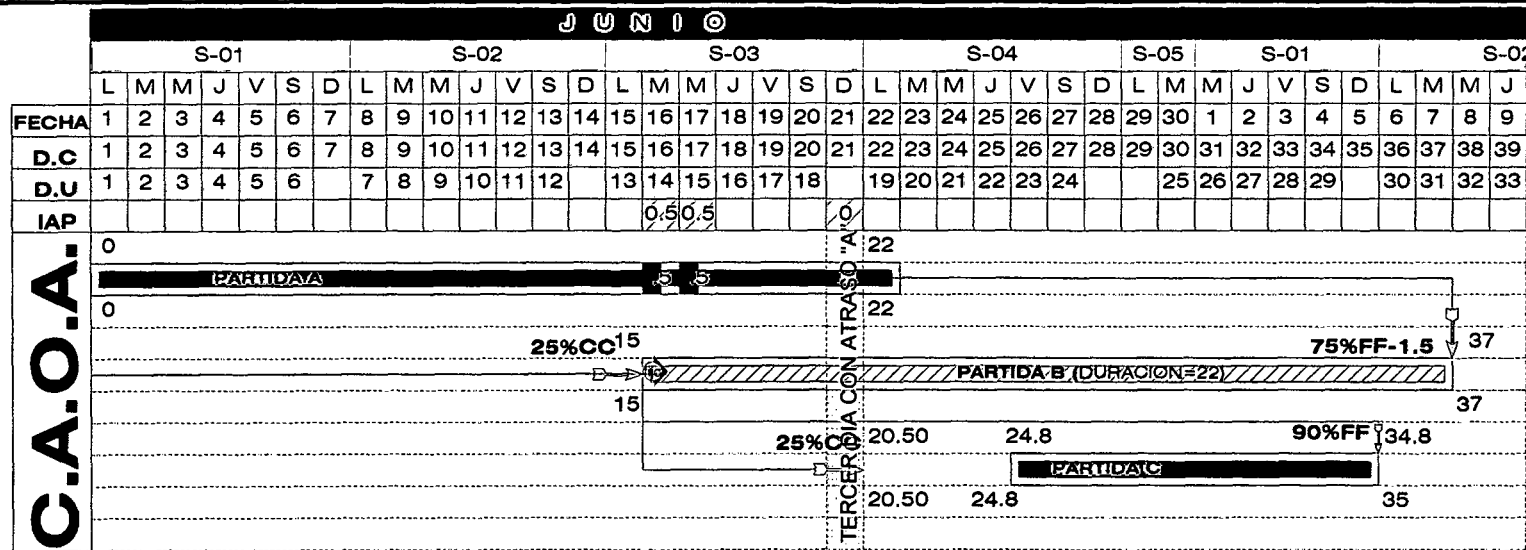


Figura N° 123 Interrelación dominante entre una partida dominante y partida subordinada.

(Fuente: Elaboración Propia)

CASO ESPECIAL

IMPACTO EN C, DONDE: "B ES INDIRECTAMENTE IMPACTADO E INTERCEPTADO POR EL ATRASO Y CON RELACION DOMINANTE DE SALIDA TIPO: FIN-COMIENZO.

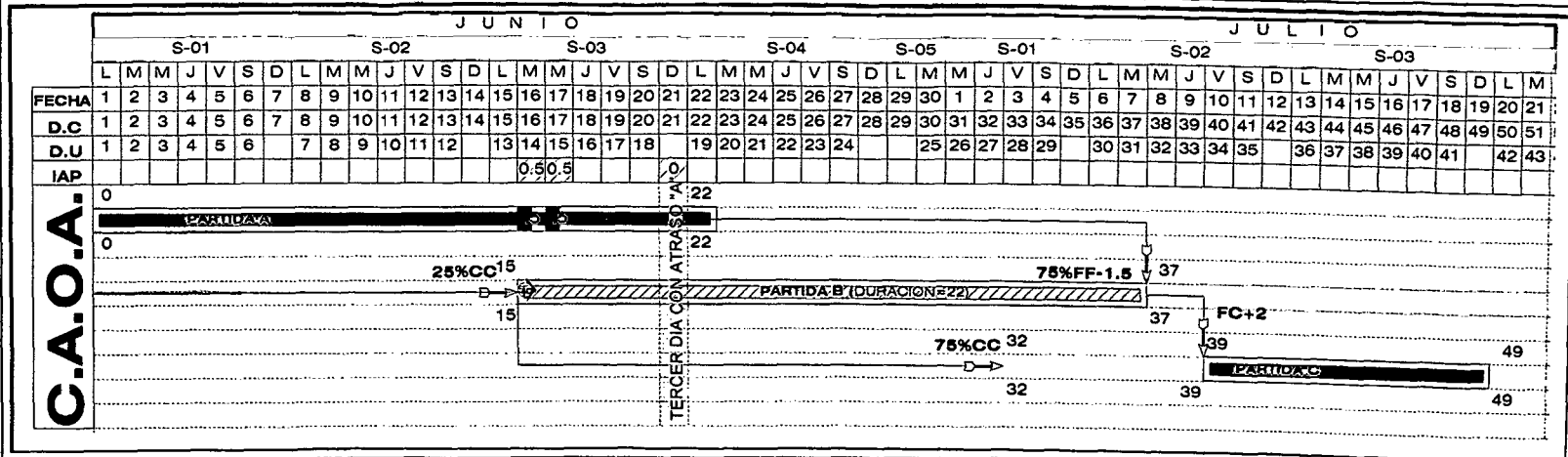


Figura N° 124 Interrelación dominante entre una partida dominante y partida subordinada.

(Fuente: Elaboración Propia)

- ✓ ***Tiempos actualizados de una partida subordinada en la que esta y su precedente de relación dominante coinciden en uno de sus días de ocurrencia programada con el día de inicio del Atraso.***

Una vez realizada la inclusión del atraso en la partida directamente afectada de la red de precedencias de Obra antes vigente, procederé a la actualización de su relación de salida con efectos de atraso. La que será la nueva relación dominante que sale de la partida atrasada hacia la partida subordinada el cual también en uno de sus días de ocurrencia programada coincide con el día de atraso.

Para ello parto del tiempo de inicio temprano programado para la partida subordinada, inicio que estamos obligado a cumplir, para cumplir la normatividad vigente, se debería analizar la variación del tiempo de inicio que se genera luego del recalcu de la red considerando como única variante la nueva duración que incluye la duración del atraso en la partida dominante.

El tiempo de inicio puede resultar, dependiendo del tipo de relación de producción: menor, igual o mayor que la que se tenía antes del impacto del atraso en la red de precedencias de obra antes vigente, dependiendo de esta condición se realizara la corrección de la relación dominante que llega a la partida subordinada, es decir se ejecutara el bucle Prueba-error-corrección de error.

Las posibles modificaciones en las relaciones dinámicas, que puedan aparecer son compatibles con las iniciales que hemos obligado a mantener.

En consecuencia, conociendo la variación del tiempo de inicio de una partida subordinada obtenida al recalcular la red de programación primitiva considerando como única variante la nueva duración de la partida con atraso obtendremos las nuevas relaciones que salen de la partida dominante y llegan a la partida subordinada.

La variación en la duración de la partida no afectara a la duración final del proyecto, mientras que este incremento de duración este dentro o que sea igual a la holgura total de la partida.

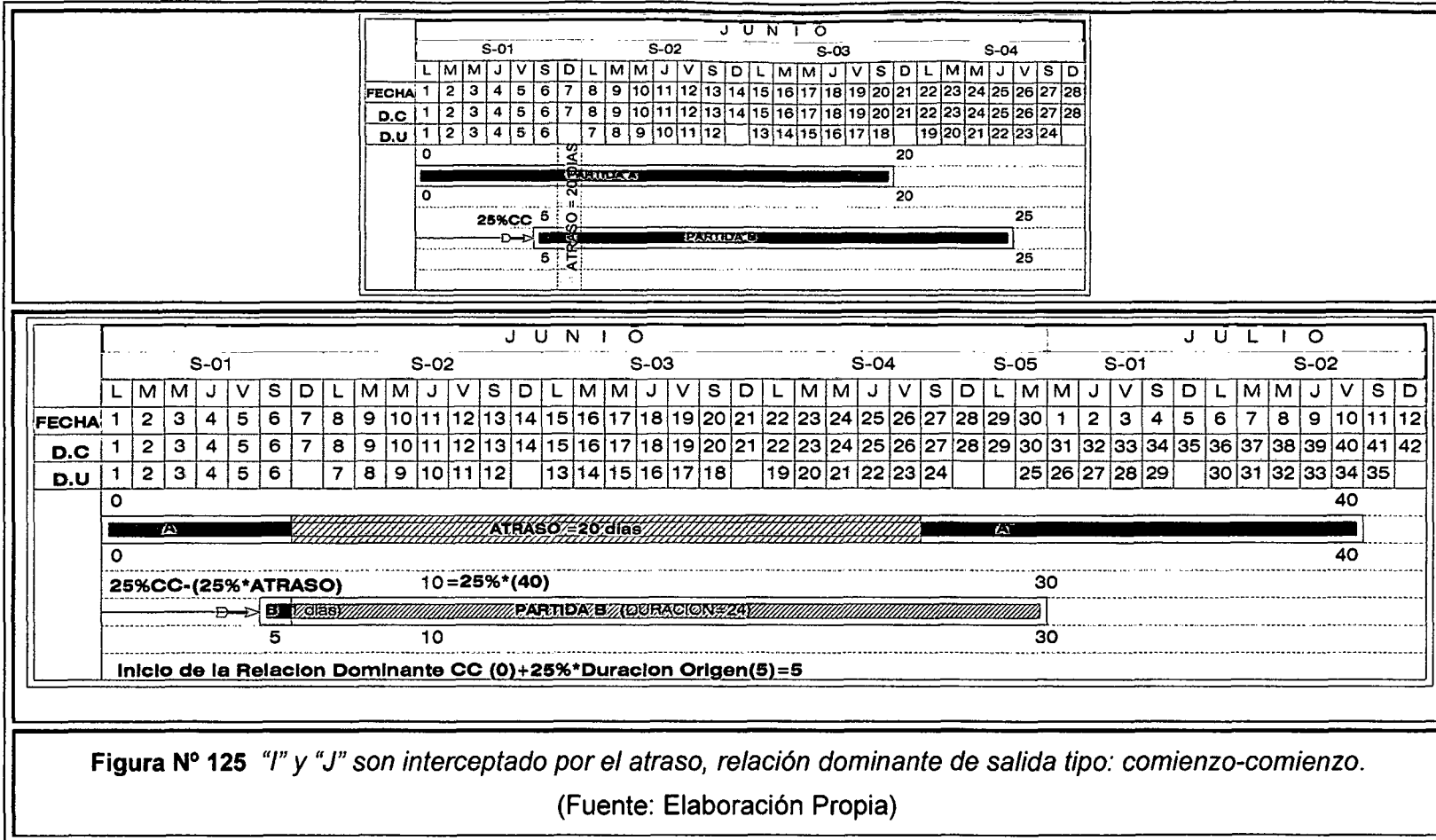
Por lo que respecta a las holguras, las variaciones en las mismas, no afectaran a la duración de la programación inicial, mientras que en ningún caso se supere la holgura total de la partida.

Por lo que respecta al camino o caminos críticos iniciales, podrían sufrir variaciones y hasta incluso aparecer nuevos caminos.

Niveles de producción independientemente si depende de una partida que sufrió atraso o de las partidas que quedan a la izquierda o de las partidas que son interceptados por atraso pero que no afecto el atraso y que no están interrelacionadas con la partida o partidas a las que afecto la paralización.

Según las relaciones de producción el espectro de posibilidades es factible para los cuatro (04) tipos de relación de producción dominante comienzo-

comienzo; fin-fin; comienzo-fin o fin-comienzo. Ver Figuras N°: 125, 126, 127, 128, 129 y 130.



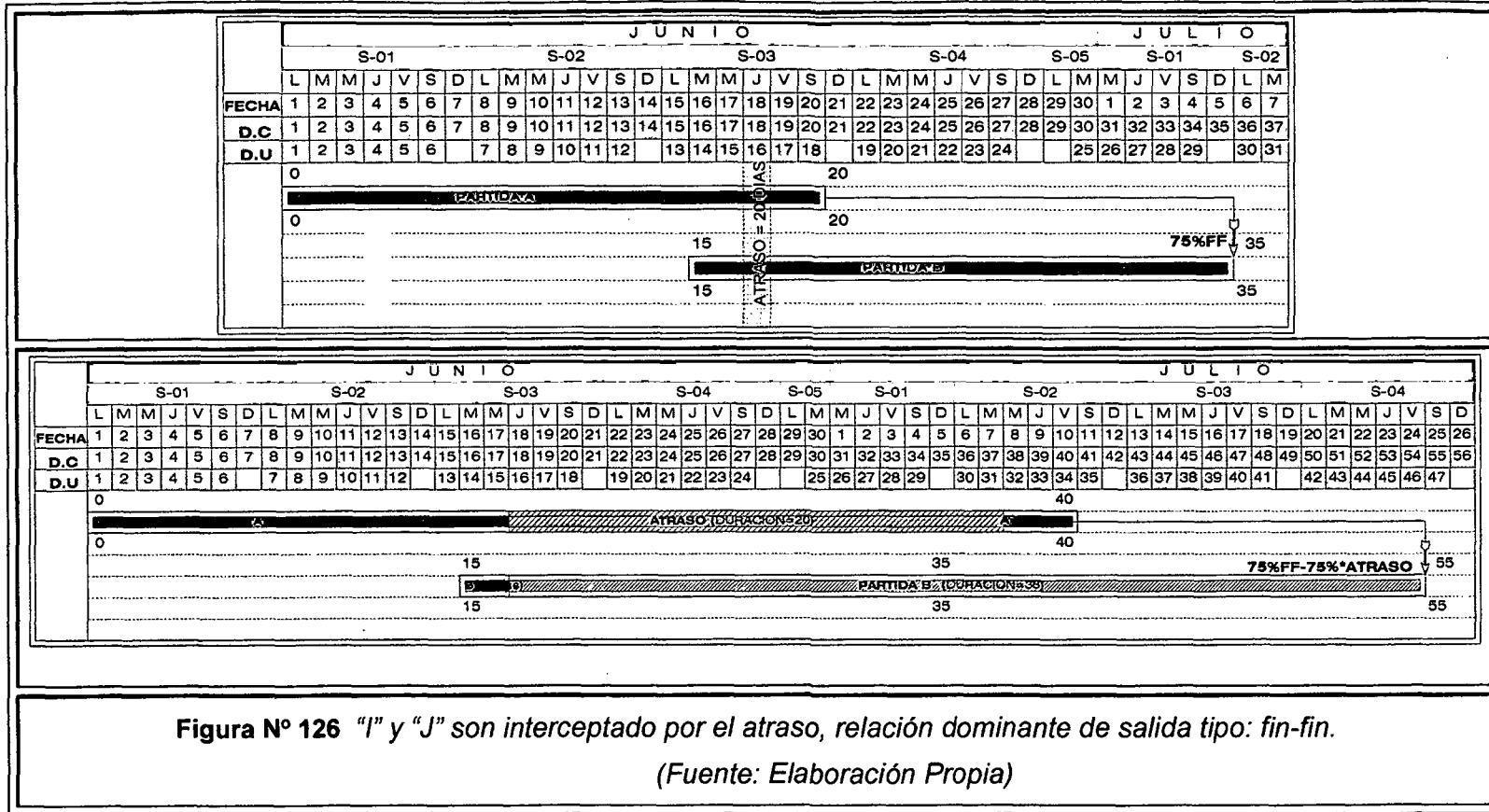
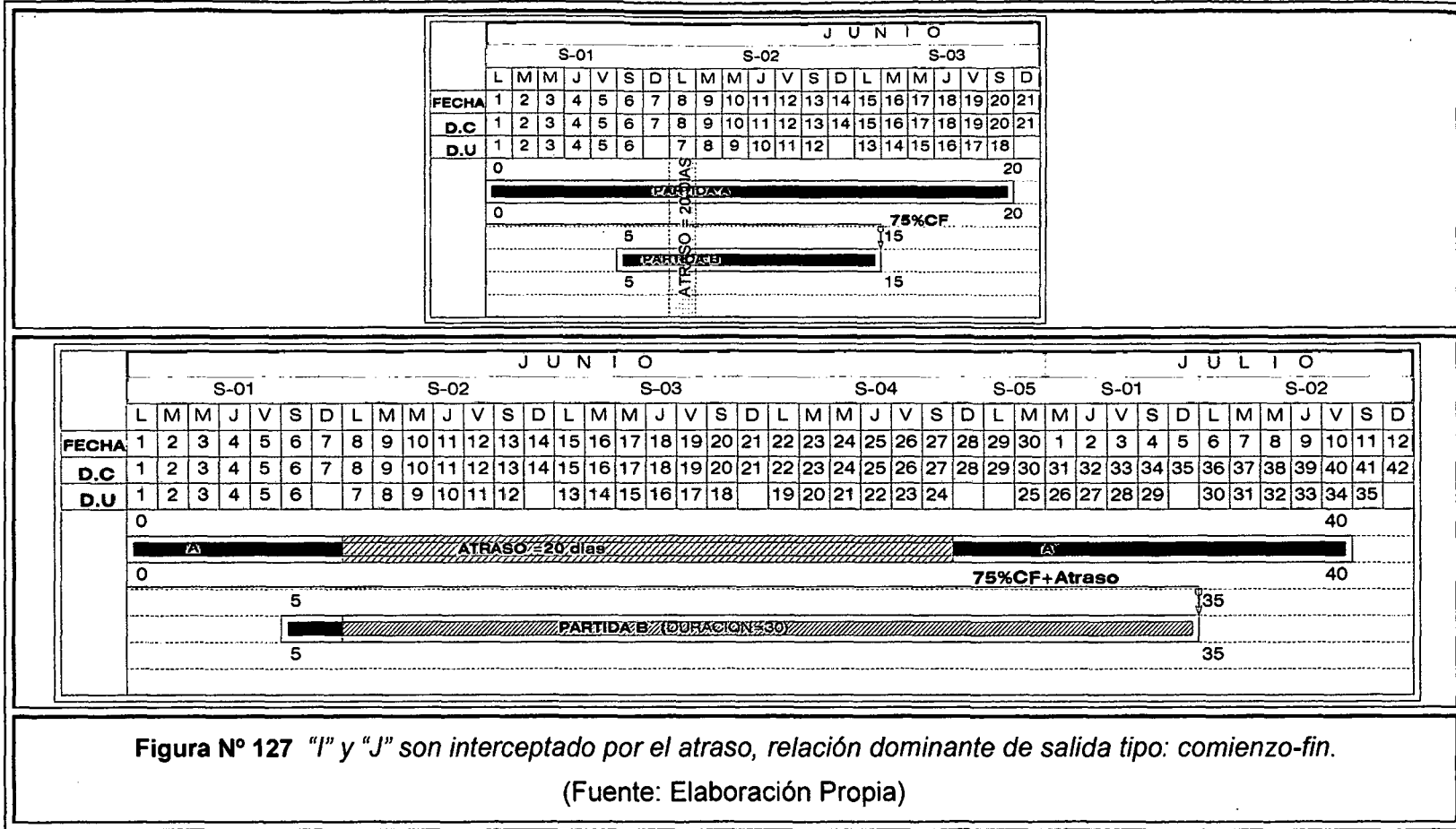


Figura Nº 126 "I" y "J" son interceptado por el atraso, relación dominante de salida tipo: fin-fin.
 (Fuente: Elaboración Propia)



CASO ESPECIAL

IMPACTO EN C, "B ES INDIRECTAMENTE IMPACTADO, B Y C SON INTERCEPTADOS POR EL ATRASO Y CON RELACION DOMINANTE DE SALIDA EN B TIPO: COMIENZO -COMIENZO.

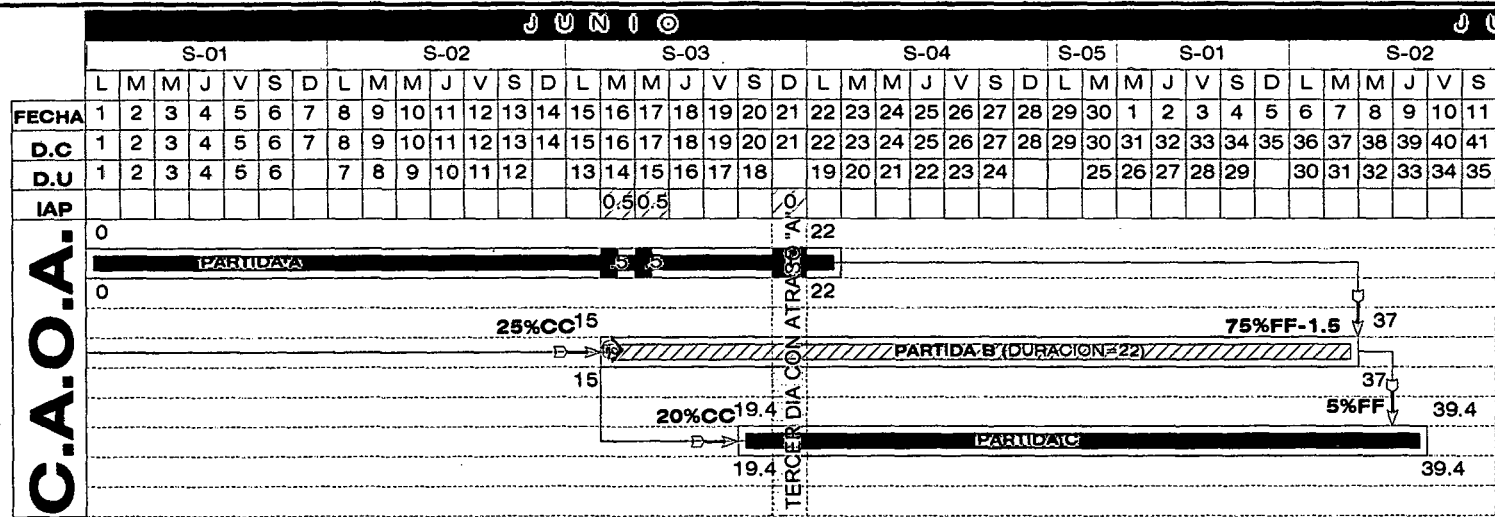


Figura N° 128 Interrelación dominante entre una partida dominante y partida subordinada.

(Fuente: Elaboración Propia)

CASO ESPECIAL

IMPACTO EN C, "B ES INDIRECTAMENTE IMPACTADO, B Y C SON INTERCEPTADOS POR EL ATRASO Y CON RELACION DOMINANTE DE SALIDA EN B TIPO: FIN-FIN.

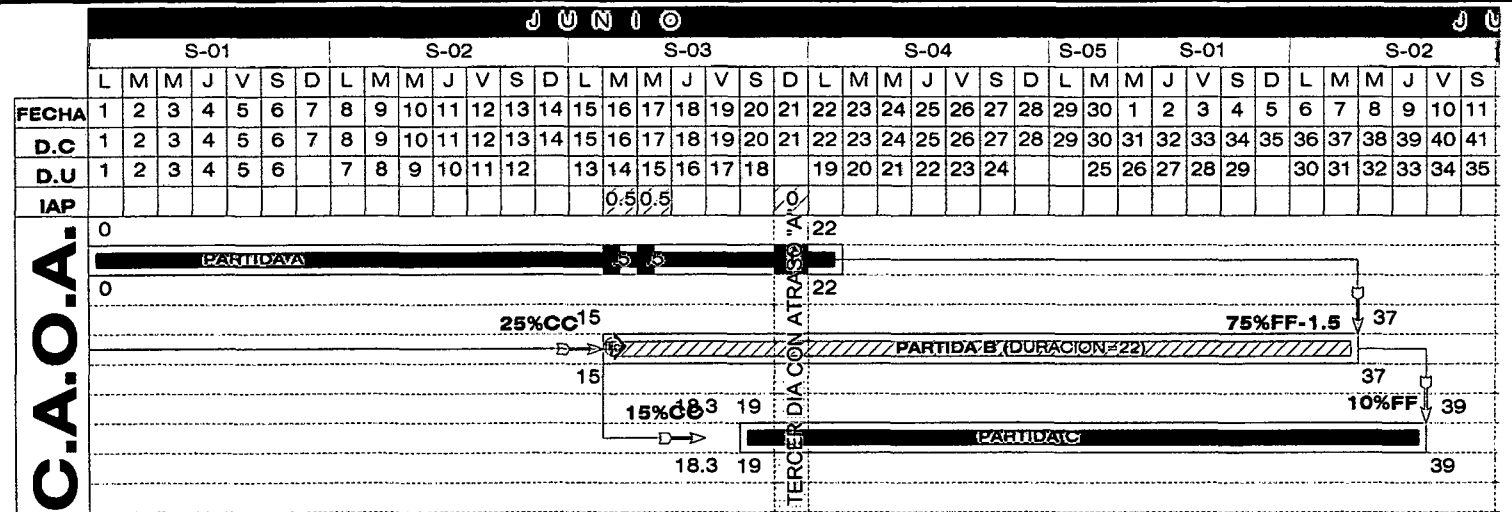


Figura N° 129 Interrelación dominante entre una partida dominante y partida subordinada.

(Fuente: Elaboración Propia)

CASO ESPECIAL

IMPACTO EN C, "B ES INDIRECTAMENTE IMPACTADO, B Y C SON INTERCEPTADOS POR EL ATRASO Y CON RELACION DOMINANTE DE SALIDA EN B TIPO: COMIENZO -FIN.

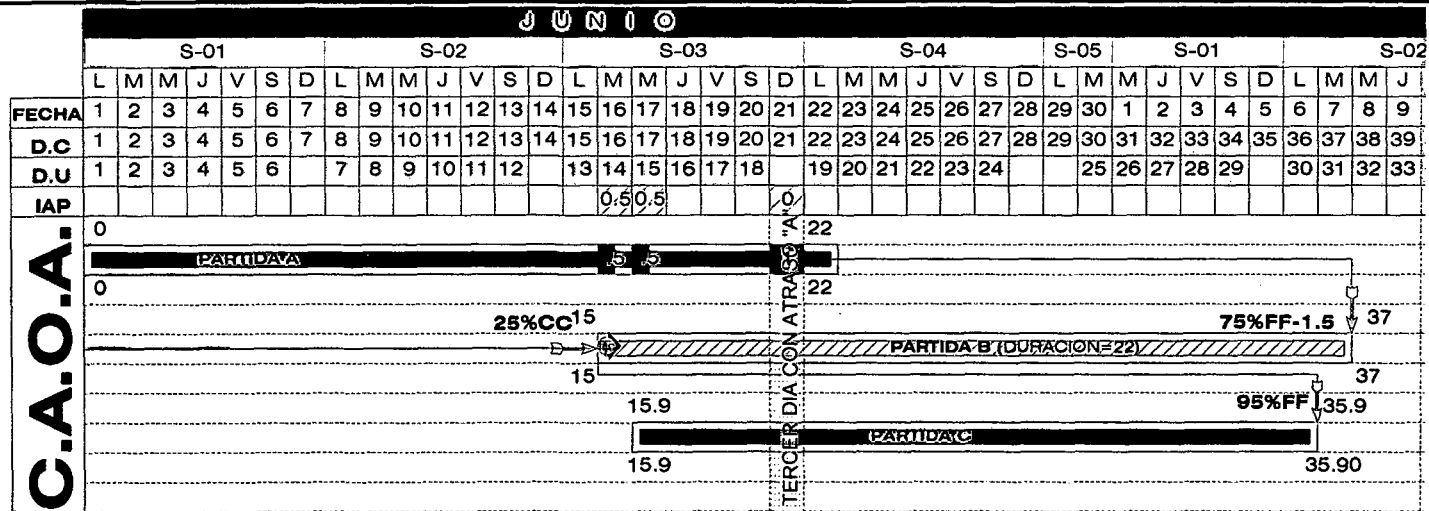


Figura N° 130 Interrelación dominante entre una partida dominante y partida subordinada.

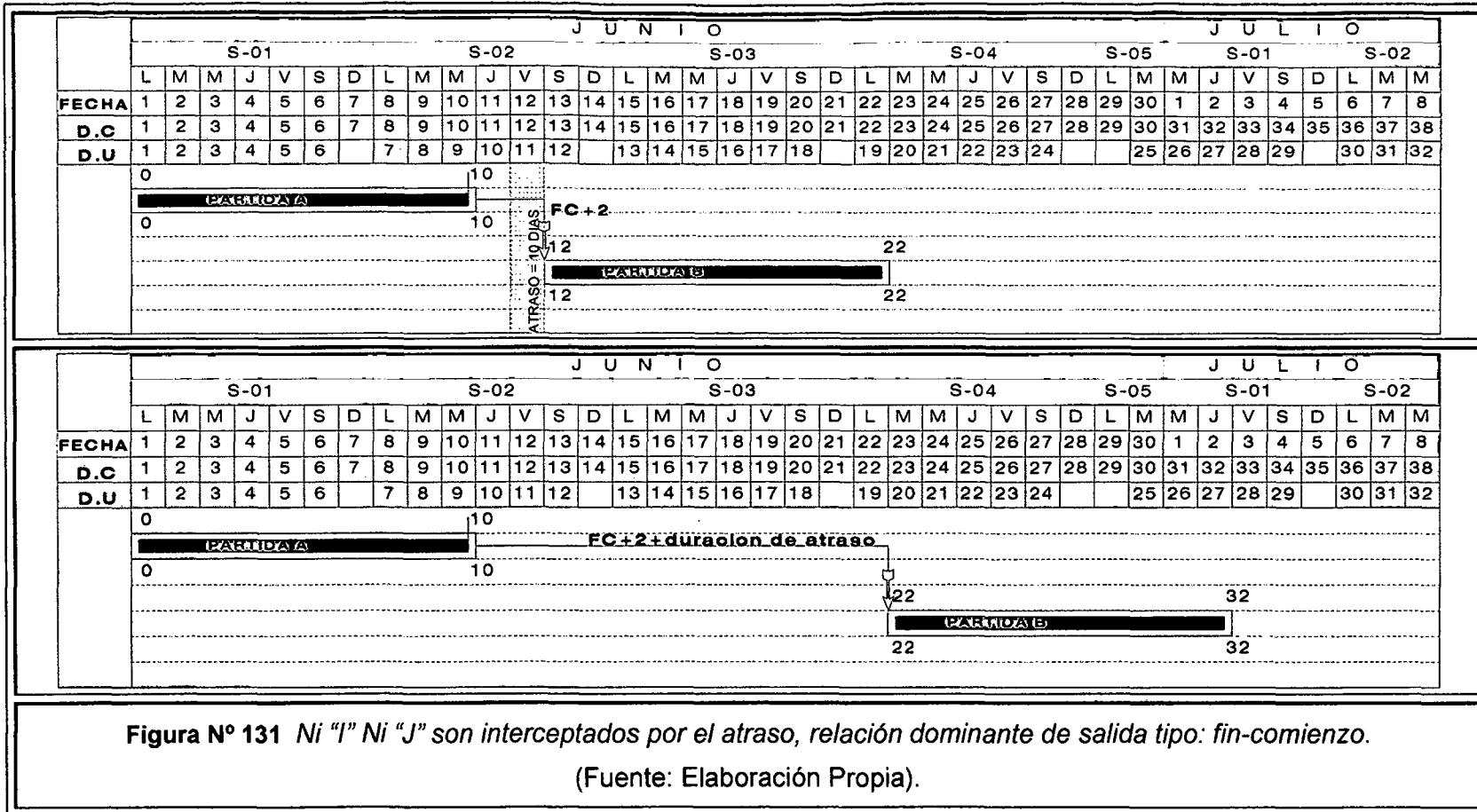
(Fuente: Elaboración Propia)

- ✓ **Tiempos actualizados de una partida subordinada que se encuentra completamente a la derecha del día de inicio de atraso y cuyo origen de la relación precedente dominante es una partida dominante que se encuentra completamente a la izquierda del día de inicio de atraso.**

Procederé directamente a la actualización de su relación de salida de la partida dominante que se encuentra completamente a la izquierda del día de inicio de atraso, la existencia del caso solo es factible dentro del marco de las relaciones de producción dinámica para el tipo de relación Fin-Comienzo.

La interdependencia de tipo Fin-Comienzo relaciona el Instante de finalización de i y de comienzo de j , el cual Es el mismo instante, sin embargo para el caso específico en análisis significa que es una relación de tipo Fin-Comienzo más un desfase de "n" días. Ver Figura N° 131.

Relación corregida = FC + n + Duración de atraso.



- ✓ ***Tiempos actualizados de una partida subordinada en la que está y la partida dominante de origen de la relación precedente dominante se encuentran completamente a la derecha del día de inicio del Atraso.***

En la Programación de Obra que se presentó para la firma del Contrato (artículo 184 del RLCE), se entiende que cuando se establecieron las duraciones y el tipo de dependencia entre las partidas del proceso constructivo, se analizaron las directivas generales, los prerrequisitos necesarios para su ejecución y los recursos disponibles para cada uno de las partidas. Así de esta forma la duración normal vendrá determinada por las directrices y el rendimiento de los recursos disponibles, y las dependencias entre las partidas por los prerrequisitos. Estos prerrequisitos fueron representados en la secuencia de las partidas como dependencias del tipo: Final-Comienzo, Comienzo-Comienzo, Final-Final o Comienzo-Final.

Como se estableció la verdadera naturaleza de los prerrequisitos, en la ejecución de obras, es la de determinados niveles de producción necesarios para comenzar o finalizar una determinada partida o que no pueden ser ejecutados mientras no finaliza su precedente.

Así de esta forma, cualquier modificación en los tiempos de ocurrencia de la partida dominante llevara aparejado una modificación implícita en la partida subordinada.

Ejemplo: Relación dinámica Fin-Comienzo (FC+z):

El caso habitual en el cual queremos desencofrar una estructura de concreto armado habiendo transcurrido 28 días después de haber culminado el proceso de vaceado del concreto en una viga de una edificación. Ver Figura N° 132.

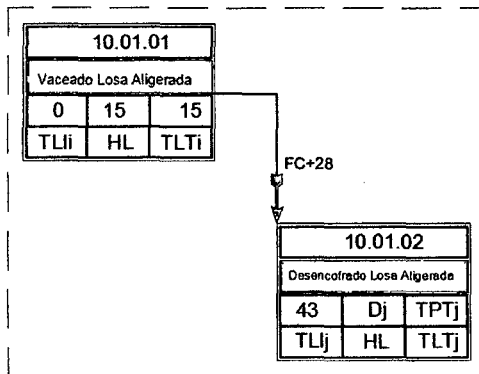


Figura N° 132 : Relación dinámica Fin-Comienzo (FC+z).

(Fuente: Elaboración Propia)

En este caso la actividad principal es la de vaciar el concreto y la subordinada sería la de desencofrar.

Ejemplo: Relación dinámica Comienzo- Fin (CF+z):

Supongamos que queremos mantener en una obra lineal, una carretera, la jardinería como mínimo hasta 1 año después del inicio del periodo de garantía tras haber entregado la obra al cliente.

Si bien cronológicamente el manteniendo de la jardinería es anterior a la entrega de la obra, el periodo de garantía es la actividad dominante.

Porque desde que se planta cada una de las especies hay que empezar a mantenerlos, sino estas especies vegetales simplemente no sobrevivirían.

Ver Figura N° 133.

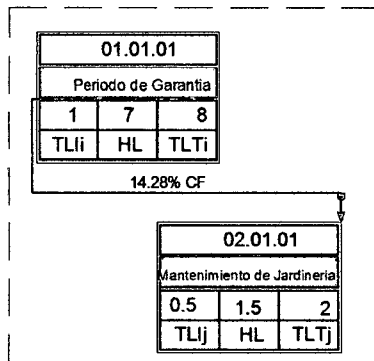


Figura N° 133 : Relación dinámica Comienzo- Fin (CF+z).

(Fuente: Elaboración Propia)

En este caso observamos como la finalización del mantenimiento de la jardinería la hemos obligado que sea 1 año después de haberse iniciado dicho periodo de garantía. En este caso aunque cronológicamente el mantenimiento de la jardinería es anterior a la entrega de la obra, el periodo de garantía es en realidad la actividad dominante.

Responsabilidad del contratista (Art. 50 de la LCE)

El contratista es responsable por la calidad ofrecida y por los vicios ocultos, el plazo de responsabilidad no será inferior a 07 años, contado desde la conformidad (recepción total o parcial). Las bases deben establecer el plazo máximo de responsabilidad.

Ejemplo: Relación dinámica Comienzo-Comienzo (CC+z):

Caso habitual en obras lineales, imaginemos que queremos colocar una tubería después de haber excavado la zanja en una distancia de 10km. No vamos a realizar toda la excavación y una vez terminada colocar la tubería, sino que una vez iniciada cierto tramo de excavación de zanja ya podemos empezar a colocar la tubería. Ver Figura N° 134.

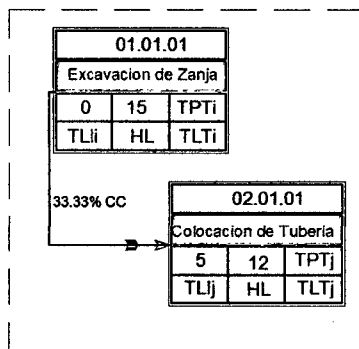


Figura N° 134 : Relación dinámica Comienzo- Comienzo (CF+z).
 (Fuente: Elaboración Propia)

En este caso la colocacion de tuberia empezara tras haver transcurrido al menos una p centesima parte de produccion despues de haverse iniciado la actividad excavacion de zanja.

Ejemplo: Relación dinámica Fin - Fin (FF+z):

En este caso podria ser la limpieza final de una obra que podria ser un edificio de 20 plantas, pues no terminara hasta que haya transcurrido z etapas por ejemplo 2 dias despues de terminado completamente la construccion del edificio. Podriamos empezar a limpiar el edificio de arriba

abajo y podría aun incluso estar terminando los últimos detalles de obra de esta edificación. Ver Figura N° 135.

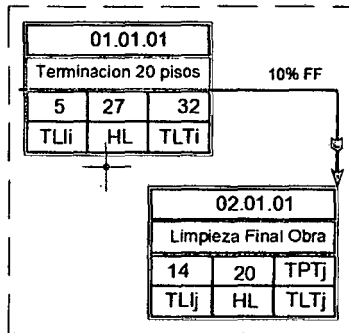


Figura N° 135 : Relación dinámica Fin-Fin (FF+z).
(Fuente: Elaboración Propia)

4.6.3 PRESTACIÓN ADICIONAL

4.6.3.1 CONSIDERACIONES PREVIAS.

El Artículo 27° de la DIRECTIVA N° 01-2011-EF/68.01 (válida desde 09 de Abril del 2011): Modificaciones de un PIP en la Fase de Inversión: configura a la ampliación de plazo como una modificación no sustancial.

Aquella “prestación” no considerada en el expediente técnico, ni en el contrato, cuya realización resulta indispensable y/o necesaria para dar cumplimiento a la meta prevista de la obra principal y que da lugar a un presupuesto adicional. (Prestación adicional de obra. Directiva de contraloría N° 02-2010-CG/OEA Reglamento de la LCE-Núm. 40 (definiciones).

Obras que no se enmarcan en la definición de prestación adicional, deben ser materia de nuevos contratos.

Según el Artículo 13° de la ley de contrataciones del estado cuando el expediente inicial tenga errores u omisiones procede su reformulación el cual se puede realizar en cualquier momento de la ejecución.

la demora generada por una prestación adicional se produce por el aumento del volumen de obra y por la incidencia que sobre el plazo tengan las características del nuevo proyecto en su conjunto, además de la incidencia de la puesta de nuevo en marcha de la obra en el caso de que haya habido paralizaciones temporales. Resulta así un

volumen de obra que se realiza pasado el plazo fijado en el contrato inicial, descontado el plazo de paralización, en su caso.

Si representamos en unos ejes cartesianos los tiempos de ejecución y los volúmenes de obra realizados, la obra inicial quedaría representada por el vector OP, con un tiempo de ejecución según contrato $T_C = O t_c$ y un volumen $V_c = O v_c$. Si se realiza una modificación (supongamos que sin suspensiones) el nuevo vector representativo de la obra sería el OM, con un tiempo tras la modificación $T_m = O t_m$ y un volumen $V_m = O v_m$. Según esto, se produce un aumento de plazo $\Delta T = t_m - t_c$ y un aumento de volumen $\Delta V = v_m - v_c$ que equivale al presupuesto de la prestación adicional del proyecto modificado. Ver Figura N° 136.

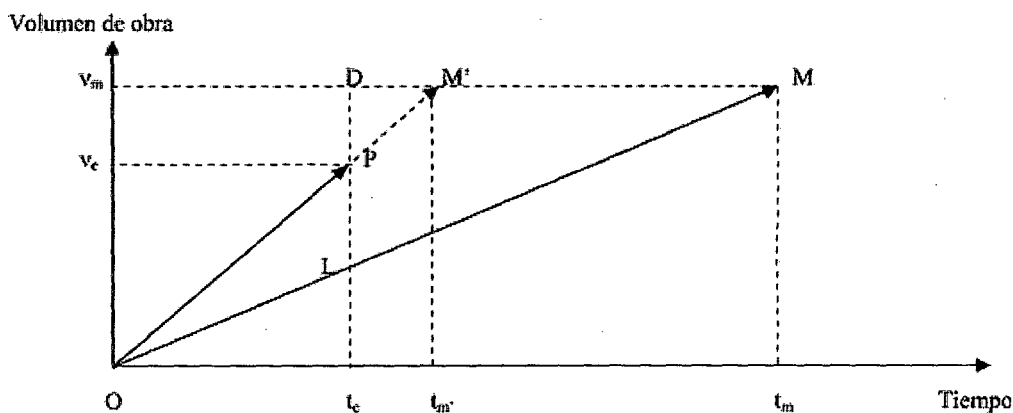


Figura N° 136 : Tiempos de ejecución y los volúmenes de Obra realizados.
(Fuente: Elaboración Propia)

El volumen de obra que se realiza pasado el plazo inicial es LD. Según la figura, $LD=PL+PD$ es mayor que el incremento de presupuesto $PD = vm-vc$, tal y como sucede normalmente en la realidad. Para que el volumen de la obra demorada coincidiese con el adicional, sería preciso que el ritmo de la obra no variase con la modificación, lo que es improbable por las razones que se comentó. En ese caso, el vector teórico representativo de la obra sería el OM' , con un tiempo de ejecución $T=Otm'$ y el volumen de obra demorada sería $PD= vm-vc = \Delta V$, importe adicional del presupuesto.

Como vemos, el volumen total de obra demorada $LD=PL+PD$ tiene dos componentes, PD que es el presupuesto adicional y LP que es la obra demorada debido a los retrocesos en el ritmo que la modificación produce. Del mismo modo, el aumento de plazo total $\Delta T=tm-tc$ se compone de $tm'-tc$, por aumento de volumen de obra y $tm-tm'$ por los retrasos de ritmo.

Según nuestra normatividad vigente cuando se trate de adicionales sea en obras a suma alzada o precios unitarios, se tiene que hacer un calendario propio con su correspondiente, luego ligarlo al calendario oficial para evaluar si afecta a la ruta crítica y por tanto amplía el plazo de determinada obra, es decir el plazo ampliado solo constituye aquella que se podría generarse por el aumento de volumen de obra, entendiéndose que el ritmo de la obra no varía ante tal modificación.

4.6.3.2 PRESTACIÓN ADICIONAL EN LOS SISTEMAS DE CONTRATACIÓN.

4.6.3.2.1 PRESTACIÓN ADICIONAL EN EL SISTEMAS A PRECIOS UNITARIOS

✓ Presupuestos Adicionales por Mayores Metrados.

Las Obras Adicionales por Mayores Metrados se generan cuando el metrado considerado en el Presupuesto Contratado es menor al metrado realmente necesario a ejecutar para cumplir con la finalidad del contrato.

Metrado adicional.

En el Sistema de Contratación a Precios Unitarios el metrado adicional proviene de la diferencia entre el metrado obtenido del replanteo de obra y el metrado considerado en el Presupuesto Contratado.

$$\text{METRADO PRESUP. ADICIONAL} = \text{METRADO REAL} - \text{METRADO PRESUP. CONTRACTUAL}$$

✓ Presupuestos Adicionales por Obras Complementarias.

Las obras adicionales complementarias son aquellas que no se encuentran en el Presupuesto Contratado, pero que es necesaria su ejecución para cumplir con la finalidad del contrato.

Por ejemplo en el expediente técnico de un sistema de contratación a precios unitarios, se consignó una partida para la realización del

“camino” para acceder al lugar de obra, conforme a la siguiente Figura N°137.

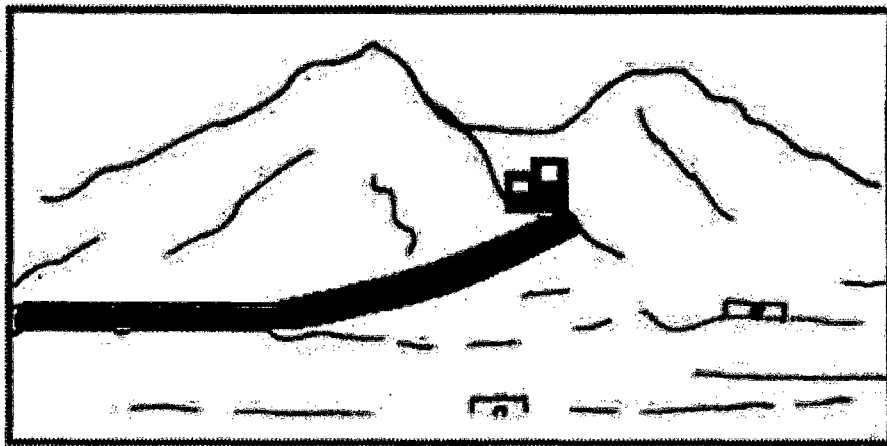


Figura N° 137 : Camino para acceder al lugar de obra según expediente técnico de un sistema de contratación a precios unitarios.

(Fuente: Sub dirección de desarrollo de capacidades del OSCE.)

Luego: debido a un deslizamiento de tierras, el camino inicialmente planteado quedo inhabilitado, por lo cual debió hacerse un camino largo para llegar al punto de la obra, conforme a la siguiente Figura N°
Figura N° 63 138.

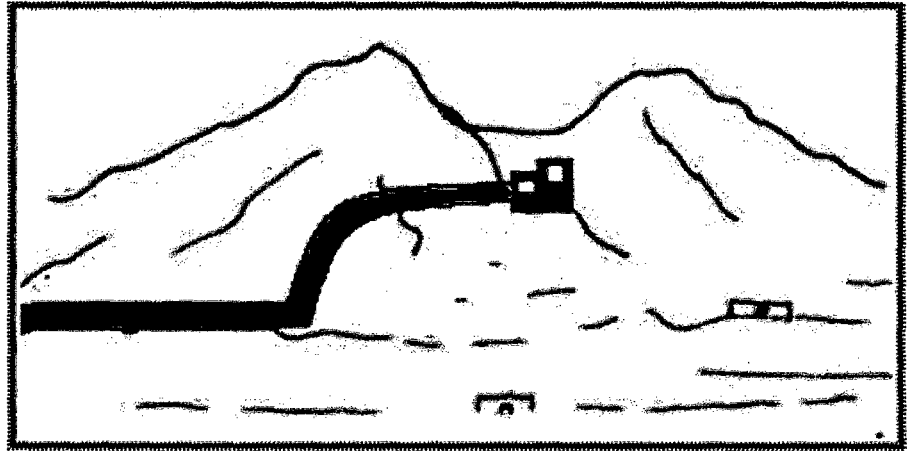


Figura N° 138 : Nuevo camino largo para llegar al punto de la obra.
(Fuente: Sub dirección de desarrollo de capacidades del OSCE.)

Así, se hace imprescindible la realización de una prestación adicional de obra, siempre que la indicada situación no estaba considerada en el expediente técnico y resulta necesaria para cumplir con la finalidad del contrato.

Un método sencillo para saber si estamos frente a una prestación adicional de obra, sería preguntarse ¿se podrá acabar la obra sin realizar la prestación que se desea?, si la respuesta es no, es por que estamos frente a una prestación adicional de obra.

4.6.3.2.2 PRESTACIÓN ADICIONAL EN EL SISTEMA A SUMA ALZADA

✓ Presupuestos Adicionales por Mayores Metrados

Las Obras Adicionales por Mayores metrados se generan cuando el metrado indicado en los planos y especificaciones técnicas es menor al metrado realmente necesario a ejecutar para cumplir con el objetivo del contrato.

$$\text{METRADO ADICIONAL} = \text{METRADO REAL} - \text{METRADO DE PLANOS Y ESPECIF. TÉCNICAS}$$

✓ Presupuestos Adicionales por Obras Complementarias

Las obras adicionales complementarias son aquellas que no figuran en los planos y especificaciones técnicas pero es necesaria su ejecución para cumplir con la finalidad del contrato.

Los adicionales que se dispongan, deben ser comunicados por la entidad a la autoridad competente del SNIP.

El Presupuesto Adicional de Obra deberá contar con su propia Formula Polinómica de Reajuste, obtenida de sus propios costos e incidencia y aportes de los elementos que lo componen.

Por ejemplo una Entidad pública contrata la construcción de un auditorio para sus eventos; pero en el expediente técnico no consideran las salidas y las escaleras de emergencia.

En este caso, si bien hay un error producido en el expediente técnico, pues no se ha incluido las salidas y las escaleras de emergencia;

estas deberán construirse necesariamente, pues resultan indispensables para que la obra pueda funcionar completamente (con seguridad). Consecuentemente, debe aprobarse la ejecución de las obras adicionales indicadas, por tratarse de prestaciones adicionales.

La demora en la aprobación de la prestación adicional de obra también constituye una causal de ampliación de plazo.

No se debiera pasar por alto, el caso en la cual una prestación adicional genera una paralización de obra por causales no atribuibles a la entidad: por ejemplo cuando una vez alcanzado los niveles de profundidad de desplante, nos encontramos frente a un material diferente al especificado en el expediente técnico, cuya capacidad portante es inadmisibles al tipo de cimentación planteada, por ser inferior, en virtud al artículo 207° del reglamento se establece que el contratista no tiene participación en la formulación del adicional salvo que la entidad le encargue la formulación, por lo que el residente consulta al supervisor mediante cuaderno de obra y el supervisor ratifica que efectivamente existe un vicio oculto del expediente técnico y allí termina su participación del residente (contratista). El supervisor inmediatamente comunica a la entidad sobre la necesidad de elaborar el expediente técnico de la prestación adicional de obra.

En nuestra normatividad vigente no existe un plazo determinado para que el supervisor verifique lo señalado por el residente en el cuaderno

de obra ni para que comunique mediante un informe a la entidad la necesidad de elaborar el expediente técnico de la prestación adicional de obra.

Cuando la entidad tome conocimiento de la necesidad de elaborar el expediente técnico de la prestación adicional de obra, la entidad designara si lo elaboración estará a su cargo, a cargo de un externo o lo elaborara el contratista. El plazo de elaboración del expediente técnico de la prestación adicional de obra no está parametrizado, pues depende de su envergadura el cual se acredita mediante una programación de la formulación.

A los 14 días de concluida la elaboración del expediente técnico, el supervisor remite a la entidad el informe, pronunciándose favorablemente sobre la procedencia de la ejecución de la prestación adicional. A los 14 días de recibido el informe del supervisor, la entidad notifica al contratista declarando procedente la ejecución de la prestación adicional, Acompaña a la notificación la resolución de aprobación de la prestación adicional y el expediente técnico de dicha prestación, debidamente aprobado. Excavación es una actividad crítica.

Duración de la Paralización de obra = duración de la formulación del expediente técnico de prestación adicional + 14 días de

pronunciamiento del supervisor (plazo máximo) + 14 días de pronunciamiento de la entidad (plazo máximo).

En este caso el origen o las circunstancias que generan la paralización es el vicio oculto del expediente técnico, que no habría estudiado adecuadamente la zona donde se ejecutarían los trabajos y la responsabilidad del proyectista, por no haber hecho diligentemente su trabajo, lo cual – a su vez – lo obliga a una indemnización.

La fase de investigación del lugar y el muestreo del suelo de la ingeniería de cimentaciones es la fuente más grande de incertidumbres. No importa cuán extensiva sea aun si respetamos el artículo 11° programa de investigación de la norma E.050 SUELOS Y CIMENTACIONES en la determinación del número “n” de puntos de investigación, en función del tipo de edificación y del área de la superficie a ocupar por este. Existe siempre alguna duda si las perforaciones retratan exactamente las condiciones del subsuelo, si las muestras son representativas, y si los ensayos están midiendo correctamente las propiedades del suelo. Los ingenieros tratan de compensar estas incertidumbres aplicando factores de seguridad en sus análisis. Desafortunadamente, esta solución solo incrementa los costos de construcción.

Anotaciones en Cuaderno de Obra

Detectado o visualizado la posible obra Adicional o Deductivo se debe anotar en el cuaderno de obras los siguientes asientos:

Por parte del Ingeniero Residente

- ✓ Registrar la causal que origina la Obra Adicional o Deductivo (por omisión, fallas o error en el proyecto, hecho fortuito, fuerza mayor, modificaciones al proyecto, por estar incompleto, por requerirlo la obra, o devienen de hechos ocultos imposibles de predecir, o por circunstancias impredecibles, etc.) con bastante precisión.
- ✓ Registrar la fecha en la que se detectó el hecho.
- ✓ Describir en forma general en qué consiste la obra adicional o deductivo.
- ✓ Indicar lo necesario e indispensable que resulta la ejecución de la obra adicional para cumplir los objetivos del contrato.
- ✓ Comunicar, alternativamente, a la Entidad mediante carta, sobre los defectos del proyecto y el origen de las obras adicionales, siempre y cuando la modificación sea sustancial, de modo que merezca la opinión del proyectista.

Por parte del Inspector / Supervisor:

- ✓ . Registrar en cuaderno de obra la necesidad de la ejecución de

las prestaciones adicionales

- ✓ El Inspector/Supervisor debe comunicar a la Entidad sobre la necesidad de elaborar el Expediente Técnico del Adicional de obra.
- ✓ La Entidad deberá de definir la elaboración del Expediente Técnico: Entidad, Consultor Externo o el Contratista. Si lo hacen cualquiera de los dos primeros, lo deberán coordinar con el Contratista.
- ✓ El Inspector/Supervisor tiene un plazo de 14 d.c. para pronunciarse luego de concluido la elaboración del Expediente Técnico y la Entidad tiene 14 d.c. para emitir y notificar la Resolución sobre la procedencia, debiendo entregar el Expediente Técnico debidamente aprobado. Además de comunicar al SNIP.

El origen de las prestaciones adicionales de obra se deriva, principalmente de:

- ❖ Hechos acaecidos que por su naturaleza imprevisible no se tomaron en cuenta antes de la aprobación del Expediente Técnico.
- ❖ Hechos fortuitos o de fuerza mayor sucedidos con posterioridad a la firma de contrato.
- ❖ Omisiones y/o errores del Expediente Técnico de obra.

❖ Modificaciones al Expediente Técnico del Proyecto aprobadas por la Entidad Contratante, cuales quiera sea su origen o motivo.

De esta manera la prestación adicional originada conllevara al incremento de precios y en la mayoría casos su ejecución a un incremento de plazo.

En armonía con el artículo 208° Prestaciones adicionales de obras mayores al quince por ciento (15%). (...) las prestaciones adicionales de obra no podrán superar el cincuenta por ciento (50%) del monto del contrato original. En caso que superen este límite se procederá a la resolución del contrato, no siendo aplicable el último párrafo del artículo 209°, debiéndose convocar a un nuevo proceso por el saldo de obra por ejecutar, sin perjuicio de las responsabilidades que pudieran corresponder al proyectista.

Si solo tramito la prestación adicional de acuerdo a ley de contrataciones y su reglamento no estaría cumpliendo la ley del sistema de inversión pública establecido en su directiva, si es que no hago previamente su verificación para la aprobación de dicho adicional.

El sistema de inversión pública enmarca todo un proyecto, se podría decir que una obra pública en general es parte del sistema de inversión pública.

El reglamento de la ley de contrataciones del estado menciona en el artículo 10° que los proyectos deben ser declarados viables, en el marco del sistema de inversión pública para todos los casos en que las contrataciones estén relacionados a la ejecución de un proyecto de inversión.

Cuando se pide autorización para adicionales mayores al 15% a la contraloría general de la república, de acuerdo a su directiva, dentro de la documentación estable un ítem en la que solicita la verificación de viabilidad en el marco del sistema de inversión pública.

La verificación de viabilidad no es más que demostrar que el proyecto de inversión sigue siendo rentable socialmente o económicamente de acuerdo a la tipología del proyecto en la cual el sistema de inversión pública también nos sugiere, que tipo de evaluación económica es la que tenemos que hacer.

La evaluación de la rentabilidad social con el método costo efectividad y si la evaluación económica con el método costo beneficio.

La verificación de viabilidad lo hace la unidad ejecutora con quien otorgo esta viabilidad, con la OPI correspondiente.

Obras que no se enmarcan en la definición de prestación adicional, deben ser materia de nuevos contratos.

Prestación nueva de obra.- La no considerada en el expediente técnico, ni en el contrato original, cuya realización NO es indispensable y/o necesaria para dar cumplimiento a la meta prevista de la obra principal y que se ejecutara mediante un nuevo contrato.

El tema de reajustes, no se configuraría como adicional, toda vez, si en el contrato, se señala la actualización del valor en un determinado tiempo mediante una formula específica, el pago del reajuste se puede efectuar en pago de la liquidación de obra o del servicio.

4.6.3.3. PATRONES LÓGICOS BÁSICOS PARA DIAGRAMA DE PRECEDENCIAS.

Lo interesante que ofrece el PDM (Precedence Diagraming Method) es la velocidad en que se puede preparar el plan del proyecto, ya que se eliminan las actividades ficticias y permite el traslape o solape de las actividades. El programador de un Proyecto no debería gastar muchas horas-hombre en preparar un programa mediante el uso de la computadora, la variedad de las relaciones lógicas de las actividades (inicio-inicio, inicio-fin, fin-fin, fin-inicio) ha creado diferencias en los Softwares del PDM. No todos los Softwares para PDM siguen la misma metodología en la aplicación de las cuatro relaciones lógicas en el círculo de la red. La manera de combinar las relaciones inicio-inicio y fin-fin son tratadas de forma distintas en el software de programación.

El PDM permite concurrencias parciales para ser mostradas al inicio de cada actividad parcialmente concurrente, pero no se pueden mostrar concurrencias continuas. Para aclarar este punto, tomemos como ejemplo la siguiente Figura N° 139.

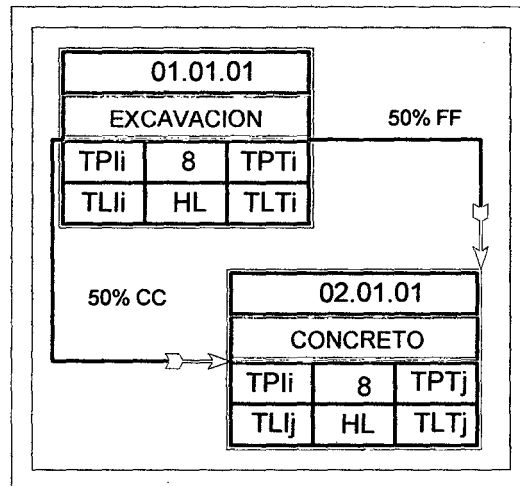


Figura N° 139 : Relación de las actividades secuenciales.

(Fuente: Elaboración propia.)

La relación entre las actividades de excavación y colocación del concreto de alguna cimentación, el diagrama nos muestra dos tipos de relaciones, comienzo-comienzo, y fin-fin, las cuales fueron utilizadas para simplificar cuatro actividades que normalmente hubiéramos realizado en una rutina de flechas y nudos en dos actividades de rutina por método de precedencia. Las excavaciones deben ser ejecutadas de forma continua para permitir el vaciado continuo de una plantilla. Este ejemplo nos muestra que las dos actividades pueden iniciar simultáneamente pero la excavación debe

estar iniciada y haber transcurrido al menos un 5% de producción para comenzar con el vaciado del concreto, al mismo tiempo se relacionan que deben transcurrir al menos un 5% de producción para que finalice el vaciado del concreto. Si suponemos que la excavación se suspenda al haber iniciado el tercer día, el programa no indica que el concreto deba también parar, aunque la realidad en campo es que sin la excavación (como precedencia) no puede comenzar el vaciado de concreto. Acorde al programa, el concreto puede continuar el tercer, cuarto, quinto o sexto días prescindiendo de cualquier atraso de la excavación, sabemos que al final el atraso para terminar será la actividad del concreto.

Algunos programadores prefieren evitar los traslapes de actividades y utilizan la relación final-inicio en toda la red, es obvio que este esquema es muy fácil de analizar, pero se traduce generalmente en un mayor tiempo de ejecución.

Consideremos un ejemplo de construcción, para comprender más el desarrollo del PDM, si tenemos que terminar la construcción de los muros internos de una edificación, más la instalación eléctrica y sus acabados finales, y suponemos que cada actividad tiene un estimado de 20 días para su terminación, tendríamos diferentes alternativas para la ruta crítica, así como la duración total de la citada edificación.

Primera alternativa: El plan se va a ejecutar en tareas secuenciales, es decir que hasta que termine una actividad no puede iniciar la otra, entonces la duración de la obra será de 60 días. Ver Figura N° 140.

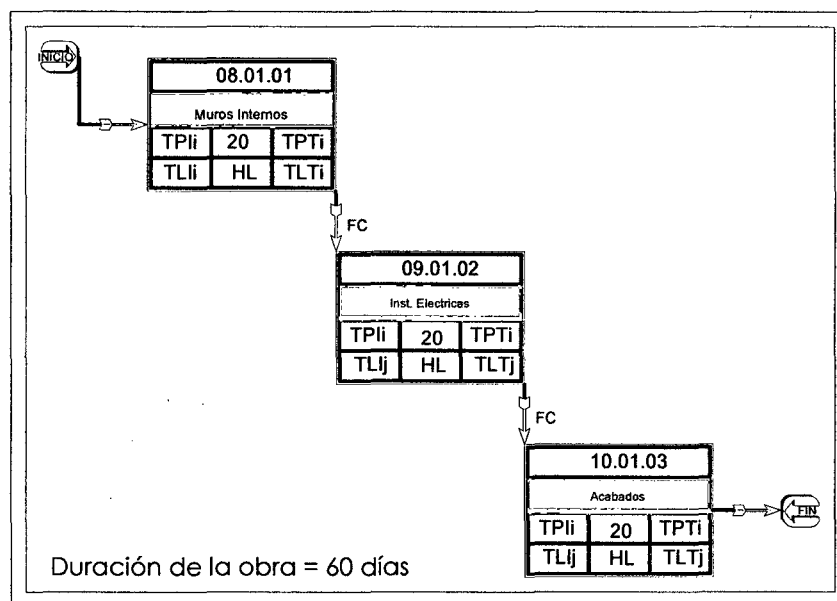


Figura N° 140 : Relación Fin-Comienzo (FC) entre las partidas.
(Fuente: Elaboración propia.)

Segunda alternativa: Si quisiéramos reducir el tiempo de ejecución de esta obra, podríamos iniciar simultáneamente las actividades entre el inicio y la terminación de cada una con un nivel de producción de 10%, esto significa que dos días antes que termine la instalación eléctrica debe terminarse los muros internos, este diagrama de precedencia nos lleva a una duración de 24 días para su terminación.

Observe que también se relacionaron las actividades Fin-Fin, esto quiere decir que la instalación eléctrica termina dos días después de la actividad de muros y dos más para acabados.

Más adelante veremos con más detalle la no conveniencia de relacionar las actividades que quedan redundantes. Ver Figura N° 63 141 y 142.

	Duración	Tr	Temprano	Tardío	Ht	HL	Muros Internos		Instalaciones Eléctricas		Acabados	
							C	F	C	F	C	F
Muros Internos	20		0	0	0	0	C					
			20	20			F					
Instalaciones Eléctricas	20		2	2	0	0	C	0.1				
			22	22			F		0.1			
Acabados	20		4	4	0	0	C			0.1		
			24	24			F				0.1	
			24	24								

Figura N° 141 : Relación (CC) y (FF) entre las partidas.
 (Fuente: Elaboración propia.)

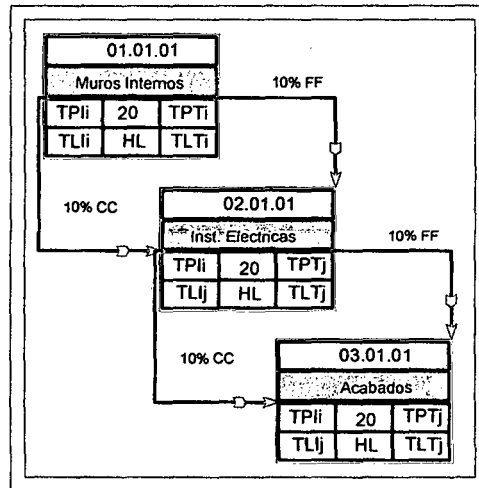


Figura N° 142 : Relación (CC) y (FF) entre las partidas.
 (Fuente: Elaboración propia.)

Tercera alternativa: Suponemos la misma lógica anterior pero ahora calcularemos la red con diferente Inicio-Inicio y Final-Final y con diferentes tiempos de ejecución, en este caso la instalación eléctrica es más fácil de instalar y requiere de menos días de ejecución de ejecución, sin embargo no puede terminar antes que los muros internos por proceso constructivo. Ver Figura N° 143.

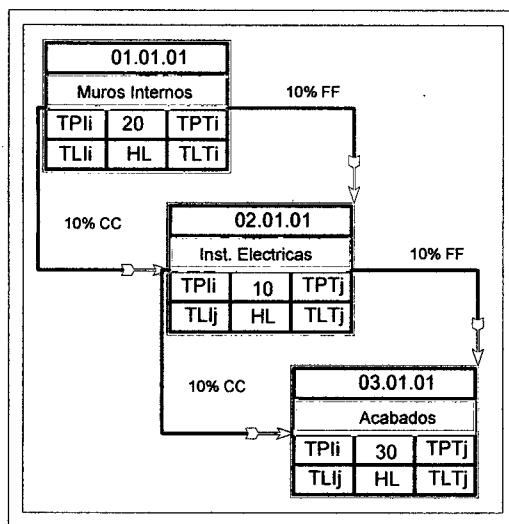


Figura N° 143 : Relación Comienzo-Comienzo (FC) Fin-Fin (FF) entre las partidas.

(Fuente: Elaboración propia.)

Entonces tendríamos que la duración final sería: 10% de producción de inicio a inicio entre las dos primeras actividades, más un 10% de la tercera actividad, sumando los 30 días de la actividad de acabados más los 10% de la terminación eléctrica son 42 días. Hasta aquí

pretendemos demostrar la lógica de las actividades en tiempo, no hemos complementado la relación con la cantidad de recursos humanos que se requieren ni el calendario utilizado. Ver Figura N° 63 144.

	Duracion	Tr	Temprano	Tardío	Ht	HL	Muros Internos		Instalaciones Electricas		Acabados	
							C	F	C	F	C	F
Muros Internos	20		0	0	0	0	C					
			20	20			F					
Instalaciones Electricas	10		11	11	0	0	C	0.1				
			21	21			F		0.1			
Acabados	30		12	12	0	0	C			0.1		
			42	42			F				0.1	
			42									

Figura N° 144 : Relación (FC) y (FF) entre las partidas.
 (Fuente: Elaboración propia.)

Enlaces Redundantes.

Vale la pena considerar que en la etapa de planeación algunas redes no están permitidas en el cálculo del PDM y que las ligas o interrelaciones mal planeadas conducen a errores de interpretación de resultados.

Es importante verificar que en el diagrama PDM no haya actividades redundantes o ciclos cerrados (Loops), es decir, que no presenten lógica circular entre las actividades, un ciclo es una ruta que regresa al punto de partida. Ver Figura N° 145.

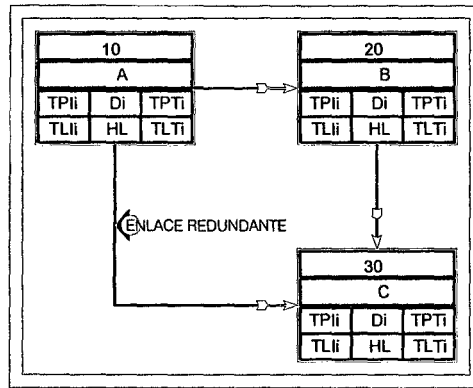


Figura N° 145 : Representación Incorrecta.
(Fuente: Elaboración propia.)

Esto sucede con frecuencia, una actividad está relacionada con otras dos, que a la vez están relacionadas entre sí en este caso se crea una redundancia en la red y se tiene que eliminar.

Si la actividad C debe iniciarse una vez que se han terminado A y B, pero se inicia después de terminarse A, entonces existe un enlace demás, pues es seguro que se habrá terminado A para cuando se inicie C. Ver Figura N° 146.

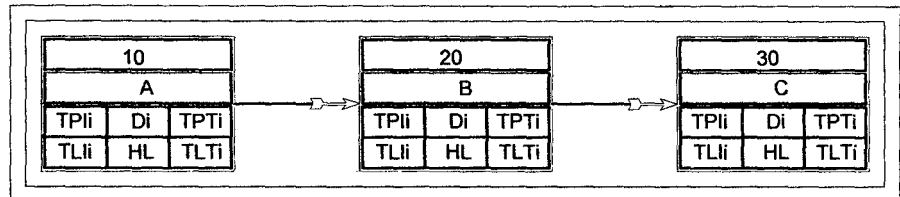


Figura N° 146 : Representación Correcta.
(Fuente: Elaboración propia.)

Debe haber nudos inicial y final únicos.

Las actividades A, B y C son independientes entre sí, pero D depende de A y E también de C. Ver Figura N° 147.

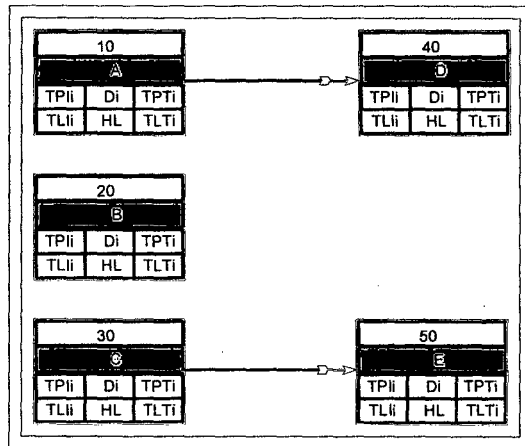


Figura N° 147 : Representación Incorrecta.

(Fuente: Elaboración propia.)

Según se ve, la lógica entre los nudos es correcta pero se tienen nudos iniciales y finales abiertos, es ahí donde se hace necesario colocar actividades ficticias inicial y final, para que se tenga solo un nudo inicial y uno final. Ver Figura N° 148.

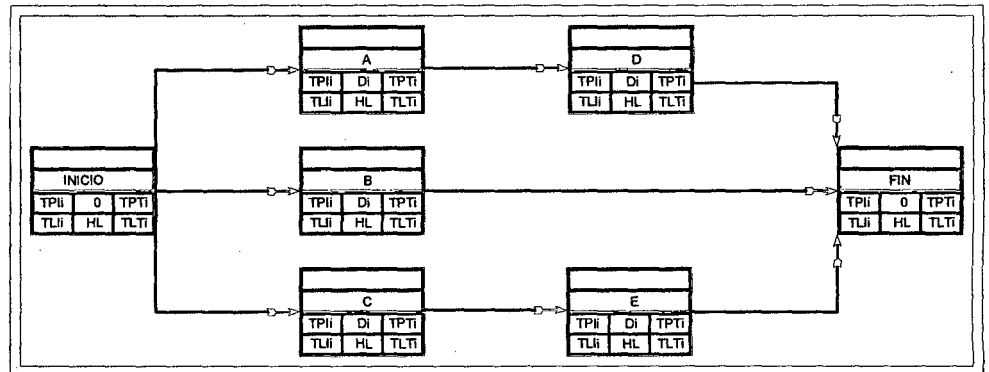


Figura N° 148 : Representación Correcta.
(Fuente: Elaboración propia.)

Para llevar un orden correcto de las actividades, en el momento de hacer el diagrama, es necesario establecer un esquema de numeración para mantener la dirección de la red; lo que se puede lograr colocando las actividades en orden, estableciendo pasos en secuencia.

Un paso en secuencia, es la posición lógica más cercana al inicio, que puede ocupar una actividad en la red manteniendo sus propias dependencias.

En la Figura N° 148, se puede observar que el inicio o actividad inicial se colocó en el primer paso; las actividades A, B y C, en el paso dos, pues las tres dependen de la actividad inicial; E y F fueron colocadas en el paso tres siguiendo la dependencia lógica, la actividad final se encuentra en el paso cuatro, a uno de las actividades E y F que son

dependientes y a dos pasos de la actividad B, puede observarse que esta actividad B es la más cercana a la inicial de los dos pasos lógicos posibles, si se toma en cuenta la definición de paso en secuencia.

Redundancia en la Red PDM.

Ningún programa por computadora calcula un programa si existe redundancia en la red, solo señalan en donde se localizó el error a efecto de corregir dicha anomalía y recalcular el programa, por tanto el programador debe tener cuidado para evitar accidentalmente los ciclos cerrados en el PDM, sobre todo cuando hay más de 500 actividades relacionadas entre sí en la red. Existen procedimientos disponibles que permiten evitar este proceso erróneo, el primer paso es desarrollar el plan mediante la utilización de la técnica del WBS(EDT), para facilitar el proceso de revisión y filtración de las actividades; el segundo paso es no relacionar o ligar las actividades que no sean esenciales (1) en efecto, coincidimos con la premisa del autor, en mi opinión al revisar nuestra diagramación encontramos un exceso de ligas innecesarias de sucesores y predecesoras entre las actividades que solo originan que el cálculo del programa sea inadecuado, ya que restringe a otras durante su cálculo.

Para ilustrar ambos casos, presentamos las siguientes figuras que nos permitirán mostrar lo señalado.

En la Figura N° 149 se muestran los dos ciclos cerrados (Loops), la actividad E50 retorna el ciclo al punto inicial de la actividad B20, así también sucede con la actividad G70, inicia con el final de la actividad C30, en un lenguaje más coloquial diríamos que es la ruta que nunca va a terminar, en un círculo no sabemos cuándo inicia ni finaliza el punto de arranque. Es conveniente que nos apoyemos con la gráfica PERT para visualizar este tipo de errores; en el caso de primavera, al calcular nos reporta que no es posible calcular la ruta por dichos Loops.

Para el caso de los ciclos cerrados o redundantes, la Figura N° 149 nos señala los errores de relación:

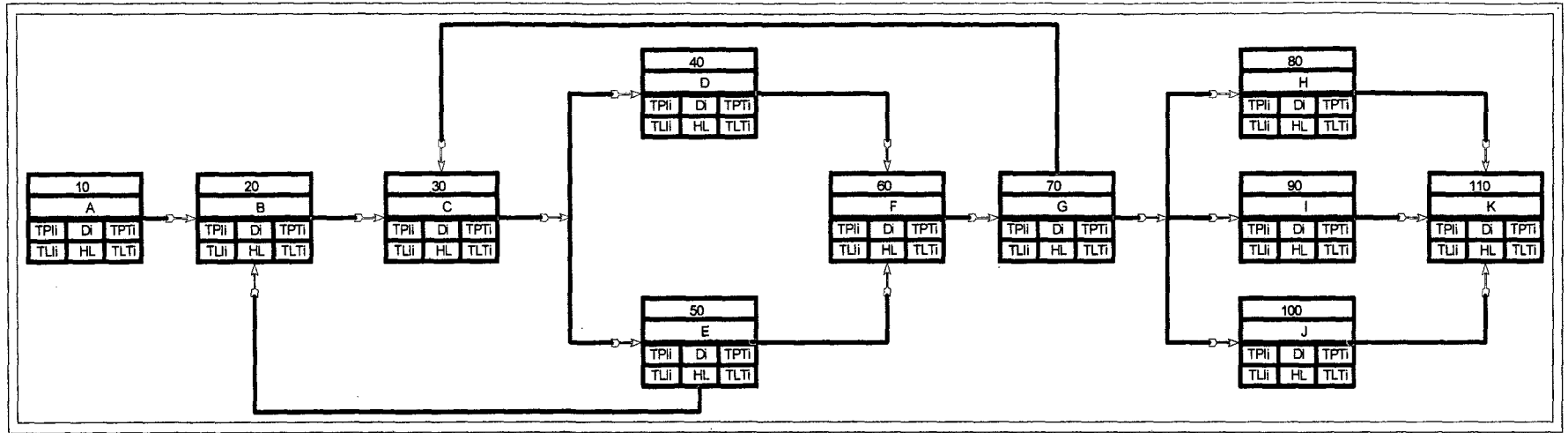


Figura N° 149 : Diagrama de precedencias con 2 ciclos cerrados. .
(Fuente: Elaboración propia.)

Relaciones redundantes:

Frecuentemente, por ignorancia o descuido relacionamos una actividad a más de dos actividades al mismo tiempo, sin que estas tengan que ver con el proceso constructivo, o bien simplemente por ligar las actividades con más predecesoras o sucesoras. Es conveniente durante la planeación de la red, reducir las actividades en paquetes de trabajo así como también agruparlas con eventos (hitos) de inicio y fin. La siguiente red (Figura N° 150) muestra 5 relaciones redundantes en el diagrama PDM.

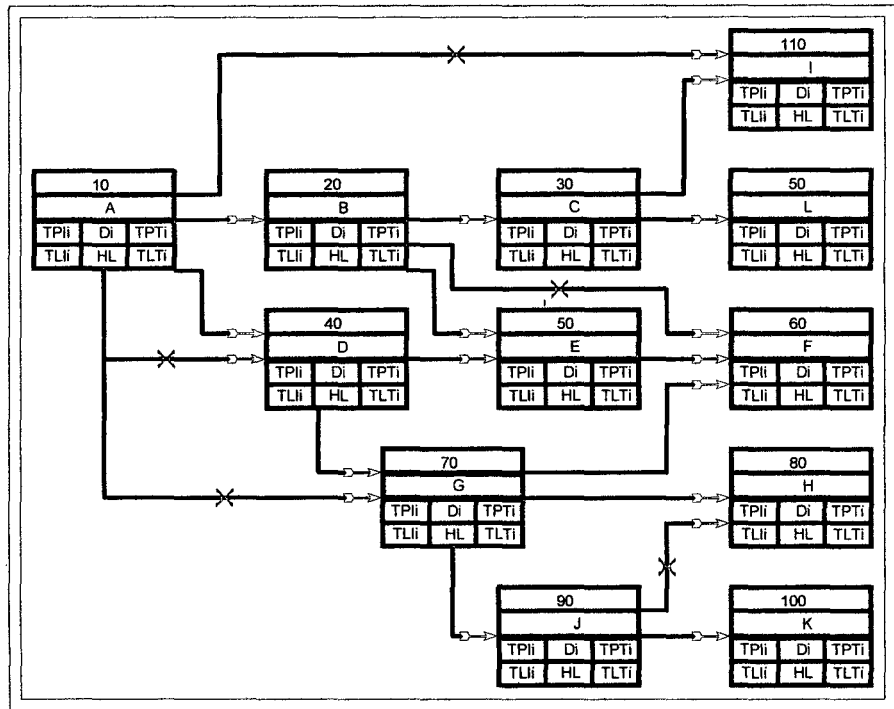


Figura N° 150 : Cinco (5) relaciones redundantes en el diagrama PDM.
(Fuente: Elaboración propia.)

Las redundancias señaladas con cruces son actividades que resultan inútiles en el cálculo de las computadoras y solo agregan esfuerzos innecesarios en la diagramación. Por ejemplo, las actividades A y D están relacionadas con dos tipos de relaciones, una de inicio-inicio con desfaseamiento o posposición de 5 días (lag +) y una relación fin-inicio, quedo obvio que cuando termine A debe comenzar D, por lo que resulta inoperante que la actividad D inicie 5 días de haber iniciado A.

Una sugerencia para armar redes es limitar las ligas o relaciones en una lógica estrictamente necesaria para mayor claridad. El primer principio de una red lógica es que todas las actividades tengan una predecesora y una sucesora, exceptuando el inicio del proyecto o evento (no tiene predecesora) y el fin del proyecto o evento (no tiene sucesora). La mayoría de los programadores recomiendan que cada actividad deba tener por lo menos una liga o relación que la preceda y otra que la siga.

Algunos programas de precedencias para computadoras ignoran buenas prácticas de programación y permiten extremos abiertos en su red o actividades colgantes como fechas de terminación individual, esto hace que las actividades colgantes siempre sean críticas. Cuando un programador usa numerosas actividades colgantes de inicio o fin, los efectos que produce en el programa no pueden ser

medidos con precisión. Una actividad sin una relación de origen a la derecha es conocida como una actividad colgante de fin. En la Figura N° 149 las actividades I-110, L-50, F-60, H-80 y K-100 son actividades colgantes (extremos abiertos) de terminación. El cálculo en los programas de computación generan una serie de reportes que señalan que actividades no tienen sucesoras ni predecesoras, si una actividad no tiene predecesora, la actividad usa la fecha de los datos como inicio temprano (early start), la actividad que no tiene sucesora la calcula con la fecha final del proyecto como final tardío. (Late finish) Para cerrar el desarrollo del diagrama de precedencias se requiere haber estimado la duración de las actividades y revisar las holguras de las actividades.

El diagrama de precedencias ejecutado por un programa computacional, ofrece a la Industria de la Construcción, una excelente herramienta para la planeación, programación y control de los proyectos, ya que ofrece una velocidad de respuesta adecuada a las necesidades de las Empresas Constructoras, sobre todo por su valor de análisis y toma de decisiones físico-financieros. La utilización del PDM elimina la necesidad de las actividades ficticias y adiciona de manera importante el detalle del traslapes de las actividades asimismo el programador puede reducir sustancialmente el tiempo de elaboración de un programa cuando se presentan actividades

repetitivas de construcción, tal es el caso de los edificios, carreteras y líneas de conducción entre otras.

Bucle: una actividad que sale de un suceso y vuelve al mismo ver Figura N° 151.

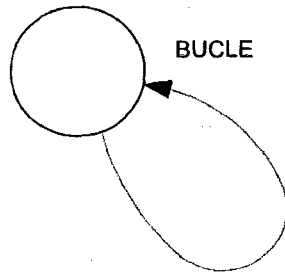


Figura N° 151 : Bucle.
(Fuente: Elaboración propia.)

Circuito: una serie de actividades que parten de un suceso y acaban en el mismo suceso del que nacen (B-E-C) ver Figura N° 152.

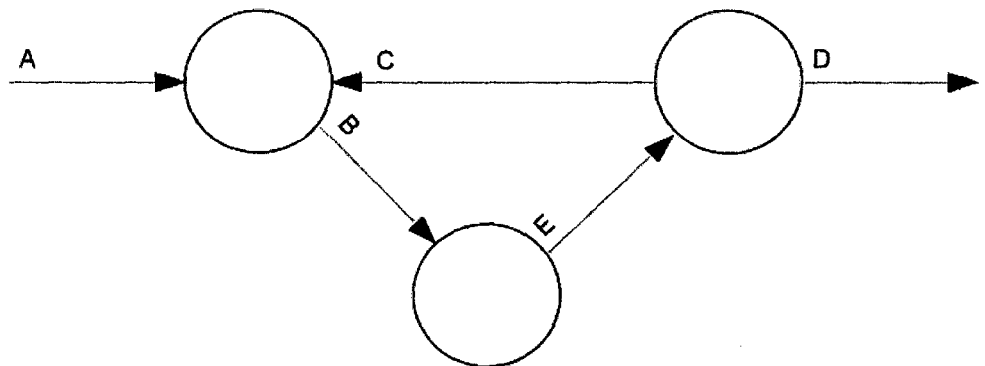
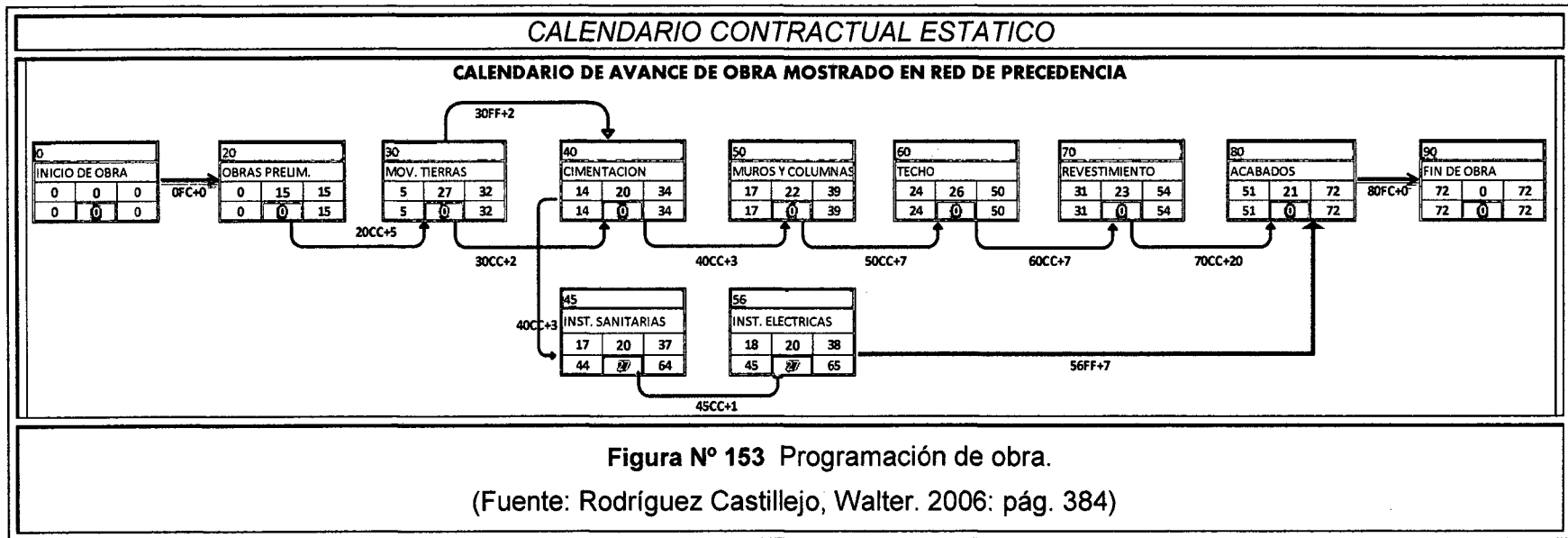


Figura N° 152 : Circuito.
(Fuente: Elaboración propia.)

A continuación se muestra la obtención de la Programación ideal con efectos de la prestación adicional. La que será la nueva red de precedencias de obra vigente, para lo cual se utilizará como referencia la programación de obra detallada en el libro, *Gerencia de Construcción y del Tiempo*, del ing. Walter Rodríguez Castillejo. 2006: pág. 383; del cual se extrajo los datos más importante que servirán para la explicación. La RED CPM/PDM es entonces la de 20 viviendas unifamiliares.



4.6.3.4 EL CALENDARIO DE AVANCE DE OBRA ACTUALIZADO POR ADICIÓN DE PARTIDAS.

Lo primero a realizar es convertir el calendario de avance de obra estático a un calendario de avance de obra dinámico también llamado programación de obra en base a niveles de producción, para ello será necesario convertir las relaciones estáticas a relaciones dinámicas, y así evitar el efecto de la ruta crítica inversa y su consecuente repercusión en el cálculo de la duración total de los C.A.O, N.C.A.A.O y C.A.O.A (Artº: 183º, 205º, 201º del D.S. N° 138-2012-EF.

Esto se podría lograr con la equivalencia de conversión:

✓ COMIENZO-COMIENZO: NCC+Z

$$N (Z / di) CC = P\% \text{ o } P\% + z^\circ. \text{ Talque } 0 < P\% < 100\%.$$

Donde:

N: Fila donde está la partida i (existe relación entre la partida i y j).

di: duración de la partida i.

✓ FINAL-FINAL: NFF+Z.

$$N (Z / dj) FF = P\% \text{ o } P\% + z^\circ. \text{ Talque } 0 < P\% < 100\%.$$

Donde:

N: Fila donde está la partida i (existe relación entre la partida i y j).

dj: duración de la partida j.

✓ COMIENZO-FINAL: NCF+Z.

$$N (Z/di) CF = P\% \text{ Ó } P\% + z^\circ. \text{ Talque } 0 < P\% < 100\%.$$

Donde:

N: Fila donde está la partida i (existe relación entre la partida i y j).

di: duración de la partida i.

✓ FINAL-COMIENZO: NFC+Z.

$$N FC+Z = z^\circ. \text{ Talque } 0 < P\% < 100\%.$$

Donde:

N: Fila donde está la partida i (existe relación entre la partida i y j).

Equivalencias: relaciones Estáticas a relaciones Dinámicas

$$0FC+0 = 0FC+0.$$

❖ $20CC+5 = 20 \left(\frac{5}{15}\right) CC = 20 \left(\frac{5}{15}\right) = 20 (33.33\%) CC+0 = 20 (33.33\%) CC,$
si y solo si, $d_i=15$ días. (Duración de la tarea i = 15 días).

❖ $20FF+2 = 20 \left(\frac{2}{20}\right) FF = 20 (2/20) FF = 20 (10\%) FF+0 = 20 (10\%) FF,$ si y
solo si, $d_j=20$ días.

❖ $100CF + 11 = 100 \left(\frac{11}{30}\right) CF = 100 (11/30) CF = 100 (37\%) CF+0 = 100$
(37%) CF, si y solo si, $d_i=30$ días.

La ventaja de la programación dinámica es la sensibilidad de la red en la cual las dependencias son directamente proporcionales a la producción, es así que los tiempos de las partidas evolucionarán necesariamente en la misma dirección que las modificaciones realizadas en las duraciones de las partidas por las demoras justificadas presentadas en obra, posibilitando la aplicación de modelos que actúen no solo sobre el desplazamiento (δ_i) de las tareas, sino también sobre su duración (d_i).

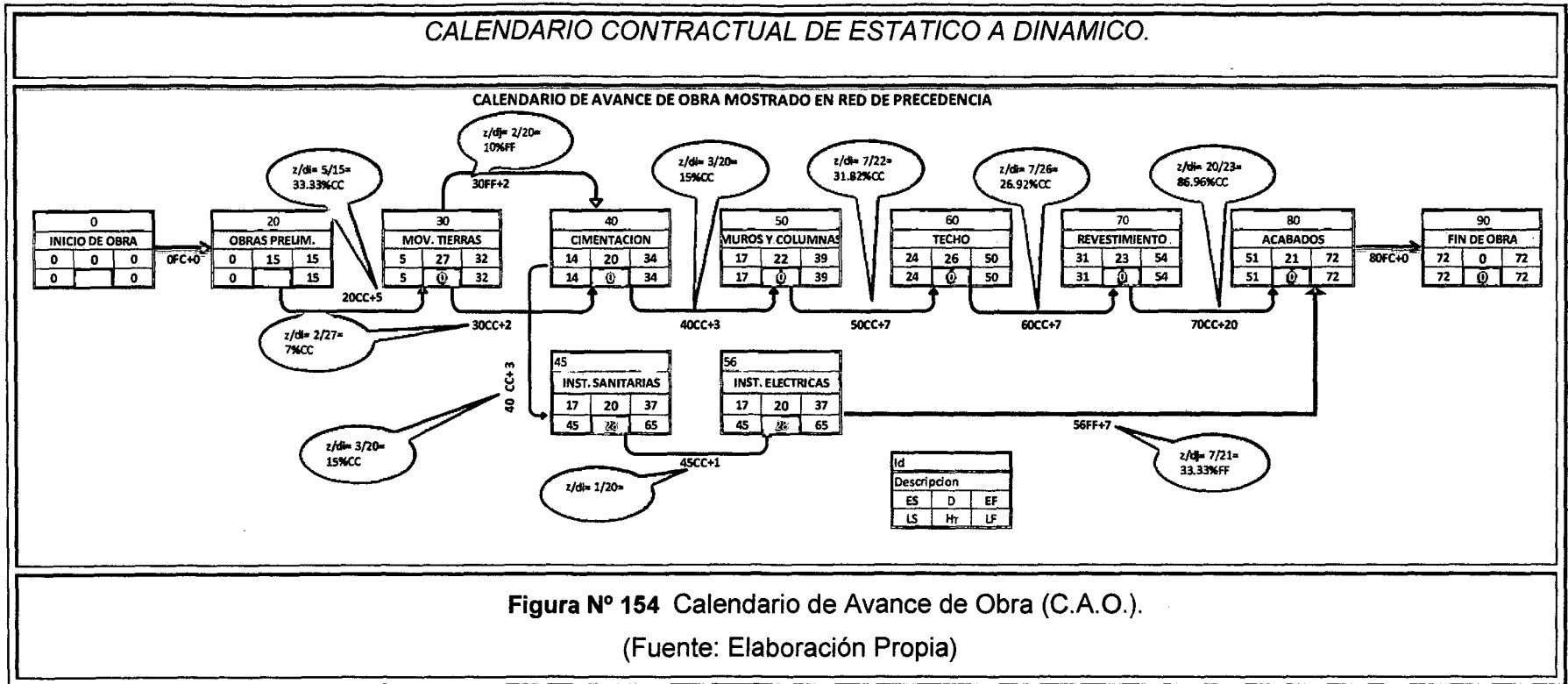
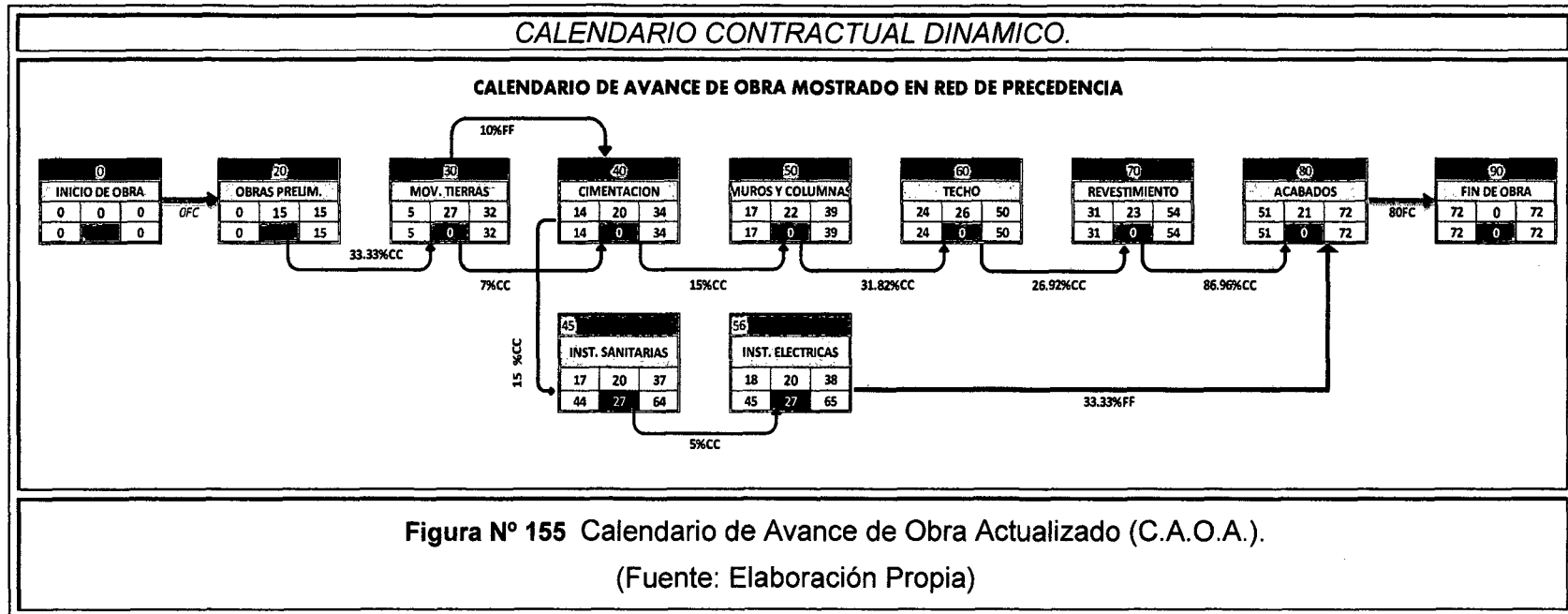


Figura N° 154 Calendario de Avance de Obra (C.A.O.).

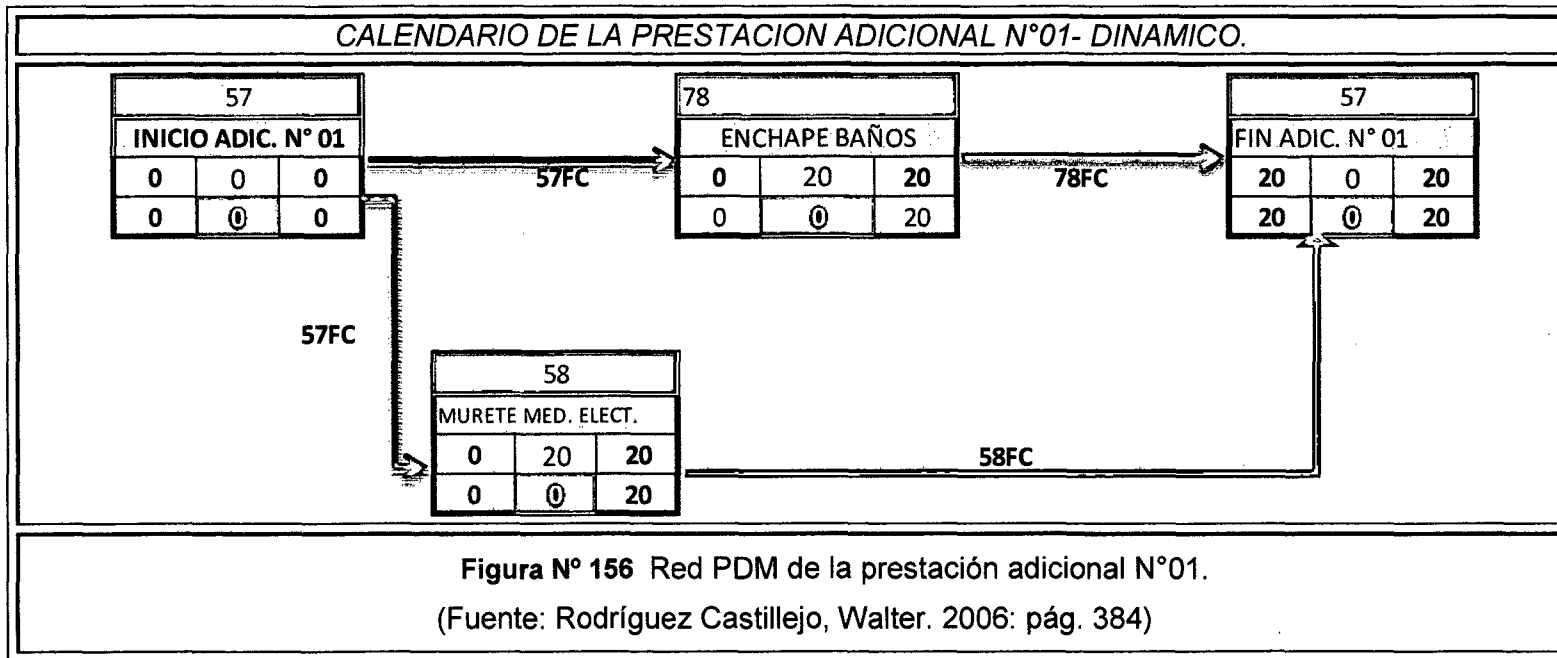
(Fuente: Elaboración Propia)

De acuerdo a la sensibilidad de la red del proyecto también pueden ser motivo de supervisión de riesgos de retraso del proyecto.



Después de 42 días calendarios o naturales se produce una prestación adicional (no sobre pasa del 15% del monto de obra), Consistente en COLOCAR MURETES PARA MEDIDOR ELECTRICO Y ENCHAPE DE BAÑOS, no considerado originalmente en acabados.

Se elabora la red de precedencias de la prestación adicional N°01 de la obra complejo habitacional de 20 viviendas, en forma independiente y luego se inserta a la red general:



El diagrama de la prestación adicional debe ser insertado en la red de precedencia antes vigente luego de establecer relaciones de precedencia con actividades precedentes y sucesoras, de tal manera que la nueva red sea una red cerrada como la antes vigente.

Las partidas adicionantes no deben carecer de sucesor y deben estar lógicamente relacionadas con todas sus sucesoras en disposiciones lógicas de caminos paralelos, producto de la existencia de tareas ejecutadas concurrentemente.

Cuando un Presupuesto Contratado esté conformado por sub presupuestos, deben elaborarse los presupuestos adicionales y deductivos por cada sub presupuesto. De la misma forma se elaboran los respectivos calendarios.

Hay que observar que la ruta crítica solo va a ser calculada si tenemos secuenciadas todas las actividades del cronograma. La ruta crítica se basa en la comprensión de las actividades sucesoras y predecesoras de cada actividad. Si las actividades no están secuenciadas, la ruta crítica puede ser calculada de manera errónea.

Puede suceder que en la nueva red, el adicional no genera ampliación de plazo, ya que la ruta crítica no podría haber sufrido alteración al ser posible de ejecutar todas las actividades de la prestación adicional en paralelo con las actividades existentes de la red de precedencias antes vigente.

Los adicionales tienen un presupuesto que incluye gastos generales.

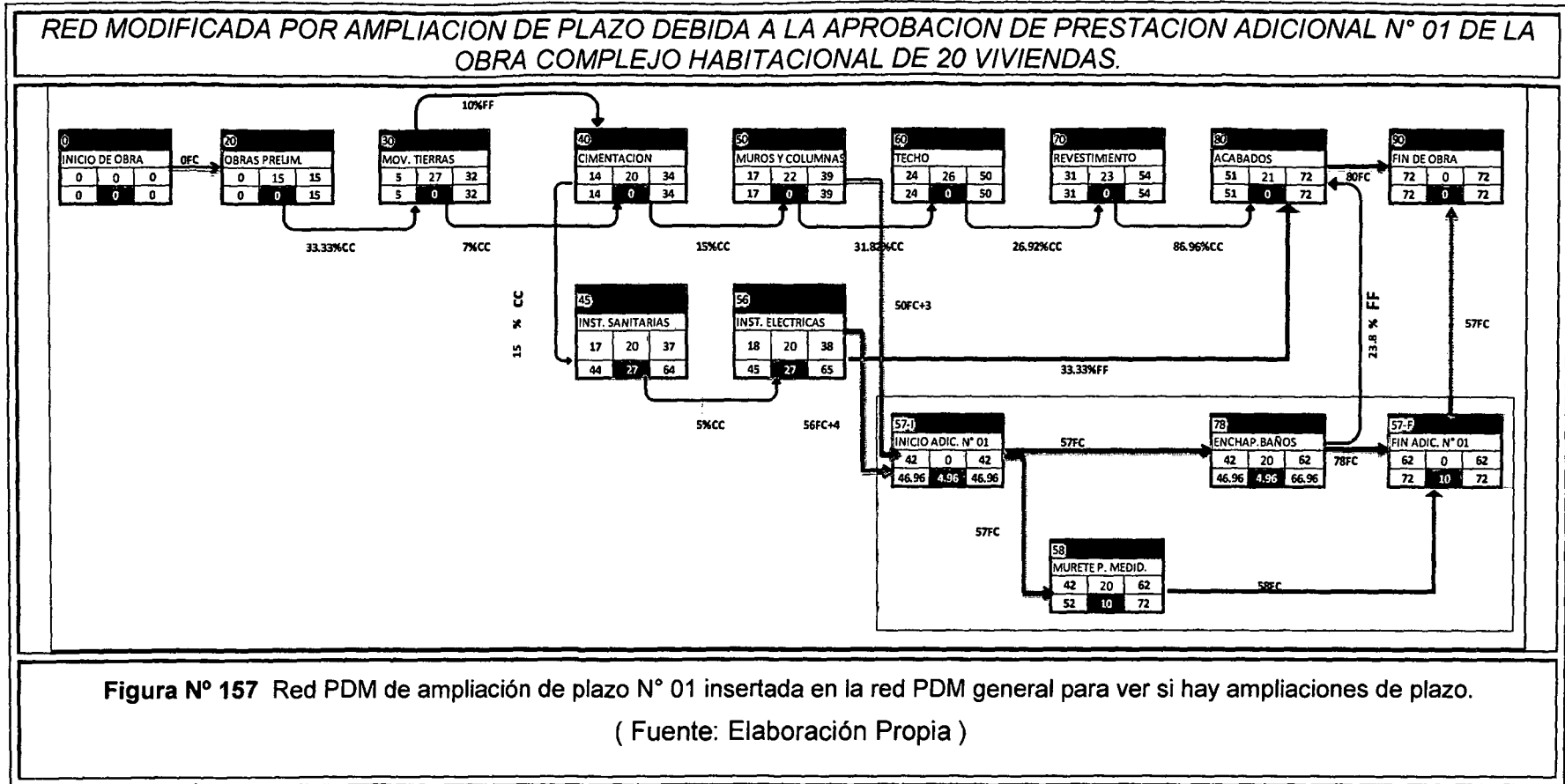


Figura N° 157 Red PDM de ampliación de plazo N° 01 insertada en la red PDM general para ver si hay ampliaciones de plazo.
 (Fuente: Elaboración Propia)

4.6.3.5 PROGRAMACIÓN IDEAL CON EFECTOS DE LAS PARTIDAS ADICIONANTES.

Una vez elaborado la red PDM propio de la prestación adicional N°01 y ligada a la red PDM general, antes vigente, procederé a la obtención del Calendario de Avance de Obra Actualizado con efectos de la prestación adicional N°01. La que será el nuevo C.A.O. vigente.

Parto del calendario de avance de obra antes vigente con efectos de la prestación adicional y analizo las variaciones que tal prestación adicional N°01 ha provocado en el calendario de avance de obra de partida. Estas inserciones pueden afectar a la ruta crítica y por tanto ampliar el plazo de terminación de la obra,

En la nueva red mostrada en la figura N° 157 sucede que el adicional no genera ampliación de plazo, ya que la ruta crítica no ha sufrido alteración al ser posible de ejecutar todas las actividades de la prestación adicional N°01 en paralelo con las actividades existentes de la red de precedencias antes vigente.

Las variaciones en las duraciones de las partidas no afectaran a la duración final del proyecto, mientras que este incremento de duración este dentro o que sea igual a la holgura total de la partida.

Por lo que respecta a las holguras, las variaciones en las mismas, no afectaran a la duración de la programación inicial, mientras que en ningún caso se supere la holgura total de la partida.

Y, por último, las posibles modificaciones en las relaciones de dependencia o interdependencia que puedan aparecer son compatibles con las iniciales que hemos obligado a mantener.

Por lo que respecta al camino o caminos críticos iniciales, podrían sufrir variaciones y hasta incluso aparecer nuevos caminos.

En consecuencia, introduciendo la prestación adicional en el C.A.O. primitivo obtendremos la C.A.O.V. con efectos de la prestación adicional, ver figura N° 158.

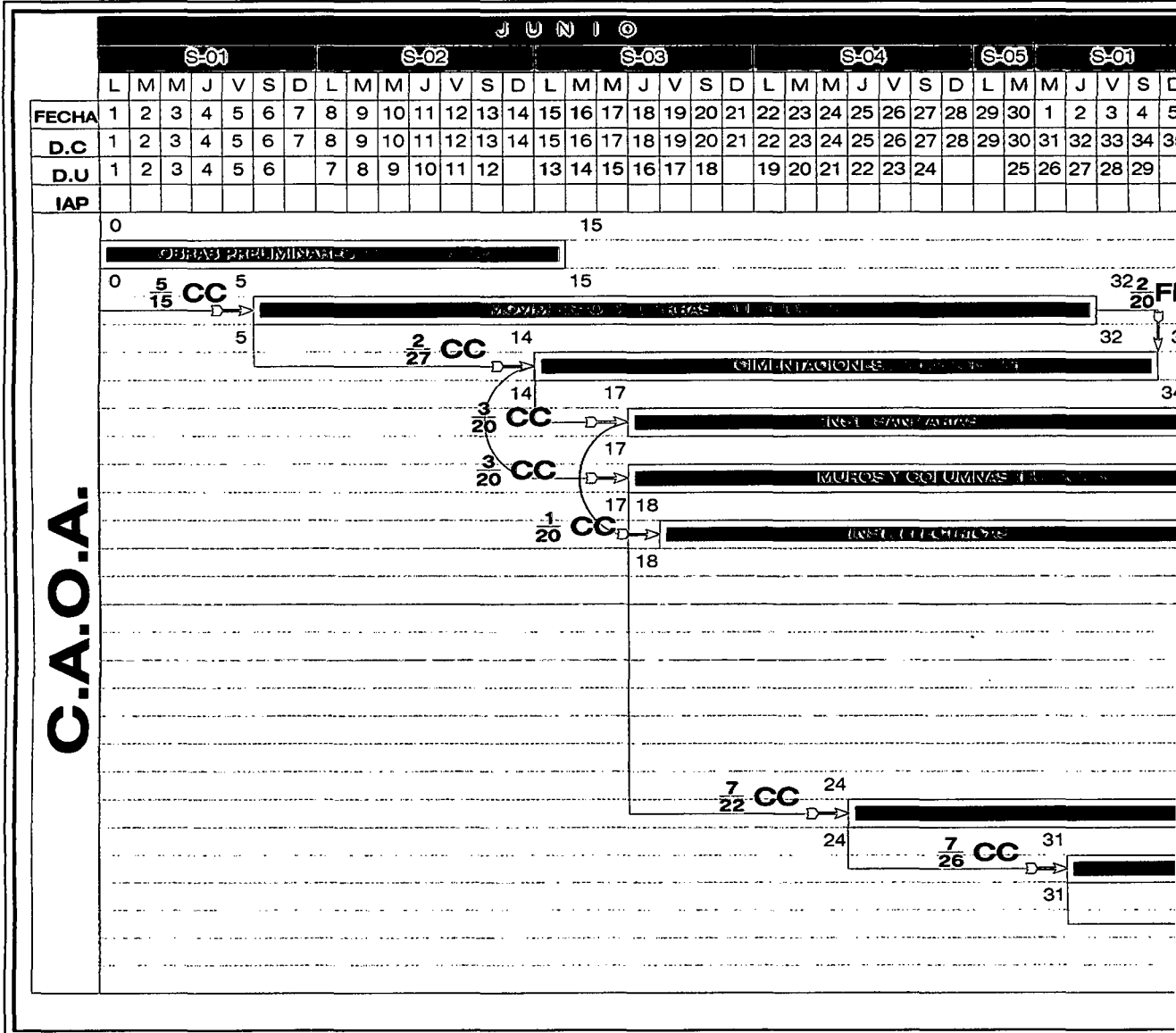


Figura N° 158 C.A.O.V. Actualizada por ampliación de plazo debido a la apr
 (Fu

4.6.4 DEMORAS EN PARTIDAS NO CRITICAS DE LA RED PDM

4.6.4.1 CALENDARIO DE EXPERIMENTACIÓN.

Esta sección muestra la aplicación de la modelación dinámica de demoras no imputables al contratista, a un calendario de ejecución que contiene partidas no críticas, para lo cual se utilizará como referencia la programación de obra detallada en el libro, Gerencia de Construcción y del Tiempo, del ing. Walter Rodríguez Castillejo. 2006: pág. 383; del cual se extrajo los datos más importante que servirán para la explicación. La RED CPM/PDM es entonces la de 20 viviendas unifamiliares.

Los proyectos necesitan de un ambiente estable y protegido para lograr que la ejecución se realice en forma eficiente y productiva.

Lo primero a realizar es convertir el calendario de avance de obra estático a un calendario de avance de obra dinámico también llamado programación de obra en base a niveles de producción, para ello será necesario convertir las relaciones estáticas a relaciones dinámicas, y así evitar el efecto de la ruta crítica inversa y su consecuente repercusión en el cálculo de la duración total de los C.A.O, N.C.A.A.O y C.A.O.A (Art°: 183°, 205°, 201° del D.S. N° 138-2012-EF).

CAPITULO V

5 ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

5.1 CONSIDERACIONES PREVIAS.

Los métodos de la Matemática que estudian los fenómenos deterministas relacionan una variable dependiente con diversas variables independientes:

$$y=g(x_1, x_2, \dots, x_k)$$

El problema se reduce a resolver un sistema lineal, una ecuación diferencial, un sistema no lineal...

Las Ciencias Experimentales han revelado la poca fiabilidad de las relaciones deterministas. En tales Ciencias el azar, la aleatoriedad, la variabilidad individual, las variables no controladas,... justifican el planteo de la ecuación fundamental:

$$\text{"observación"} = \text{"modelo"} + \text{"error aleatorio"}$$

Modelo: su estructura queda fijada por el experimentador teniendo en cuenta las condiciones de su experimento.

Error aleatorio: el experimentador debe tener en cuenta la desviación que existe entre lo que observa y lo que espera observar según el modelo.

En los Modelos de Regresión:

Modelo: función lineal de unos parámetros.

$$\underbrace{y_i}_{\text{observación}} = \underbrace{\beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_k x_{ki}}_{\text{modelo}} + \underbrace{u_i}_{\text{error aleatorio}}$$

Para medir la relación de dependencia en la presente investigación es posible disponer de una muestra de datos X e Y para cada red PDM.

Tabla N° 26 Muestra de datos X e Y.

<i>Días de demora (d.c.)</i>	<i>Días de Ampliación de Plazo (d.c.)</i>
	<i>Datos obtenidos del estudio en el modelo de la red PDM</i>
<i>Variable X: No Aleatorio</i>	<i>Variable Y: Aleatorio</i>
<i>El investigador fija sus valores</i>	<i>Variable de Respuesta</i>
<i>Duración de la demora 01</i>	<i>Ampliación de plazo derivado de la demora 01</i>
<i>Duración de la demora 02</i>	<i>Ampliación de plazo derivado de la demora 02</i>
<i>...</i>	<i>...</i>
<i>Duración de la demora n</i>	<i>Ampliación de plazo derivado de la demora n</i>

(Fuente: Fuente: Elaboración Propia)

Para el contraste disponemos de los siguientes cuadros resúmenes:

Variables X e Y, Según Paralización en Partidas Críticas de una red PDM de Tres Partidas							
Escenarios Singulares	Rango de ocurrencia de la Demora		Tipo de demora	Fecha de inicio de la Demora	Partida(s) Directamente Afectada(s)	Días de demora (d.c.)	
						Días de Ampliación de Plazo (d.c.)	
	Datos obtenidos del estudio en el modelo de la red PDM						
	Variable X: No Aleatorio	Variable Y: Aleatorio					
desde(d.c.)	hasta(d.c.)				El Investigador fija sus valores	Variable de Respuesta	
Escenario N° 01	01.jun.2015	15.jun.2015	Paralización N°01	04.jun.2015	Partida A	X	Y
Escenario N° 02	16.jun.2015	20.jun.2015	Paralización N°02	16.jun.2015	Partida A, Partida A	20	20
Escenario N° 03	21.jun.2015	30.jun.2015	Paralización N°03	23.jun.2015	Partida B	20	20
Escenario N° 04	01.jul.2015	05.jul.2015	Paralización N°04	04.jun.2015	Partida B,Partida C	20	20
Escenario N° 05	06.jul.2015	20.jul.2015	Paralización N°05	07.jul.2015	Partida C	20	20

Tabla N° 27 Paralización en Partidas Críticas.
 (Fuente: Elaboración Propia)

Variables X e Y, Según Atrasos en Partidas Críticas de una red PDM de Tres Partidas							
Escenarios Singulares	Rango de ocurrencia de la Demora		Tipo de demora	Fecha de inicio de la Demora	Partida(s) Directamente Afectada(s)	Dias de demora (d.c.)	
						Dias de Ampliacion de Plazo (d.c.)	
	Datos obtenidos del estudio en el modelo de la red PDM						
	Variable X: No Aleatorio	Variable Y: Aleatorio					
desde(d.c.)	hasta(d.c.)				El investigador fija sus valores	Variable de Respuesta	
					X	y	
Escenario N° 01	01.jun.2015	15.jun.2015	Atraso N°01	03.jun.2015	Partida A	2	2
Escenario N° 02	16.jun.2015	20.jun.2015	Atraso N°02	16.jun.2015	Partida A	0.5	0.375
Escenario N° 02	16.jun.2015	20.jun.2015	Atraso N°02	16.jun.2015	Partida A	1	1
Escenario N° 03	16.jun.2015	30.jun.2015	Atraso N°03	17.jun.2015	Partida B	20	20
Escenario N° 04	01.jul.2015	05.jul.2015	Atraso N°04	03.jun.2015	Partida B	20	15
Escenario N° 05	01.jul.2015	05.jul.2015	Atraso N°05	03.jul.2015	Partida C	5	5

Tabla N° 28 Atraso en Partidas Críticas.
 (Fuente: Elaboración Propia)

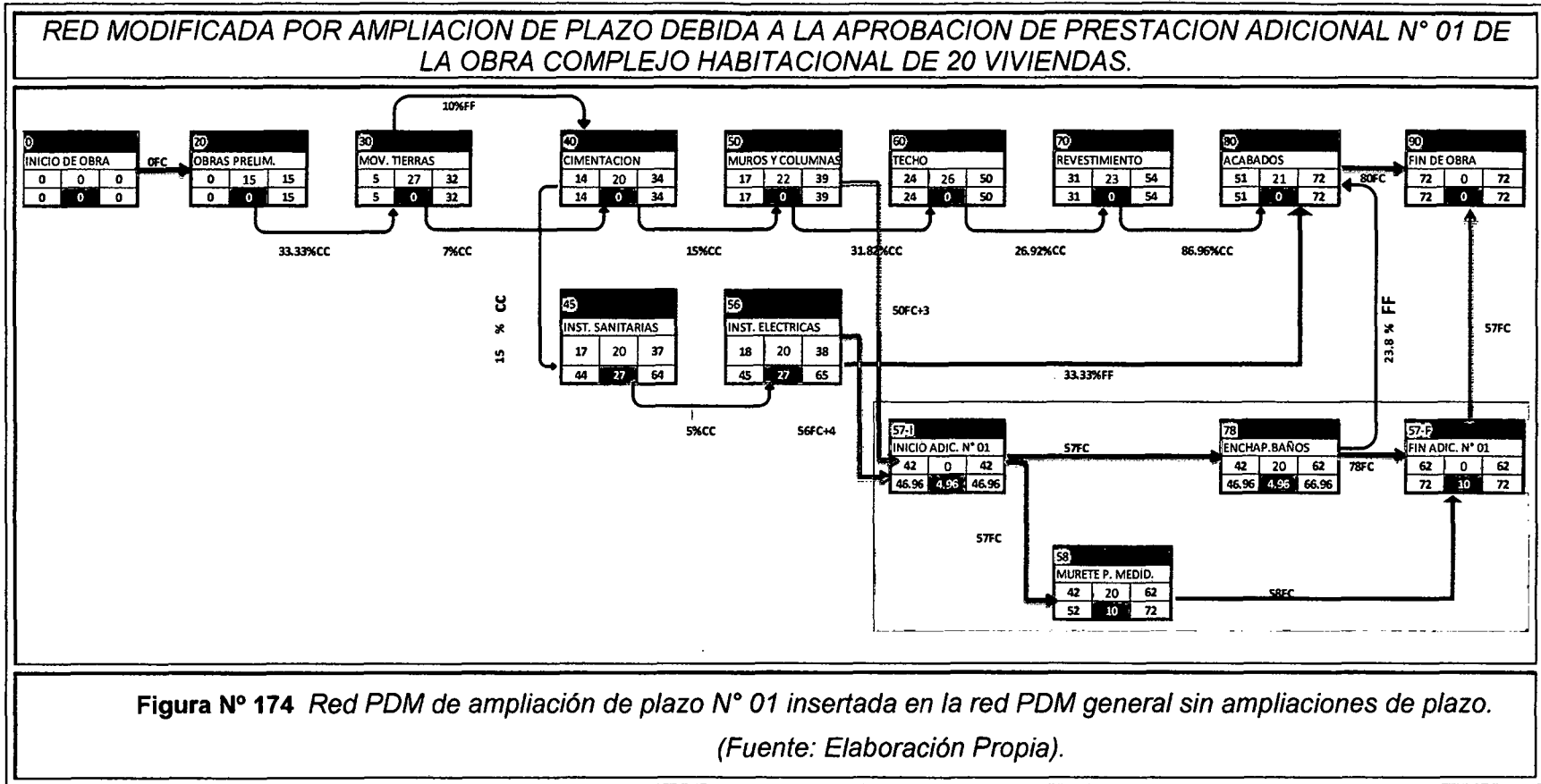


Figura N° 174 Red PDM de ampliación de plazo N° 01 insertada en la red PDM general sin ampliaciones de plazo.
 (Fuente: Elaboración Propia).

Variables X e Y, Según Demoras en Partidas no Críticas de una Red PDM									
Escenarios Singulares	Partida(s) Directamente Afectada(s)	Holgura Disponible	Posición de las barras interrelacionadas respecto al día de inicio del atraso			Dias de Atraso (d.c.)		Dias de Ampliación de Plazo (d.c.)	
						Variable X: No Aleatorio		Variable Y: Aleatorio	
			Inst. Sanitarias	Inst. Electricas	Acabados	El investigador fija sus valores		Variable de Respuesta	
						X	Y		
Escenario N° 01	Inst. Sanitarias	27	Es interceptado	A la derecha	.....	16	0	
Escenario N° 02	Inst. Sanitarias	27	Es interceptado	A la derecha	.....	27	0	
Escenario N° 03	Inst. Sanitarias	27	Es interceptado	Es interceptado	.....	20	0	
Escenario N° 04	Inst. Sanitarias	27	Es interceptado	Es interceptado	.....	27	0	
Escenario N° 05	Inst. Eléctricas	27	.....	Es interceptado	A la derecha	27	0	
Escenario N° 06	Inst. Eléctricas	27	.....	Es interceptado	A la derecha	28	1	

Tabla N° 29 Atraso en Partidas No Críticas del CAO.
 (Fuente: Elaboración Propia)

5.2 ANALISIS DE REGRESION LINEAL.

De los datos ordenados en las Tablas N°: 27, 28 y 29, recorriendo simultáneamente las columnas X y Y de arriba abajo proporciona la siguiente información preliminar:

- ✓ En la Tabla N° 27 Paralización en Partidas Críticas, se aprecia que el conocimiento del valor de la demora no imputable al contratista permite el cálculo exacto de la otra, por lo que se dice que entre ellas hay una relación de dependencia determinística o funcional.

La ecuación que posibilita este cálculo determina el modelo que explica la relación entre ambas variables.

Nuestra ecuación sería: $y_i = x_i$, es decir, los días de ampliación de plazo sería igual días de demora y por lo tanto, al graficar nuestra recta de regresión ésta pasa por el origen formando respecto al eje de las abscisas, un ángulo de 45°.

Con este resultado, no podemos considerar que nuestro modelo de regresión sea confiable para predecir resultados debido a que no nos está mostrando una relación de significancia entre nuestros parámetros.

Para todos los fines prácticos se tiene una regresión a través del origen.

- ✓ En la Tabla N° 28 Atraso en Partidas Críticas, se aprecia una relación entre ambas variables que se expresa así:

Relación observada entre x y y:

Al aumentar x "aumenta" y

Debe precisarse, sin embargo, que a diferencia de x , el aumento de y no es estricto; en algunos casos, al pasar de una demora a otra, la ampliación de plazo correspondiente disminuye para después aumentar. La expresión al aumentar x "aumenta" y describe más bien un patrón de comportamiento global de las parejas en estudio. En este punto el diagrama de dispersión será un aliado fundamental del análisis, llamado scatter plot en la bibliografía estadística, especialmente en los manuales de software, consistente simplemente en graficar los valores de la variable explicativa (x) contra los de la variable de respuesta o dependiente (y).

El caso descrito anteriormente evidencia una dependencia estadística, en la que el conocimiento del valor de una variable permite, solo, el cálculo aproximado del valor de la otra. Por lo que corresponderá un análisis más profundo en lo sucesivo.

- ✓ En la Tabla N° 29 Atraso en Partidas No Críticas del CAO, se aprecia una Ecuación que toma la siguiente forma: $y_i = 0$, es decir, el resultado de la variable dependiente (Ampliación de plazo) toma el valor constante de cero y lo que nos queda no es una recta de regresión lineal, ya que como en el primer caso, no nos plantea una relación para poder predecir con cierta confianza valores para nuestra variable dependiente y .

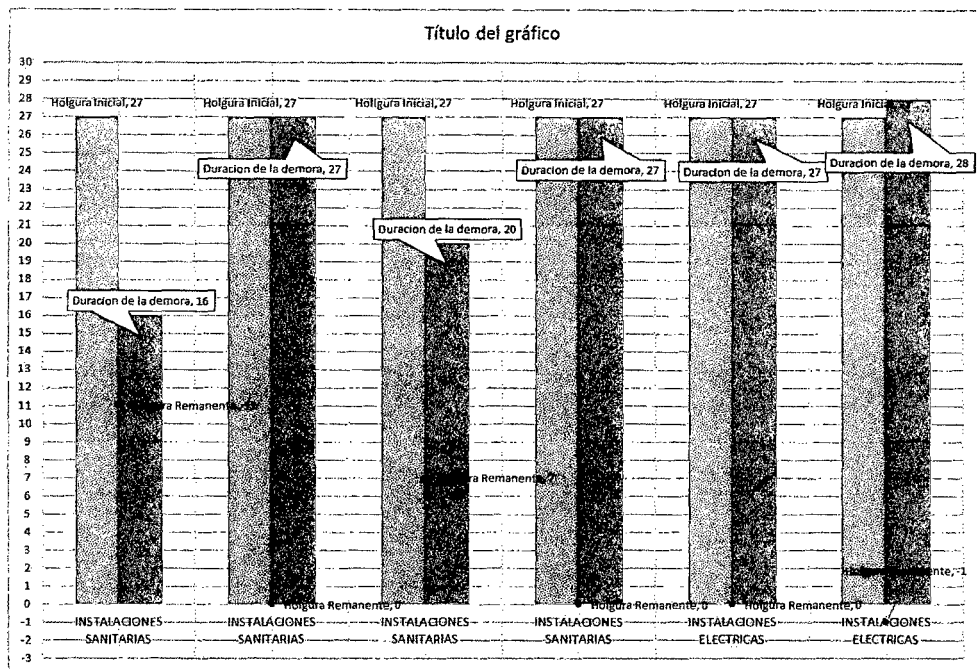


Figura N° 175 *Holguras sin ampliaciones de plazo.*
(Fuente: *Elaboración Propia.*)

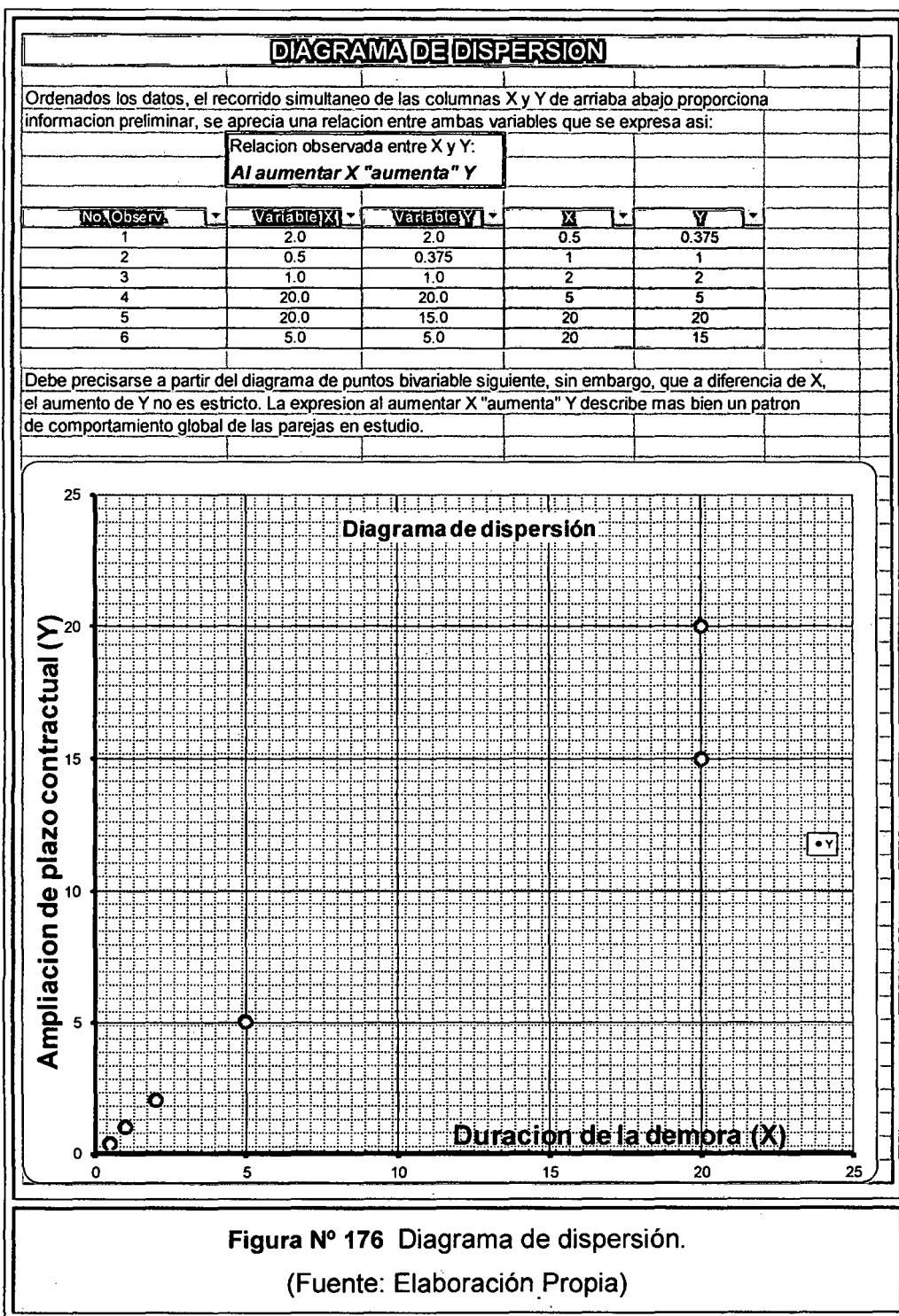
✓ En la Figura N° 174 red modificada por prestación adicional, Se puede apreciar que este adicional no genera ampliación de plazo. Las relaciones de precedencias con las actividades precedentes y sucesoras de la red general se han definido teniendo en cuenta la lógica constructiva.

El análisis exploratorio inicial de los datos permite identificar que los puntos obtenidos de las: Tabla N° 27 Paralización en Partidas Críticas, Tabla N° 29 Atraso en Partidas No Críticas del CAO y Figura N° 174 red modificada por prestación adicional, constituirían puntos anómalos sobre los puntos que se

muestran en la Tabla N° 28 Atraso en Partidas Críticas al graficarse todos ellos en un diagrama de dispersión.

Un punto anómalo o atípico, en regresión, es un punto muy separado del resto, es evidente que la inclusión de dichos puntos modificaría sustancialmente el gráfico de regresión.

Debido a que los valores atípicos no se generan a causa de un error, sino por el comportamiento de la red PDM ante tales eventos. El diagrama de dispersión será calculada sin considerar los puntos anómalos.



En la Figura N° 176 apreciamos una relación lineal positiva. Es decir, los puntos se alinean a lo largo de una imaginaria línea recta de pendiente positiva. Cuando los valores de x crecen, también lo hacen los de y .

Entonces podríamos decir que hemos encontrado un dispositivo (la recta) que nos permite vincular ambas variables, de manera que puedo calcular la media condicional de la variable de respuesta (la condición es un valor particular de la variable x). Es decir, si cuento con la información de dos variables, en este caso de la ampliación de plazo (y) correspondiente a la duración de la demora no imputable al contratista (x), puedo estimar una media condicional y lograr una mejora en la calidad de la respuesta de mi sistema de estimación. En términos técnicos diremos que contamos con las distribuciones marginales de la ampliación de plazo y de la duración de la demora no imputable al contratista, que combinados nos entregaran la distribución conjunta. Conceptualmente esta es la base del análisis de regresión.

La ecuación de regresión poblacional es una línea recta que describe la dependencia del valor promedio (media condicional) de una variable sobre la otra.

Plantaremos una relación poblacional (una recta cuyos parámetros desconocemos) que debe ser estimada a partir de los datos disponibles de una muestra (estimación muestral de los parámetros desconocidos de la recta de regresión poblacional).

Abajo, en la Figura N° 177, apreciamos el vínculo formal entre las variables a partir de los parámetros de la recta. También aquí los parámetros poblacionales se denotan con letras griegas mayúsculas. Como puede apreciarse a la ecuación de la recta se le ha agregado un término de error aleatorio, ε_i , que registra las diferencias que se producen entre los puntos graficados en el diagrama y la recta que hipotéticamente los vincula. Esas diferencias se atribuyen a la influencia de otras variables vinculadas a la variable de respuesta y que no fueron incluidas en la recta por solo haber lugar para una: la más importante (a nadie se le ocurre pensar que la única variable que determina la ampliación de plazo son los días de demora no imputable al contratista, pero estamos de acuerdo que pesa mucho en esa decisión). Estos conceptos se aprecian claramente en la Figura N° 178.

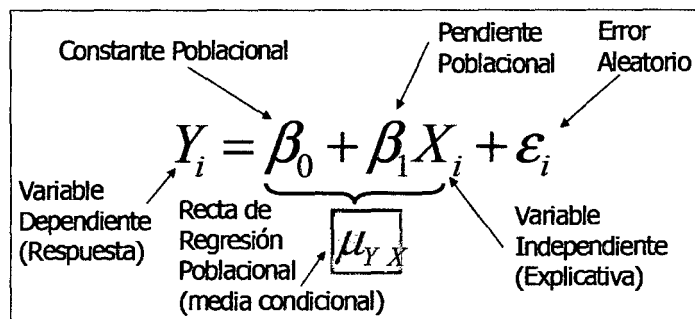


Figura N° 177 *Quién es quién en la ecuación de regresión poblacional.*
(Fuente: Elaboración Propia)

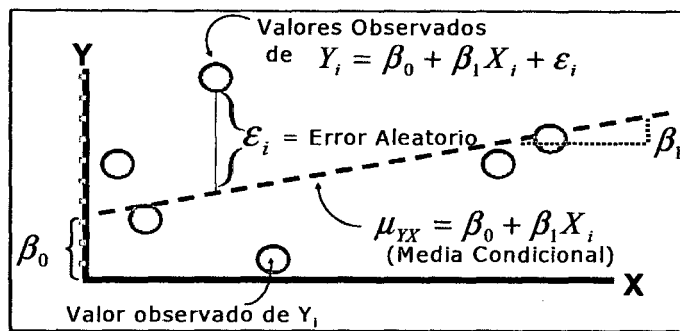


Figura N° 178 El quién es quién gráficamente.
(Fuente: Elaboración Propia)

Como dijimos, la estimación de estos parámetros poblacionales desconocidos se hará en base a los pares de datos (x, y) que se obtuvieron en la muestra y será la base para elaborar pronósticos y tomar decisiones.

La recta de regresión muestral provee una estimación de la recta poblacional y pronósticos del valor de Y . Cuantifica la relación entre las variables.

En la Figura N° 179, se aprecia que si bien la relación planteada entre variables es también una recta, ahora no son parámetros los que figuran vinculando a las variables, sino sus estimadores, denotados con letras minúsculas. Incluso el término de error pasa a ser Estimado. Una vez que dispongamos de los valores estimados de los parámetros podremos combinarlos en la recta de regresión muestral (también conocida como recta ajustada) para calcular el valor predicho de la variable de respuesta para valores alternativos de x .

<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: left;"> <p>Estimación de la constante</p> </div> <div style="text-align: right;"> <p>Estimación de la pendiente</p> </div> </div> $Y_i = b_0 + b_1 X_i + e_i$ <div style="text-align: right; margin-right: 20px;"> <p>Residuo</p> </div>
$\hat{Y} = b_0 + b_1 X =$ <p style="text-align: right; margin-right: 20px;">Recta de regresión muestral (Recta ajustada, Valor predicho)</p>

Figura N° 179 Quien es quien en la ecuación de regresión muestral.
 (Fuente: Elaboración Propia)

En la Figura N° 180, claramente se aprecia que no necesariamente la estimación coincidirá exactamente con la relación teórica poblacional (desconocida). Por eso precisamente es una estimación.

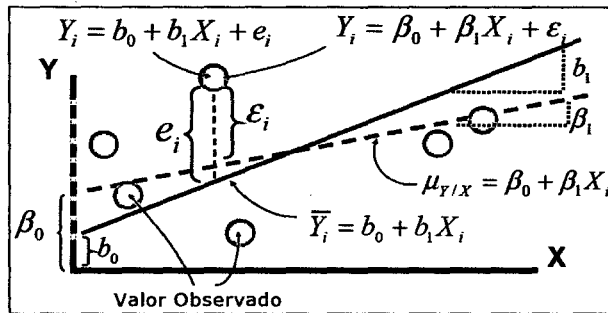


Figura N° 180 Los conceptos poblacionales y muestrales juntos.
 (Fuente: Elaboración Propia)

Supuestos del modelo de regresión lineal

Recordemos que tenemos un término de error aleatorio, e_i , que por ser el que recoge el efecto aleatorio de las variables no incluidas en el modelo

supondremos tiene distribución normal (esto es consecuencia del Teorema Central de Limite), con media cero y varianza constante (homocedasticidad). Como la variable Y es una combinación lineal de la variable X y el término de error, también tiene distribución normal para cada X.

Finalmente exigiremos que los errores sean independientes entre sí. Es decir, que el error en una observación no tenga nada que ver con los de otra observación. En este sentido los errores son al azar, no tienen ninguna componente sistemática que los explique, de lo contrario habría que agregarla al modelo.

En síntesis los supuestos del modelo de regresión lineal son:

- ❖ Normalidad
- ❖ Los valores de Y se distribuyen normalmente para cada X
- ❖ La distribución del termino de error es normal
- ❖ Homocedasticidad (Varianza Constante)
- ❖ Independencia de los Errores

Podemos apreciar las consecuencias graficas de estos supuestos en la Figura N° 181.

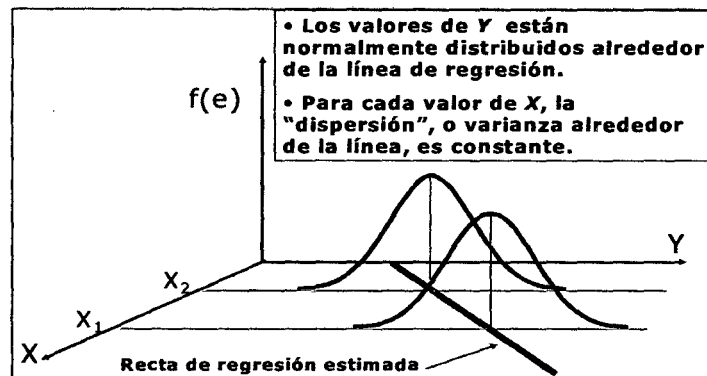


Figura N° 181 Variación de los errores alrededor de la recta de regresión.
(Fuente: Elaboración Propia)

La conjetura de la conveniencia de un modelo de regresión, para explicar la relación de dependencia entre variables, se realizó, en primer lugar, a través del análisis gráfico de la información disponible.

Para la red de precedencia, la recta describe, de forma aproximada, y según la información disponible, la relación entre los días de ampliación de plazo y la duración de la demora.

Parece razonable, en estos casos, conjeturar una recta como el modelo adecuado, que explica esta relación de dependencia entre duración de una demora no imputable al contratista y los días de ampliación de plazo respectiva. Además existen dos coeficientes que complementan la información gráfica:

- a) Covarianza.
- b) Coeficiente de correlación lineal.

Coefficiente de Covarianza.

Se construye a partir de una muestra de datos pareados para medir la intensidad de la dependencia lineal entre las dos variables: duración de una demora no imputable al contratista(X) y los días de ampliación de plazo respectiva (Y).

Se define el coeficiente de covarianza entre X e Y como:

$$COV(X, Y) = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n}$$

Donde \bar{x} e \bar{y} representan las medias muestrales de X e Y, respectivamente.

- ❖ La covarianza tiene unidades, las de la variable X multiplicadas por las de la variable Y.
- ❖ La covarianza no tiene escala y se puede hacer, en valor absoluto, arbitrariamente grande o pequeña con el mismo conjunto de datos.

Coefficiente de Correlación Lineal.

Para corregir los inconvenientes de la covarianza se define el coeficiente de correlación, que también mide la intensidad de la dependencia lineal entre dos variables.

El coeficiente de correlación entre dos variables es:

$$\rho = \frac{COV(X, Y)}{S_X S_Y}$$

Donde S_X y S_Y representan las desviaciones típicas de X e Y, respectivamente.

Propiedades del coeficiente de correlación muestral:

- ❖ El valor de ρ es independiente de las unidades en que se midan X y Y.
- ❖ $\rho=1$ si y solo si todos los pares de puntos de la muestra están en una recta con pendiente positiva y $\rho=-1$ si y solo si todos los pares de puntos de la muestra están en una recta con pendiente negativa.
- ❖ El rango de valores de ρ está dado por el intervalo $-1 \leq \rho \leq 1$.
- ❖ Simetría: El valor de ρ no depende de cuál de las dos variables bajo estudio se designe como X y cual como Y.
- ❖ ρ mide la fuerza de una relación lineal. No está diseñado para medir la fuerza de una relación que no sea lineal.

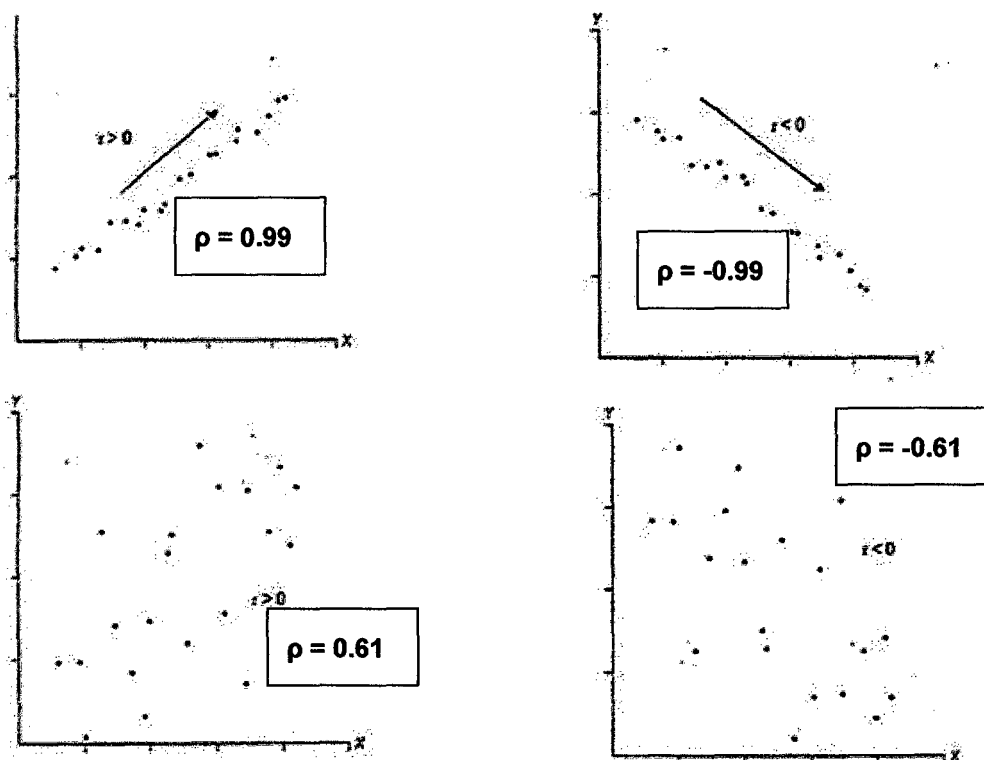


Figura N° 182 Coeficiente de correlación entre dos variables.
(Fuente: Elaboración Propia)

Considérese una traslación de los ejes al punto \bar{x} e \bar{y} :

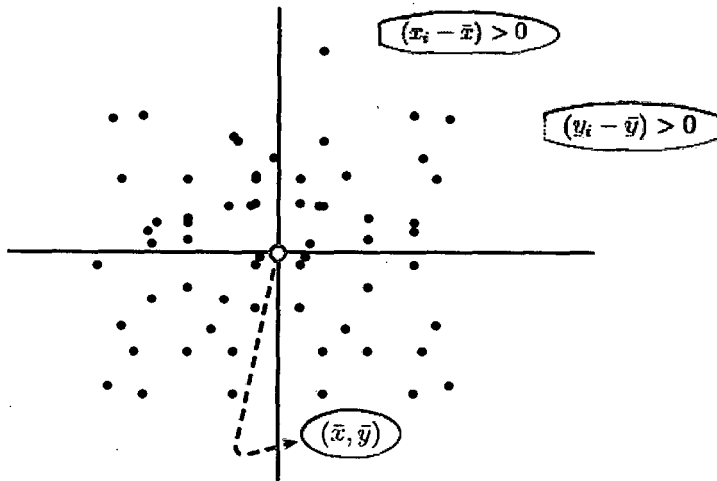


Figura N° 183 Coeficiente de correlación entre dos variables.
(Fuente: Elaboración Propia)

En situaciones como las que muestran los siguientes gráficos, cabe esperar un coeficiente de correlación próximo a cero.

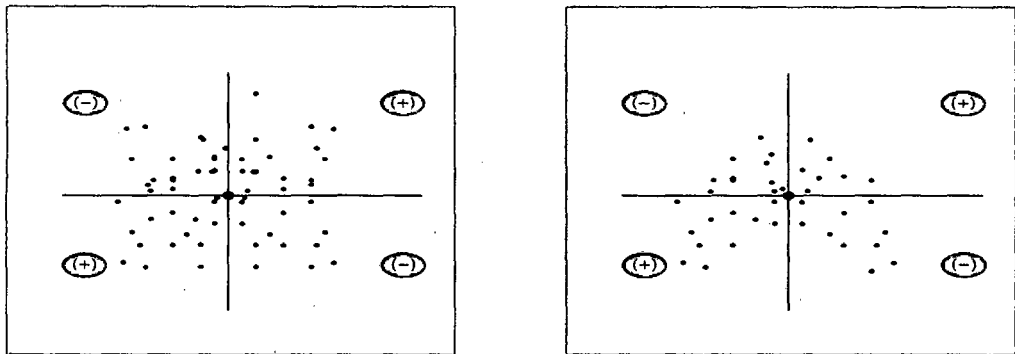


Figura N° 184 Coeficiente de correlación próximo a cero.
(Fuente: Elaboración Propia)

Sin embargo, en los casos que resumen los siguientes gráficos cabe esperar un coeficiente de correlación próximo a uno en valor absoluto.

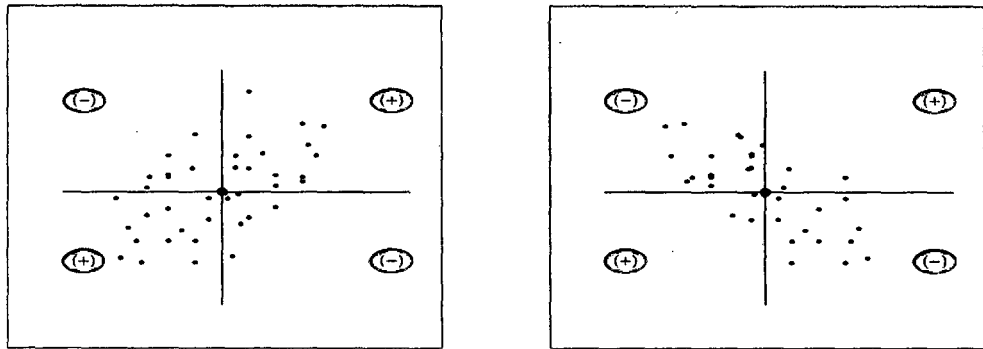


Figura N° 185 Coeficiente de correlación próximo a uno en valor absoluto.
(Fuente: Elaboración Propia)

Como el modelo lineal es una descripción adecuada de la verdadera relación entre las dos variables, entonces los valores obtenidos en el análisis de regresión son estimaciones de los valores poblacionales del correspondiente modelo lineal:

b_0 es una estimación del parámetro β_0

b_1 es una estimación del parámetro β_1

$s_{Y|X}$ es una estimación del parámetro $\sigma_{Y|X}$

Entonces el modelo formulado para analizar el factor determinante de los días de ampliación de plazo contractual sería:

$$\text{Días de ampliación de plazo} = \beta_0 + \beta_1 * (\text{días de demora en la(s) partida(s) de la red PDM})$$

DIAGRAMA DE DISPERSION JUNTO CON LA RECTA AJUSTADA

El problema consiste en ajustar una recta que representa al conjunto de datos de la mejor manera, para obtener la predicción de Y para cualquier valor de X. El enfoque tradicional consiste en hallar la recta que en promedio tenga la menor distancia vertical, residuo, al cuadrado a cada uno de los puntos. Este procedimiento se llama método de cuadrados mínimos.

Procedimiento para realizar los calculos para la regresion simple.

No. Observ.	X	Y	X ²	Y ²	XY
1	0.5	0.375	0.25	0.140625	0.1875
2	1	1	1	1	1
3	2	2	4	4	4
4	5	5	25	25	25
5	20	20	400	400	400
6	20	15	400	225	300
SUMAS TOTALES	48.5	43.375	830.25	655.14063	730.1875

Promedio

Desv.Est. inesejada

Varianza inesejada

n =

Sumas de cuadrados

Sxx

Syy

Suma(Y²)

Suma(X²)

Sxy

438.21

341.58

830.25

655.14063

379.57292

Coef. de correlación, r=

0.9811

Coef. de determinación, R²=

0.9625

<- 96.25% de la variación de Y está explicada por el modelo de regresión

Bo=Y-B1*X

0.2274

<- Ordenada al origen

B1=Sxy/Sxx

0.8662

<- Pendiente

Podemos pensar al método de cuadrados mínimos como fijando un punto, dado por el promedio de los valores de la variable explicativa(X) y el promedio de los valores de la variable respuesta (y) y luego girando la recta que pasa por ese punto elegimos la que deja en promedio, observados en forma pareja, tantos valores observados por arriba como por debajo.

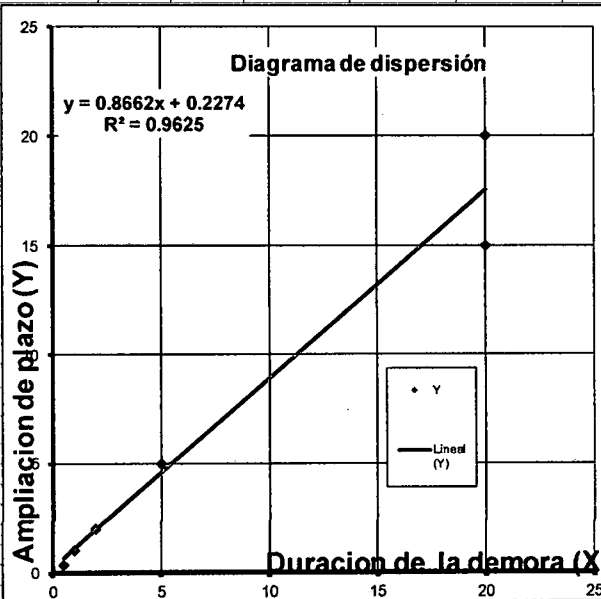
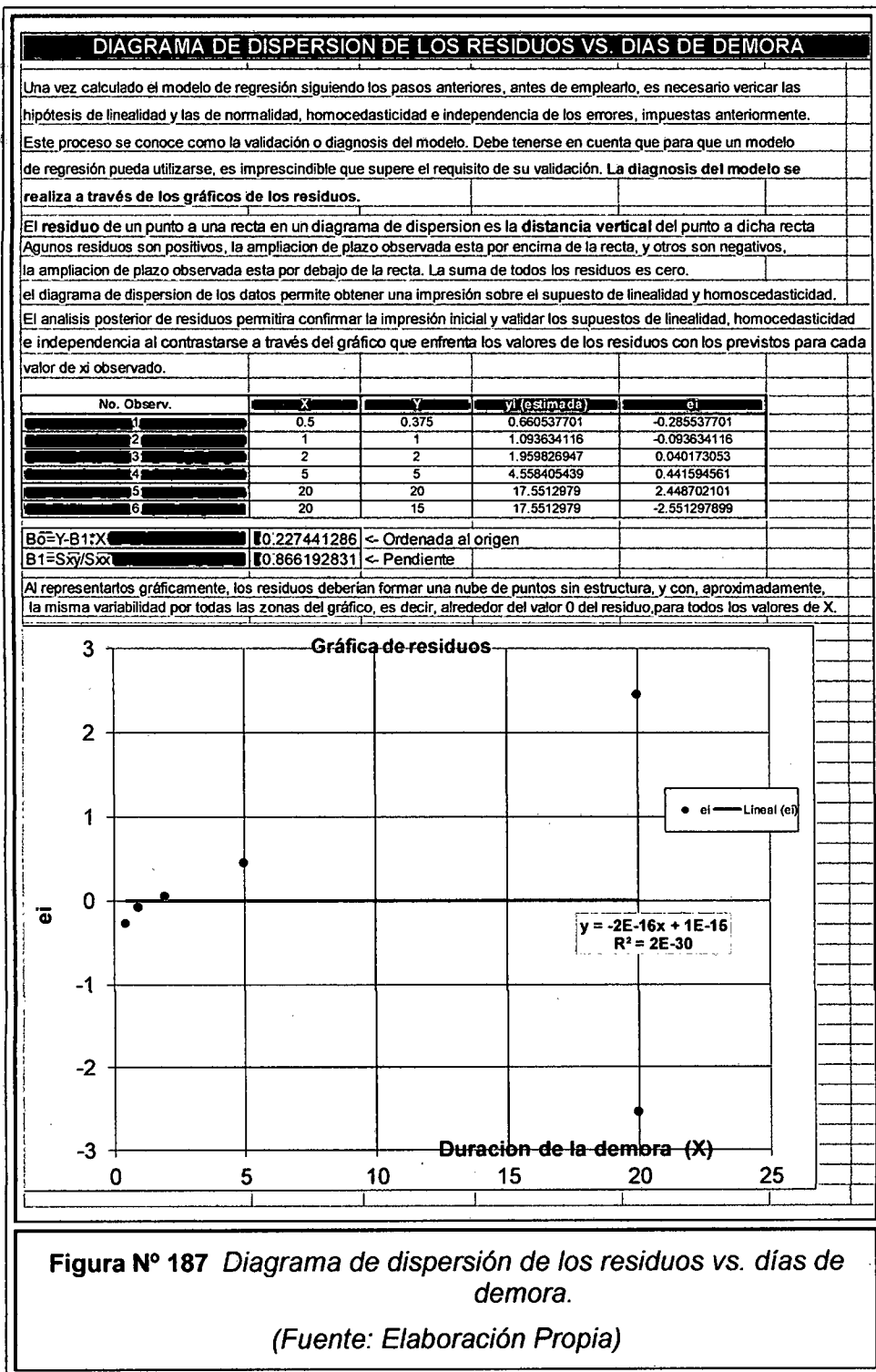
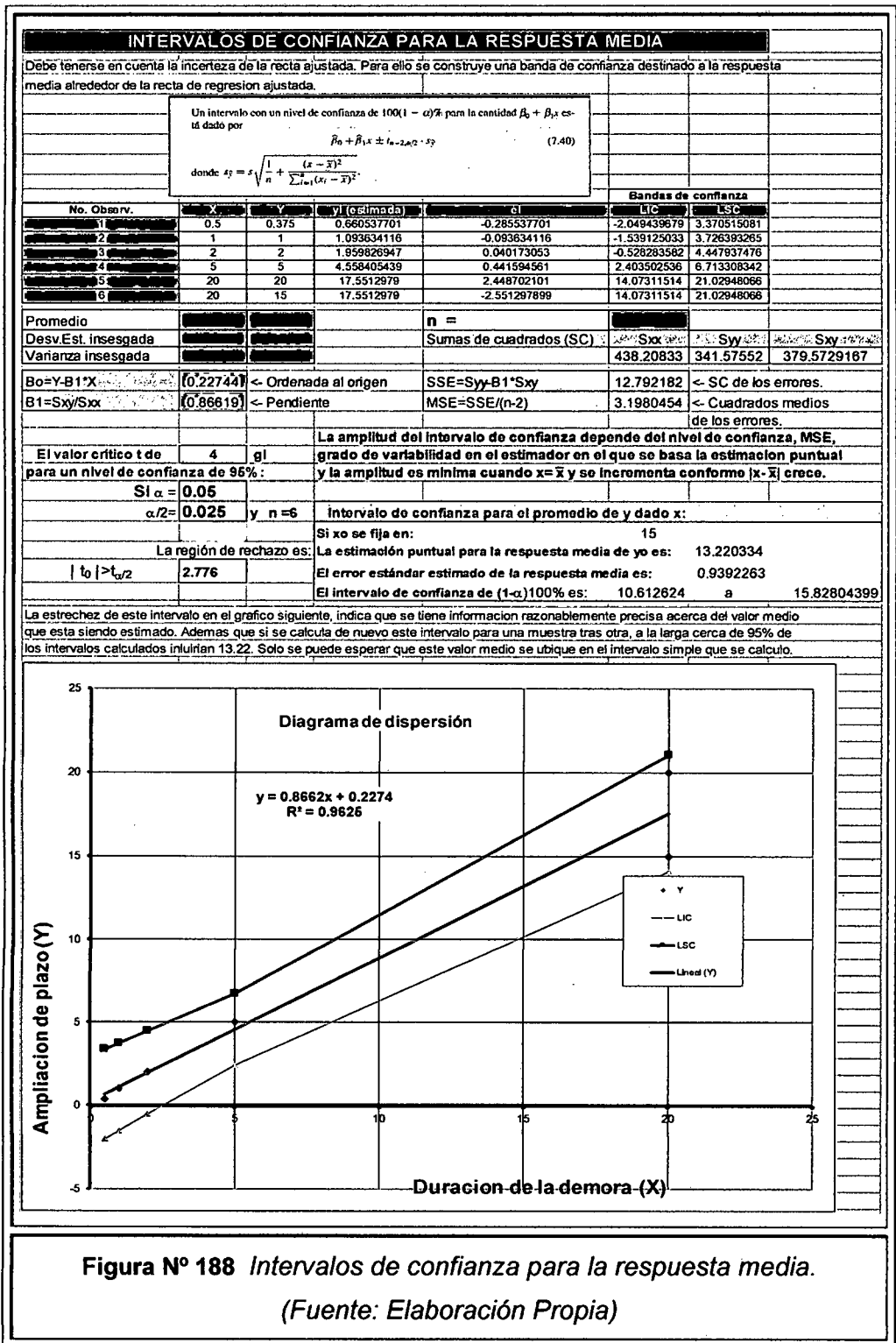
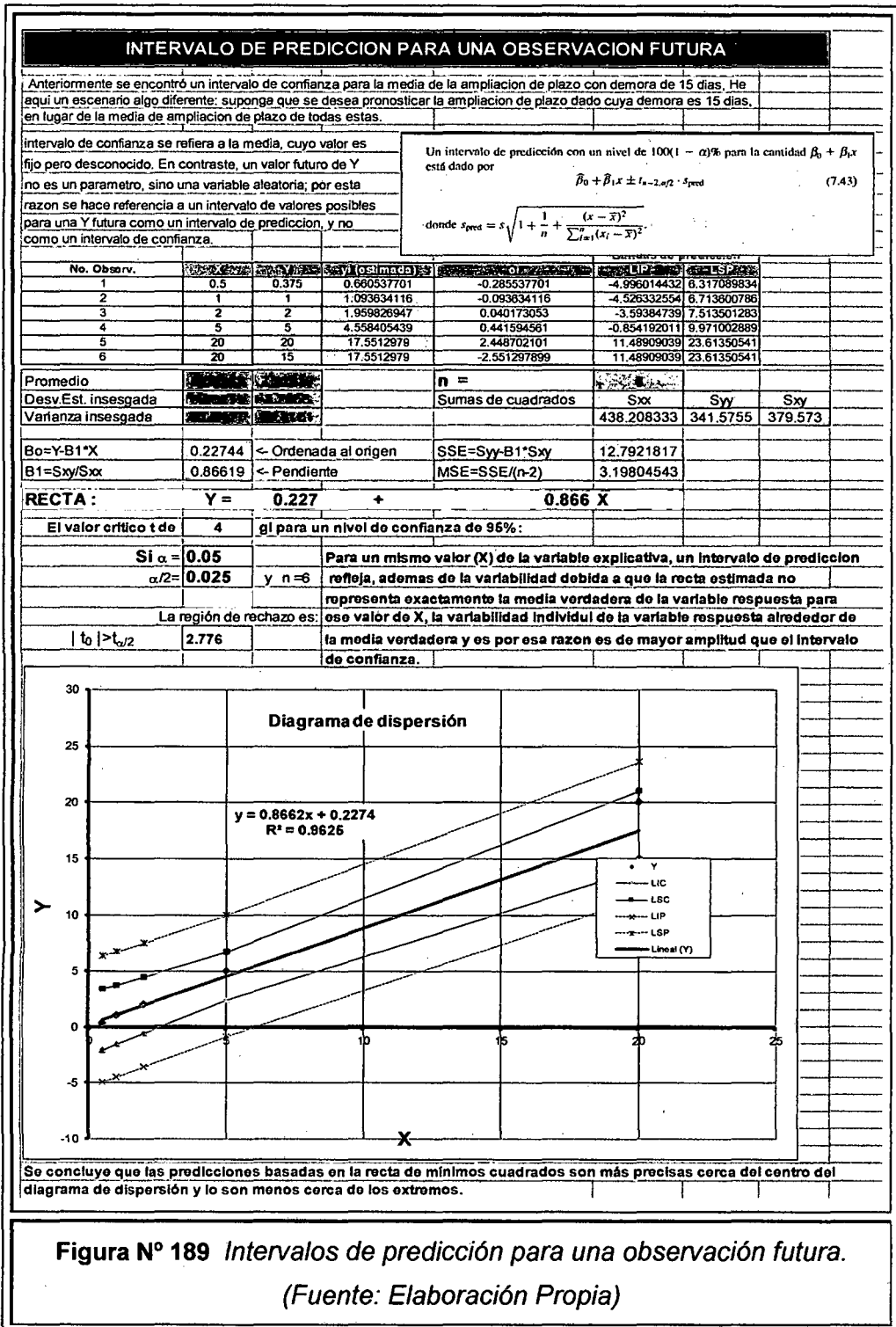


Figura N° 186 Diagrama de dispersión junto con la recta ajustada.

(Fuente: Elaboración Propia)







5.3 PROCEDIMIENTO DE PRUEBA DE HIPOTESIS

La investigación cuantitativa es deductiva, porque probamos hipótesis, al probar nuestra hipótesis aportaremos validez para la teoría de la cual se deriva esta hipótesis.

5.3.1 IDENTIFICAR LOS PARÁMETROS DE INTERÉS Y DESCRIBIRLO EN EL CONTEXTO DE LA SITUACIÓN DEL PROBLEMA.

La hipótesis planteada es:

La modelación de los días de demora en la(s) partida(s) de la red de precedencia de obra origina una ampliación de plazo, tanto como la demora de la partida misma.

Test para la hipótesis planteada:

Dado que el dispositivo que nos permite vincular ambas variables es la recta de regresión muestral, luego para cada par (x, y) observado, vamos a definir el valor ajustado con la recta de regresión:

Días de ampliación de plazo = $\beta_0 + \beta_1 * (\text{días de demora en la(s) partida(s) de la red PDM})$

Además este último provee una estimación de la recta poblacional y pronósticos del valor medio de los días de ampliación de plazo.

Luego las restricciones concordantes con la hipótesis planteadas en esta investigación son que el intercepto (β_0) sea igual a cero y la pendiente (β_1) igual a uno.

5.3.2 DETERMINAR EL VALOR NULO Y ESTABLECER LA HIPÓTESIS NULA.

Afirmación que inicialmente se supone cierta.

$$H_0 : \beta_0 = 0 \text{ y } \beta_1 = 1$$

Al aceptar la H_0 : $\beta_0 = 0$, $\beta_1 = 1$; nos indica que nuestra ecuación nos quedaría de la siguiente manera: $y_i = x_i$, es decir, los días de ampliación de plazo sería igual días de demora y por lo tanto, al graficar nuestra recta de regresión ésta pasa por el origen formando respecto al eje de las abscisas, un ángulo de 45° .

Con este resultado, no podemos considerar que nuestro modelo de regresión sea confiable para predecir resultados debido a que no nos está mostrando una relación de significancia entre nuestros parámetros.

5.3.3 ESTABLECER LA HIPÓTESIS ALTERNATIVA ADECUADA.

Afirmación contradictoria a la hipótesis nula, y donde cae el peso de la prueba, en función de la muestra que se ha realizado.

$$H_1 : \beta_0 \neq 0 \text{ y } \beta_1 \neq 1$$

Nota: por definición la hipótesis nula se acepta como cierta a no ser que la evidencia muestral apoye fuertemente a la hipótesis alternativa, por lo tanto la muestra debe ser muy concluyente a favor de la hipótesis alternativa, para

nosotros dejar de aceptar la hipótesis nula como cierta y decir la hipótesis alternativa es la correcta.

No sería aconsejable contradecir lo que hasta hoy se maneja sin contar con fuerte evidencia en contra de lo que se afirma.

5.3.4 DAR LA FÓRMULA PARA EL VALOR CALCULADO DEL ESTADÍSTICO DE PRUEBA.

La única manera de testear este modelo correctamente es haciendo un test de hipótesis conjunta, como el test F.

La expresión matricial para el estadístico, estadígrafo, o la ratio de prueba experimental F, está definido por:

$$[(R\hat{\beta} - r)'[R\widehat{Var}(\hat{\beta})R']^{-1}(R\hat{\beta} - r)]/q \sim F_{(q, n-k)}$$

Donde $R\hat{\beta}$, recoge combinaciones lineales de los parámetros β_j , que conforma el vector β , siendo R la matriz de coeficientes reales de dichas combinaciones; por su parte, r es una matriz-columna de números reales.

Podemos utilizar, para testear hipótesis, el test F siempre que se cumpla que el error este normalmente distribuido. Esto es porque cualquier función lineal de variables normalmente distribuidas estará también normalmente distribuida, lo que es equivalente a decir que si el error o residuo esta normalmente distribuido, los b_i también lo estarán.

El test F de la significancia conjunta de los parámetros es una función de la matriz de varianza y covarianza de todos los parámetros estimados:

En este caso $\hat{\beta}$ y $\text{Var}(\hat{\beta}_i)$ es el vector de parámetros y la matriz de varianzas y covarianzas de dichos parámetros estimados. Por lo tanto, el test F toma en cuenta las covarianzas entre los parámetros.

La demostración sobre el estadístico de prueba experimental F, utilizado para contrastar las restricciones lineales exactas de igualdad sobre los parámetros se puede encontrar, en la obra siguiente:

J. Johnston (1987). Métodos de econometría (trad. J. Sánchez Fernández).
Barcelona: Vicens-Vives.

5.3.5 ESTABLECER LA REGIÓN DE RECHAZO PARA EL NIVEL DE SIGNIFICANCIA ESPECIFICADO.

A partir del valor numérico que tome el estadístico de prueba es posible determinar si $\beta_0 = 0$ y $\beta_1 = 1$ es estadísticamente significativa o no lo es. En este sentido, la regla de decisión es la siguiente:

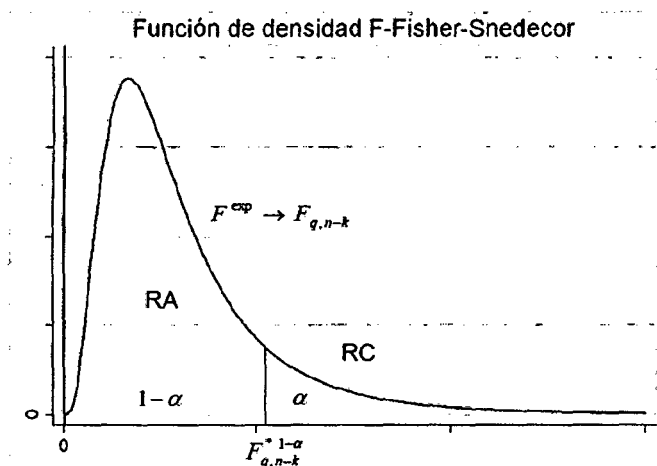


Figura Nº 190 Región de rechazo y región de no rechazo utilizando la distribución F.

(Fuente: Elaboración Propia)

- Si el valor del estadístico de prueba experimental $F(q, n-k)$ es mayor que el valor crítico de la F de Snedecor con q y $n-k$ grados de libertad para un nivel de significación, α , prefijado, se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto, las restricciones lineales no son ciertas en el ámbito de la población, o, más breve, significativos conjuntamente, para el nivel de significancia seleccionado.
- Por el contrario, si $F(q, n-k)$ es inferior al valor crítico de tablas, no se puede rechazar la hipótesis nula, lo cual significa que las restricciones lineales son ciertas en el ámbito de la población o decimos que no son estadísticamente significativas conjuntamente, o simplemente que no son significativas conjuntamente, lo que a menudo justifica su eliminación del modelo. El estadístico F es a menudo útil para contrastar la exclusión de un grupo de variables cuando las variables del grupo están altamente correlacionadas entre sí. Por ejemplo en una regresión múltiple, el investigador podría excluir la variable independiente años trabajando con la empresa actual del modelo, ya que en muchos casos es igual a la experiencia, y también la edad, ya que está altamente correlacionada con la experiencia, la exclusión de ambas variables debe ser resultado de un contraste de hipótesis al no ser conjuntamente significativos.

En el proceso de contratación, la parte más subjetiva es la determinación a priori del nivel de significación. ¿Qué criterios se pueden utilizar para determinar α ? En general, se trata de una decisión arbitraria, aunque los

niveles de 1%, 5% y 10% para α son los más utilizados en la práctica. A veces se efectúa el contraste condicionado a distintos niveles de significación.

El estadístico expuesto sirve para contrastar cualquier hipótesis lineal que podamos plantearnos, incluidos los contrastes de significancia individual de los coeficientes de regresión y el de significancia global del modelo que puede verse como casos particulares del caso general.

Una manera de testear esas hipótesis separadamente es mediante el test-t. Para poder utilizar este test es necesario que el error este distribuido en forma normal. Si esto no sucede, no podríamos conocer la distribución de estos estadísticos.

El test t asociado a la significancia de un parámetro está en función de la varianza de cada parámetro.

$$t_{\text{calculado}} = \frac{\hat{\beta}_i}{\sqrt{\text{Var}(\hat{\beta}_i)}}$$

En general rechazamos la hipótesis nula de no significancia ($H_0: \beta_i = 0$), si $\text{Var}(\hat{\beta}_i)$ es muy alta. Esto hace que el test t calculado sea bajo y por lo tanto caigamos en la zona de no rechazo.

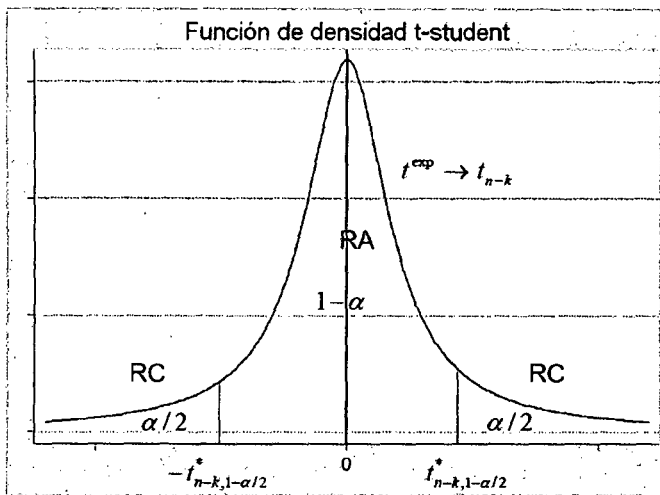


Figura N° 191 Región de rechazo y región de no rechazo utilizando la distribución T.

(Fuente: Elaboración Propia)

Por lo tanto el test F permite testear al mismo tiempo un conjunto de hipótesis. Al testear la significancia de un parámetro, estamos realizando un test individual para cada uno de los parámetros, lo que sería distinto al testear que todos no son estadísticamente significativos al mismo tiempo (conjuntos distintos).

Se ha experimentado y validado el algoritmo propuesto para la modelación de las demoras no imputables al contratista, el contraste de hipótesis se muestra a continuación:

1. Test Conjunto F: Con restricciones; intercepto igual a cero y pendiente igual a uno.

La hipótesis a contrastar sera:

$H_0: \beta_0 = 0$ y $\beta_1 = 1$

$H_1: \beta_0 \neq 0$ y $\beta_1 \neq 1$

$\begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \end{bmatrix}$

$\begin{bmatrix} 0.0 \\ 1.0 \end{bmatrix}$

El Peso de la prueba cae sobre la hipótesis alternativa.

Utilizando el siguiente estadístico F

$[(R\hat{\beta} - r)'[R\widehat{Var}(\hat{\beta})R']^{-1}(R\hat{\beta} - r)]/q \sim F_{(q,n-k)}$

1.1. Cálculo de Betas(Matricial)

El álgebra lineal indica que para estimación los coeficientes de la recta hay que solucionar el siguiente sistema:

Estimación:

$\hat{\beta} = (X'X)^{-1} X'Y$ estima β

No. Observ.	X	Y
1	1	2
2	1	0.375
3	1	1
4	1	20
5	1	15
6	1	5
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		

Figura N° 192 *Calculo de betas.*
 (Fuente: *Elaboración Propia*)

$X'X =$	$\begin{pmatrix} 6 & 48.5 \\ 48.5 & 830.25 \end{pmatrix}$		Selecciono área de salida escribo sobre el área seleccionada +MMULT e indico las matrices a multiplicar Presiono CTRL-SHIFT-ENTER
$X'Y =$	$\begin{pmatrix} 43.375 \\ 730.1875 \end{pmatrix}$		Selecciono área de salida escribo sobre el área seleccionada +MMULT e indico las matrices a multiplicar Presiono CTRL-SHIFT-ENTER
$(X'X)^{-1} =$	$\begin{pmatrix} 0.3158 & -0.0184 \\ -0.0184 & 0.0023 \end{pmatrix}$		Selecciono área de salida escribo sobre el área seleccionada +MMULT e indico las matrices a multiplicar Presiono CTRL-SHIFT-ENTER
Como:	$\beta = (X'X)^{-1} X'Y$		
$b =$	$\begin{pmatrix} 0.2274 \\ 0.8662 \end{pmatrix}$	$b' = \begin{pmatrix} 0.2274 & 0.8662 \end{pmatrix}$	Seleccionar b y copiar Seleccionar pegado esp. Elegir valores y trasponer
1.2. Cálculo de la varianza residual			
$S_u^2 = \frac{2}{n-k} \frac{SCR}{n-k} = \frac{YY - b'XY}{n-k}$		$\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2$	
		SCT= SCE + SCR Suma de cuadrados total = Sum cuad. explicados + Sum cuad. Residuales	
		k : cantidad de parametros del modelo	
Suma Cuadrados Residuales = SCR=YY - b'XY			
(b'X'Y)			
1.95982695			Selecciono área de salida
0.6605377	Y'Y=	655.140625	ESCRIBO +MMULT e indico las matrices a multiplicar
1.09363412			Presiono CTRL-SHIFT-ENTER
17.5512979			
17.5512979			
4.55840544			
	b'X'Y=	642.3484	Selecciono área de salida
			Elijo MMULT e indico las matrices a multiplicar
			Presiono CTRL-SHIFT-ENTER
			n-k=4
			n=6 datos
			k=2 parámetros
	SCR=	12.7921817	
	$S_u^2 =$	(655.140625-642.3484)/4	3.198045426
	$S_u^2 =$	3.19804543	

Figura N° 193 *Calculo de la varianza residual.*
 (Fuente: Elaboración Propia)

16. Matriz R, R, R, r

La matriz R debera tener dos columnas (una por cada parametro) y dos filas (una por cada condicion)

$$R = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$R\hat{\beta} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0.2274 \\ 0.8662 \end{pmatrix}$$

$$R\hat{\beta} = \begin{pmatrix} 0.2274 \\ 0.8662 \end{pmatrix}$$

$$r = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.0 \\ 1.0 \end{pmatrix}$$

y en consecuencia:

$$[(R\hat{\beta} - r)] = \begin{pmatrix} 0.2274 & 0.0 \\ 0.8662 & -1.0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.2274 \\ -0.1338 \end{pmatrix}$$

$$[(R\hat{\beta} - r)'] = \begin{pmatrix} 0.22744129 & -0.133807169 \end{pmatrix}$$

17. VARIANZA $\hat{\beta}$ Y DETERMINACIÓN DEL ESTADÍGRAFO F.

Por otro lado calculamos. $Var(\hat{b}_j) \equiv S_{b_j}^2 = S_u^2 * \{(X'X)^{-1}\}_{jj}$

$$\widehat{Var}(\hat{\beta}) = Var(\hat{b}) = 3.19805 \begin{pmatrix} 0.3158 & -0.0184 \\ -0.0184 & 0.0023 \end{pmatrix}$$

$$\widehat{Var}(\hat{\beta}) = \begin{pmatrix} 1.0099 & -0.0590 \\ -0.0590 & 0.0073 \end{pmatrix}$$

$$[R\widehat{Var}(\hat{\beta})R'] = \begin{pmatrix} 1.0099 & -0.0590 \\ -0.0590 & 0.0073 \end{pmatrix}$$

A continuación calcularemos:

$$[R\widehat{Var}(\hat{\beta})R']^{-1} = \begin{pmatrix} 1.8761 & 15.1655 \\ 15.1655 & 259.6117 \end{pmatrix}$$

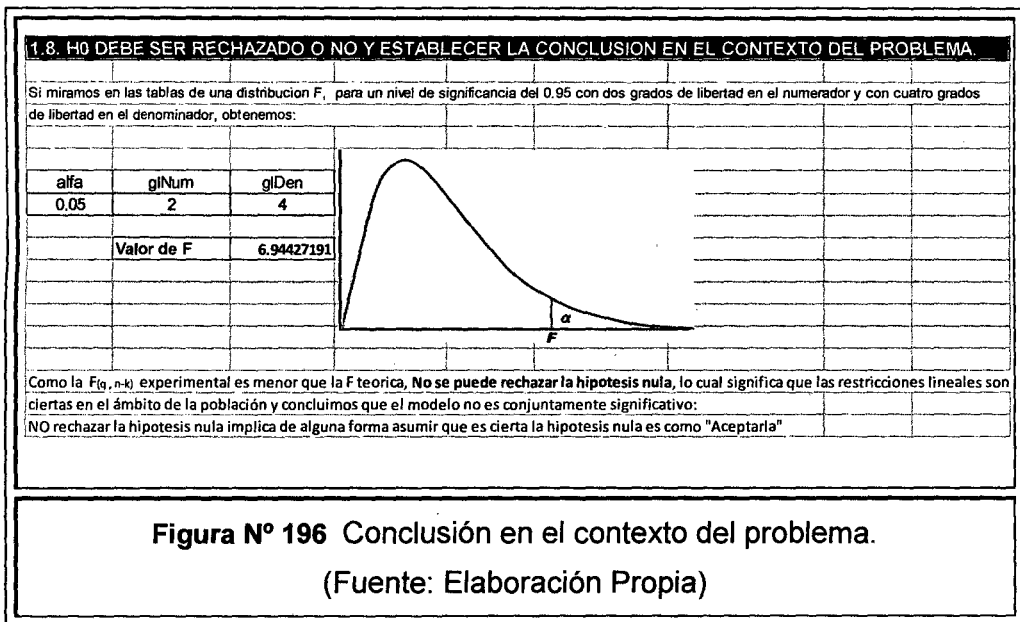
De esta forma reemplazando, el valor calculado del estadístico F es:

$$[(R\hat{\beta} - r)' [R\widehat{Var}(\hat{\beta})R']^{-1} (R\hat{\beta} - r)] / q \sim F_{(q, n-k)}$$

$$F^c = \frac{\begin{pmatrix} 0.227441286 & -0.133807169 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1.8761 & 15.1655 \\ 15.1655 & 259.6117 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0.2274 \\ -0.1338 \end{pmatrix}}{2}$$

$$F^c = 1.91$$

Figura N° 195 Calculo del Estadígrafo F.
 (Fuente: Elaboración Propia)



5.3.6 DETERMINAR SI H₀ DEBE SER RECHAZADO O NO Y ESTABLECER LA CONCLUSIÓN EN EL CONTEXTO DEL PROBLEMA.

Luego decimos que la hipótesis nula no se puede rechazar, con este diseño, en esta muestra, en este momento en el tiempo, en este lugar, con este planteamiento, en este contexto muy concreto aportando evidencia para la teoría de la cual se deriva esta hipótesis.

CONCLUSIONES

- Se logró elaborar una propuesta metodológica para la modelación dinámica de los efectos ocasionados por diferentes tipos de demoras en la red PDM de obra con fines de una gestión de ampliación de plazo contractual.
- El número de días correspondiente a la ampliación de plazo se obtiene de la diferencia de comparar los plazos de ejecución obtenidos; de la red de programación antes vigente con otra red de precedencia actualizada que el analista ha creado añadiendo el impacto del hecho generador de la demora no imputable al contratista para modelar tal escenario. Entendiéndose de esta manera que el acto o evento que origina una extensión de tiempo requerido para la terminación de una obra bajo contrato, debe reflejar en la red de programación como días adicionales de trabajo bien por el inicio o continuidad tardía de alguna partida o actividad de la red.
- Al aplicarse la propuesta metodológica para la modelación dinámica de los efectos ocasionados por diferentes tipos de demoras en partidas críticas de la red PDM debe precisarse, sin embargo, que a diferencia de los días de demora, el aumento de la ampliación de plazo correspondiente no es estricto para el caso de atraso; en algunos casos, al pasar de una demora a otra, la ampliación de plazo correspondiente disminuye para después aumentar. La expresión al

aumentar los días de demora “aumenta” los días de ampliación de plazo describe más bien un patrón de comportamiento global de las parejas estudiadas.

Por lo tanto si alguna partida de la ruta crítica se atrasa, entonces el proyecto se demorará no necesariamente tanto como la demora de la partida o actividad misma, esto dependerá del tipo de relaciones de producción de entrada y salida de la partida crítica, pese a que en esta secuencia no hay holguras posibles. Pero si la demora es una paralización el estiramiento de la red es estricto.

- Al aplicarse la propuesta metodológica para la modelación dinámica de los efectos ocasionados por diferentes tipos de demoras en partidas NO críticas de la red PDM, debe precisarse, Si una demora no imputable al contratista afecta una partida o actividad no crítica, el impacto de éste puede ser amortiguado por el tiempo de holgura que posee, pero si el retraso posee una duración mayor al tiempo de holgura, entonces esta actividad pasará a ser crítica.

Suele suceder que las partidas críticas pueden dejar de serlo (como se vio en el caso de estudio) y otras se incorporan a la ruta crítica. Entonces el nivel de prioridad cambia, y la atención a las partidas también debería cambiar, condición no contemplada actualmente en el análisis actual.

Luego podríamos decir que una red PDM es sensible cuando hay más de una ruta crítica o varias cercanas a críticas. Cuando la red es insensible quiere decir que hay menor riesgo que cambien la ruta crítica o que aparezcan nuevas rutas críticas con los cambios. De acuerdo a la sensibilidad de la red del proyecto se puede planear la supervisión de riesgos de demoras del proyecto.

- La holgura total de una partida puede ser usada por entidad contratante como una flexibilidad, y que no genera ampliación de plazo mientras el atraso ocurre exclusivamente en dicha partida, la que se mide por la cantidad de tiempo que una actividad del cronograma puede retrasarse o extenderse respecto de su fecha de inicio al no violar restricción alguna de la normatividad vigente.
- La determinación del impacto de las demoras y de sus causales es importante tanto para el dueño así como para el contratista debido a que brinda la justificación para una ampliación de plazo, cobro de mora por incumplimiento de contrato, o resolución del contrato. Adicionalmente, las demoras traen como consecuencia, además de una extensión de tiempo en el trabajo que puede o no afectar el plazo total del proyecto, un incremento en el costo del proyecto en el que incurren tanto el dueño del proyecto como el contratista.

RECOMENDACIONES

- El contratista ejecutor de obras debe tener mucho cuidado con la elaboración de la red PDM (mal llamado PERT-CPM) y el Calendario de Avance de Obra Valorizado porque de su estructura dependerá la procedencia de las ampliaciones de plazo. Estos documentos pasan a ser contractuales cuando se presentan a la firma del Contrato (artículo 184 del RLCE), además no pueden ser modificados si no actualizados por las ampliaciones de plazo debidamente solicitadas, aprobadas y en las partidas relacionadas a la causal. El contratista debe elaborar su programación de obra y sus calendarios con personal de experiencia y que haya visitado la zona de trabajo, antes de ser entregados a la firma del contrato.

- La programación no debe ser una campana perfecta, si no debe considerar que las obras al inicio tienen que buscar el equipo que trabajara en la obra, tiene que buscar personal y equipos de precisión, armar campamentos, etc. La programación debe ser orientada a que el máximo de valorización, se logre casi al final de la obra.

Esta forma de programación es beneficiosa para el contratista por cuanto no caerá en atraso injustificado con facilidad y es beneficio para la entidad por cuanto se limita la aprobación de ampliación de plazo.

- La mayoría de proyectos de construcción ejecutados por empresas contratistas de nuestro medio sufren de un control ineficiente de obra por la escasez de flujo e intercambio de información entre los participante, dando como resultado atrasos imputables al contratista.
- Los contratos de ejecución de obra dentro de sus cláusulas deberían indicar el método de análisis de demoras no imputables al contratista en la ejecución contractual de obras a utilizarse, por otro lado, cuando el contrato no menciona el método a utilizarse para solicitud de ampliaciones de plazo, el analista es libre de elegir el método a aplicar considerando ciertas cláusulas del contrato como por ejemplo **“siempre que la demora afecte la ruta crítica del programa de ejecución de obra vigente”**.
 - La persona encargada de realizar el análisis de retrasos que en el caso del contratista es el ingeniero a cargo de la gestión de control del proyecto se recomienda que sea capacitado en cuestiones legales de manera que le brinde mayor criterio para el análisis de demoras en la aplicación de cualquiera de sus métodos. De la misma manera, para el caso de la entidad contratante, éste debería incluir como requisito de elección para supervisor de obra que cuente con conocimientos legales y de algún método de análisis de demoras.

BIBLIOGRAFIA

- Francisco Javier Medina Ramón (2008), Valencia, Ph. D. Thesis: diseño óptimo de redes para la programación de obras De edificación, para una nivelación y distribución de Recursos personales constante.
- Ponz Tienda, J. L. (2010). Ph. D. Thesis: GRCPSP Robusto basado en Producción para proyectos de edificación y Construcción. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Javier Garabito López (2010). Tesis doctoral: La Restauración y Conservación del Patrimonio Monumental: Estudio Sistematizado de los Métodos de Programación en las Intervenciones de Restauración. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Econ. Hugo Ermel torres Granda (2010) magister tesis: Desarrollo de un modelo para la productividad y competitividad en la construcción de granjas porcinas en el ecuador.
- Arias, f. (2007). El proyecto de investigación (7° edición), caracas: Editorial Episteme.
- Balestrini, m. (2007). Como se elabora el proyecto de investigación (7° edición), caracas: consultores asociados OBL.
- Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P. (2007). Metodología de la investigación. México: McGraw Hill Interamericana.

- Jacqueline, H. (2006). El Proyecto de Investigación (4° edición), Bogotá: ediciones Quirón Sypal.
- Méndez, c. (2007). Metodología, diseño y desarrollo del proceso de investigación. Colombia: McGraw Hill Interamericana S.A.
- Sabino, C. (2007). El proceso de investigación. Caracas: editorial Panapo.
- Tamayo y Tamayo, M. (2007). El Proceso de Investigación Científica. México: Editorial Limusa.
- Palacios, L. E. (2005). Gerencia de Proyectos. Un enfoque Latino (3° edición), caracas: Impresos manipres.
- Ley de contrataciones del estado y su reglamento, Lima-Perú, abril 2009.
- Paolini Trujillo Gladys Josefina (2005), tesis para optar al título de Especialista en Gerencia de Proyectos: Aplicación del método del valor ganado para el mejoramiento del proceso de medición del rendimiento de los proyectos de una empresa consultora ambiental.
- Milagros Carmen Vilacha Chauca (2004), Caracas, tesis para optar al título de Especialista en Gerencia de Proyectos: Aplicación del método de valor ganado como una alternativa en el control de costos de un proyecto de construcción civil.

- Cáceres, K. (2005). Estimación de costos de proyectos de infraestructura municipal. Piura: UDEP.
- El Comercio. (2008, julio 3). Sector construcción representa más del 30% de casos de arbitraje del país. El Comercio.
- Navarro, E. (2001). Contratos de Obras y Negociación. In I. d. [ICG], Tecnología de la Construcción (pp. 1-6). Lima: ICG.
- Vega, G. (2003). Administración Contractual en obras de construcción. Piura: Universidad de Piura.
- Ríos Segura, Juan, Análisis de la Construcción en Cadena de Edificios de Carcasas de Concreto Armado Sismoresistentes en el Perú, Tesis de grado PhD. Instituto de Ingeniería de Kiev, Kiev-1975.
- Rodríguez Castillejo, Walter; Gerencia de Proyectos con MSPROJECT, Lima, Perú 2008.

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: "MODELACIÓN DE LAS DEMORAS EN LA RED PDM DE OBRA CON FINES DE UNA GESTIÓN DE AMPLIACIÓN DE PLAZO CONTRACTUAL"

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES - METODOLOGIA
<p>Problema general: ¿Cómo influirá la modelación de las demoras en la red de precedencias de obra en una gestión de ampliación de plazo contractual?</p> <p>Problemas específicos: 1) ¿La modelación de las demoras en la red de precedencias de obra me permitirá determinar el impacto de una demora en una partida crítica de esta? 2) ¿La modelación de las demoras en la red de precedencias de obra me permitirá determinar el impacto de una demora en una partida no crítica de esta?</p>	<p>Objetivo general: Desarrollar una modelación de las demoras en la red de precedencias de obra con fines de una gestión de ampliación de plazo contractual.</p> <p>Objetivos específicos: 1) Modelar dinámicamente el impacto de una demora en una partida crítica de la red de precedencias de obra. 2) Modelar dinámicamente el impacto de una demora en una partida No crítica de la red de precedencias de obra.</p>	<p>Hipótesis general: La modelación de los días de demora en una partida de la red de precedencia de obra origina una ampliación de plazo, tanto como la demora de la partida misma.</p> <p>Hipótesis específicos: 1) La modelación dinámica de las demoras en la red de precedencias de obra demuestra que si alguna partida de la ruta crítica se demora, entonces la ampliación de plazo será tanto como la demora de la partida misma. 2) La modelación dinámica de las demoras en la red de precedencias de obra demuestra que si la demora ocurre en una partida No crítica, esto no afectara la fecha de terminación de la obra mientras no se consume su holgura.</p>	<p>Variable Independiente (variable explicativa) X: Duración de la demora no imputable al contratista. Variable dependiente (variable de respuesta) Y: ampliación de plazo. Tipo de investigación: Tipo <u>aplicado</u>, ya que se centra en la verificación de las hipótesis establecidas anteriormente. Nivel de la investigación: La investigación estará a un <u>nivel correlacional</u> (causa - efecto) pues se busca medir el impacto de la demora no imputable al contratista (variable Independiente: X) sobre ampliación de plazo (variable dependiente: Y) en la red de precedencias de obra. Método de la investigación: Se utilizara el Método Experimental ya que la comprobación de nuestras hipótesis se logrará mediante la modelación de las demoras en la red PDM de cada obra. Diseño: El diseño que se utilizará es una investigación experimental, conforme a: G₁ O₁ X O₂ G₁: Muestra (partes de la red PDM) a las que se aplicará la modelación dinámica de los días de demora. O₁: Estado de la muestra (de la red PDM) antes de la modelación dinámica de los días de demora. O₂: Estado de la muestra (de la red PDM) después de la modelación dinámica de los días de demora. X: modelación dinámica de los días de demora en la red de precedencias de obra. Fórmula para el valor calculado del estadístico de prueba. Se buscara testear la hipótesis en forma matricial, a través de un test conjunto de hipótesis lineales y con el estadístico de prueba experimental $F_{(q, n-k)}$: $[(R\hat{\beta} - r)' [R\widehat{Var}(\hat{\beta})R']^{-1} (R\hat{\beta} - r)]/q \sim F_{(q, n-k)}$ Con q y n-k grados de libertad en el numerador y denominador, para un nivel de significación, α, prefijado. Donde q (número de restricciones), n: número de par de muestras, k: número de parámetros β_i.</p>