

“APLICACIÓN DE METODOLOGÍA DE
CADENA CRÍTICA EN LA PLANIFICACIÓN DEL
PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA
EDUCATIVA N° 81561 ANTONIO BUENO
LUCANO DE ZAPOTAL – CHEPEN 2022”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Johan Fernando Aroco Contreras

Cristhian Junior Vasquez Abanto

Asesor:

Mg. Ing. German Sagastegui Vásquez

<https://orcid.org/0000-0003-3182-3352>

Trujillo - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Rubio Herrera Sonia	42984416
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Leon Vasquez Denise	42139952
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Rivera Muñoz Melving	43124998
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

DEDICATORIA

Esta investigación está dedicada con mucho amor para mi familia, a mi padre,
madre y abuelos por darme siempre su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por darme la posibilidad de estudiar esta carrera maravillosa, docentes por guiarme en mi formación profesional, al Asesor por guiarnos y apoyarnos incondicionalmente en el proceso de realización de la Investigación y a la Universidad Privada del Norte por ser nuestro centro académico de formación.

Tabla de contenido

JURADO CALIFICADOR	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
TABLA DE CONTENIDO	5
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN	9
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	10
1.1. Realidad problemática	10
1.1.1. Metodología de la cadena crítica	12
1.1.2. Gestión de la planificación según guía PMBOK (6th edition)	14
1.1.3. Tren de actividades	16
1.2. Formulación del problema	17
1.3. Objetivos	18
1.4. Hipótesis	19
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	20
2.1. Tipo de investigación.	20
2.1.1. Según el propósito.	20
2.1.2. Según el diseño.	20
2.2. Población y muestra.	21
2.2.1. Población	21
2.2.2. Muestra	21
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.	22

2.4. Matriz de consistencia.	23
2.5. Procedimiento.	24
2.6. Aspectos éticos.	25
CAPÍTULO III: RESULTADOS	27
3.1. Diagnosticar la situación actual sobre los procesos de planificación.	27
3.2. Desarrollar un sistema de trabajo de planificación.	33
3.2.1. Planificar la gestión del cronograma.	34
3.2.2. Definición de las actividades.	36
3.2.3. Secuencia de actividades	37
3.2.4. Estimación de la duración de las actividades.	40
3.2.5. Estimación de los recursos de las actividades.	43
3.3. Aplicar el método de la cadena crítica.	46
3.3.1. Desarrollo de la planificación.	46
3.3.2. Controlar el cronograma	56
3.4. Propuestas de recomendaciones con el método de la cadena crítica en la gestión de la planificación.	56
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	60
4.1. Discusión	60
4.2. Limitaciones	61
4.3. Implicancias	62
4.4. Conclusiones	63
REFERENCIAS	65
ANEXOS	68
PANEL FOTOGRÁFICO	98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Matriz de consistencia.....	23
Tabla 2 Áreas del terreno del proyecto de infraestructura educativa.....	27
Tabla 3 Metas del proyecto de infraestructura educativa.....	27
Tabla 4 Presupuesto base del proyecto de infraestructura educativa.....	28
Tabla 5 Compatibilización guía PMBOK 6th edition y la metodología cadena crítica.....	28
Tabla 6 Definición de actividades, rendimientos e índice por los últimos planificadores...	33
Tabla 7 Secuencia de procedimiento constructivo por los últimos planificadores.....	35
Tabla 8 Resultados de la sectorización de los módulos 01, 02, 03, 04 y 05.....	40
Tabla 9 Resultados de la sectorización del módulo 01.....	40
Tabla 10 Resultados de la sectorización del módulo 02.....	40
Tabla 11 Resultados de la sectorización del módulo 03 y 05.....	38
Tabla 12 Resultados de la sectorización del módulo 04.....	38
Tabla 13 Estimación del recurso M.O. de las actividades subordinadas.....	41
Tabla 14 Resultados de la aplicación del sistema de trabajo cronograma del proyecto con metodología cadena crítica.....	54
Tabla 15 Resultados de la aplicación del sistema de trabajo cronograma de la fase de estructuras con metodología cadena crítica.....	58

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 01: Flujo desarrollo de procedimiento de tesis</i>	<i>24</i>
<i>Figura 02: Cronograma de obra contractual.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 03: Planilla de metrado por módulos contractual.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 04: Detalle de plano de elevación la fachada principal</i>	<i>30</i>
<i>Figura 05: Detalle de plano de distribución de la institución educativa.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 06: Plan estratégico de ataque producto de la sectorización</i>	<i>39</i>
<i>Figura 07: Diagrama de sectorización de la infraestructura educativa.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 08: Diagrama de subordinación.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 09: Diagrama cadena critica de Tren de actividades.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 10: Diagrama cadena crítica de Tren de actividades de fase estructuras.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 11: Diagrama de tren de actividades 02 a 03 semanas.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 12: Diagrama de tren de actividades 04 a 05 semanas.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 13: Diagrama de tren de actividades 06 a 07 semanas.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 14: Diagrama de tren de actividades 08 a 09 semanas.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 15: Estructura de desglose de trabajo fase estructuras.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 16: Estructura de desglose organizacional requerida</i>	<i>51</i>
<i>Figura 17: Histograma de recurso mano de obra semana 01 a 10.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 18: Cronograma de recurso concreto semana 01 a 10.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 19: Cronograma de recurso encofrado semana 01 a 10.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 20: Cronograma de recurso acero semana 01 a 10.....</i>	<i>54</i>

RESUMEN

En la construcción de infraestructura educativa la etapa primordial es el de planificación y es en donde se definen en gran parte el posible éxito o fracaso del proyecto, es en ese momento antes de construir que se debe desarrollar correctamente los procesos de planificación para poder asegurar la entrega de la obra en los tiempos contractuales. Esta tesis de investigación tiene como objetivo principal es cómo se debe aplicar la metodología de la cadena crítica en la planificación de infraestructuras educativas para una gestión eficiente, a través del diagnóstico del alcance del proyecto, para luego poder implementar el desarrollo de un sistema de trabajo para la planificación, nos ayudó a la aplicación sistémica y ordenada de la metodología de cadena crítica en la planificación logrando reducciones de tiempo contractuales para la ejecución. Por último proponemos y recomendamos el uso de un diagrama de barras de red para el monitoreo y control. Toda la investigación tiene como base metodológica el tipo de investigación aplicada no experimental según su diseño transversal de tipo descriptiva. Se sugiere realizar experimentalmente la propuesta planteada en el sistema de trabajo en infraestructura similar para el diagnóstico de la performance de obra.

PALABRAS CLAVES: Cadena crítica, planificación, infraestructura educativa.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Siendo la construcción de la infraestructura educativa uno de los principales objetivos para garantizar una educación moderna y eficiente en Perú la Autoridad para la Reconstrucción con Cambios (ARCC) viene ejecutando la rehabilitación e implementado colegios que fueron afectados por el Fenómeno del Niño Costero en las regiones de Ancash, Arequipa, Ayacucho, Cajamarca, La Libertad, Lambayeque, Piura y Tumbes, que beneficiara a más de 13 mil estudiantes de los niveles de inicial, primaria y secundaria.

Estrada y Tovar (2021) publican que el gobierno señaló un posible retorno a clases presenciales en el primer trimestre del 2022, sin embargo, varias de las instituciones educativas del norte del Perú no están preparadas para recibir a los estudiantes. Desde 2017, cuando ocurrieron las lluvias e inundaciones ocasionadas por El Niño costero, hasta la fecha solo se han reconstruido 92 escuelas de las 1.523 que fueron afectadas. Más de la mitad de las obras restantes están en las etapas previas al proceso de contratación.

Bezir y Del Carpio (2012) indican que de acuerdo al PMI, una de las principales características de la Gestión de Proyectos en Latinoamérica es que la ejecución de los proyectos culmina con los objetivos establecidos, pero no necesariamente en los tiempos acordados. Es decir, se hace una gestión eficaz pero no eficiente.

Según (Motta, I., 2019) la mayoría de las obras en la ciudad se atrasa más del 50 % del tiempo previsto por causas atribuidas al contratista o constructor, al contratante o propietario, y otras imprevistas”. Entre las que se producen por responsabilidad del contratista se encuentran los estudios y diseños incompletos del terreno, además de una mala planificación del cronograma.

González Sajiúm, D., & De La Rosa, J. M. (2019) resumen que la planificación estratégica es la fase inicial dentro de la administración de proyectos por cadena crítica (CCPM), y sirve para definir claramente el alcance y lograr mantener el equipo de trabajo dentro de los objetivos.

Carlos Álvarez, G. (2018) analizaba el Reporte de Caos (The Chaos Report of Standish Group), en el cual se mencionaba que sólo un 29% de proyectos desarrollados terminan exitosamente, de un estudio que consideró 50.000 proyectos de todo el mundo.

En todo proyecto la etapa de planificación es primordial y es donde se puede definir en gran parte el posible éxito o fracaso del proyecto, si aquí no ejecutamos correctamente los procesos de planificación hay grandes posibilidades de que nuestro proyecto fracase, para esto debemos definir el alcance y los objetivos del proyecto, trabajar nuestra EDT (Estructura de Desglose del Trabajo), identificar actividades, para luego estimar recursos y presupuesto, desarrollar cronograma, evaluar los riesgos, planificar la calidad, trabajar los demás planes de las distintas áreas de conocimiento, en resumen; poner en práctica las mejores prácticas que sugiere Pmbok®.

Para (Pérez, A. 2021) muchos proyectos se establecen metas demasiado ambiciosas u objetivos inalcanzables, ya sea a nivel de plazos de ejecución, distribución de cargas de trabajo o previsión de recursos. Estas metas surgen de planteamientos carentes de realismo e impiden que se haga un seguimiento efectivo del proyecto.

A nivel teórico, esta tesis aporta la aplicación del método de la cadena crítica en la planificación de la construcción de infraestructura educativa, y en función de su aplicación se plantea un procedimiento de trabajo desde el cronograma contractual hasta la planificación estratégica para la ejecución del proyecto de infraestructura educativa en la

etapa de estructuras en base a la metodología de la cadena crítica con el objetivo de garantizar la entrega oportuna de las obras de Infraestructura Educativa .

1.1.1. Metodología de la cadena crítica

1.1.1.1. Definición de cadena crítica

El método de la cadena crítica o también conocido como CCPM (Critical Chain Project Management), es un método de planificación y administración de proyectos que representa un enfoque innovador a los métodos tradicionales. Según (De Jesús, 2012) indica que este método otorga una técnica práctica para la planificación y el control de uno o varios proyectos, enfatizando los recursos requeridos para ejecutar las tareas.

Según (Amendola L; Depool T.; González. J. 2016): *“El método de la cadena crítica es una técnica de análisis de la secuencia de programación que modifica el cronograma del proyecto para tener en cuenta los recursos limitados”*.

1.1.1.2. Restricciones o cuello de botella

El método de la cadena crítica determina el menor plazo en que un proyecto puede terminarse e impone las restricciones, también denominadas cuellos de botella, que logran mantener la alineación con la secuencia de actividades de menor duración o la que restrinja el sistema de trabajo fluido. La adopción de estos lineamientos contribuye para combatir los obstáculos que suelen conducir el proyecto a retrasos y al fracaso (Junguang Z.; Saike J. y Diaz J. 2018)

1.1.1.3. Buffer

La metodología de la cadena crítica se diferencia de otras metodologías para la programación porque incluye dependencias de recursos y terminaciones agresivas. La

metodología de la cadena crítica agrega incertidumbre en forma de amortiguadores (buffers) al final de la secuencia de actividades y de la secuencia proyecto. Los amortiguadores son actividades ficticias asociadas a tareas reales, con una duración determinada, que se añaden en puntos concretos del cronograma del proyecto para asumir posibles desviaciones temporales en la ejecución. Los buffers son capaces de mostrar la incertidumbre en las estimaciones de duración de las tareas (EAE Business School 2019).

Esta metodología plantea tres tipos de amortiguadores según la ubicación de los mismos: el buffer del proyecto, que protege el proyecto ante las diferentes fluctuaciones a lo largo de la cadena crítica, los buffers de alimentación, que se encargan de proteger la cadena crítica de la fusión de actividades y los buffers de recurso, que se utilizan como señales de advertencia anticipadas para proteger al proyecto ante las variaciones en las actividades no críticas de un recurso cuando la siguiente de este recurso es crítica. La identificación de los cuellos de botella es importante para el cálculo de la duración del proyecto. (Rodríguez W.;Valdes, D. 2005) precisan que esta técnica permite identificar las restricciones del proyecto a partir de 5 pasos:

1. Identificación de la restricción.- “cuello de botella” o restricción física o restricciones políticas dentro de la ruta crítica.
2. Explotación de la restricción.- determinar la duración apropiada de la restricción, explotando al máximo las capacidades de las cuadrillas de trabajo.
3. Subordinación.- Ninguna tarea a ejecutar tendrá duración mayor a la tarea restrictiva.
4. Elevación de la restricción.- Utilización de métodos heurísticos para optimizar el Programa de trabajo.

5. Volver al paso 1.- Detectar una nueva restricción. Este paso se desarrolla en la fase de ejecución de los trabajos e implica un seguimiento y control eficiente.”

1.1.2. Gestión de la planificación según guía PMBOK (6th edition)

La Gestión del Cronograma incluye los procesos necesarios para asegurar que todo el alcance del proyecto se completará dentro del periodo de finalización establecido.

Los procesos directivos que forman parte de la Gestión del Cronograma son los siguientes:

- 1 Planificar la Gestión del Cronograma
- 2 Definir las Actividades
- 3 Secuenciar las Actividades
- 4 Estimar la Duración de las Actividades
- 5 Desarrollar el Cronograma
- 6 Controlar el Cronograma

1.1.2.1. Planificar la gestión del cronograma

Este proceso consiste en establecer políticas, procedimientos y documentación para planificar, desarrollar, ejecutar y controlar el cronograma del proyecto. El beneficio principal del proceso es que proporciona una guía clara sobre cómo se va a gestionar el cronograma a lo largo del proyecto (Guía del PMBOK Sexta Edición).

1.1.2.2. Definir las actividades

Es el proceso que consiste en identificar y documentar las acciones específicas que se deben realizar para completar los entregables del proyecto. Se consigue descomponiendo los paquete de trabajo de la estructura de desglose de trabajo en actividades, lo cual proporciona la base para la estimación, ejecución, monitoreo y control del trabajo del proyecto(Guía del PMBOK Sexta Edición).

La actividad es la unidad básica de planificación, ejecución y control del proyecto, por ello, se requiere que la definición de actividades sea lo más preciso y detallado posible.

Las actividades nacen de los paquetes de trabajo de la EDT, los cuales ha y que descomponer en un nivel más, obteniendo las actividades del proyecto. Por eso, el plan de gestión del cronograma establece la estructura de desglose del trabajo como enlace con los procedimientos de la organización para la gestión del cronograma (Guía del PMBOK Sexta Edición).

1.1.2.3. Secuenciar las actividades

Es el proceso que consiste en identificar y documentar las relaciones entre las actividades del proyecto. El objetivo el proceso es identificar la secuencia lógica en la que debe ejecutarse el trabajo para obtener la mayor eficiencia teniendo en cuenta la restricciones del proyecto (Guía del PMBOK Sexta Edición).

1.1.2.4. Estimar la duración de las actividades

El proceso consiste en realizar una estimación de la cantidad de periodos de trabajo necesarios para finalizar las actividades individuales con los recursos estimados. El objetivo del proceso es establecer la cantidad de tiempo necesario para finalizar cada una de las actividades (Guía del PMBOK Sexta Edición).

1.1.2.5. Desarrollar el cronograma

Es el proceso que consiste en analizar la secuencia de las actividades, duraciones, requisitos de recursos y restricciones del cronograma para crear un modelo de programación para la ejecución y control del proyecto. El objetivo es el desarrollo de un cronograma detallado con las fechas planificadas para completar las actividades del proyecto (Guía del PMBOK Sexta Edición).

1.1.2.6. Controlar el cronograma

Es el proceso que consiste en monitorear el estado del proyecto para actualizar el cronograma del proyecto y gestionar cambios a la línea base del cronograma. El objetivo del proceso es mantener la línea base del cronograma a lo largo del proyecto (Guía del PMBOK Sexta Edición).

1.1.3. Tren de actividades

Es un método de programación por fases (tren de actividades) donde deben ser explotadas a un mayor nivel de detalle el desarrollo del cronograma, a nivel que permita un flujo constante de las cuadrillas, mejorar el cumplimiento de los hitos y eliminar las holguras y desfases. Se busca que una cuadrilla específica pueda realizar todos los días la misma actividad, cambiando únicamente de lugar de trabajo como indica (Rodriguez W.;Valdes D. 2005). La metodología para elaborar un tren de actividades es la siguiente:

- Sectorizar, la cantidad de trabajo debe ser equivalente en cada sector, de manera de conseguir repetición en los trabajos.
- Listar, las actividades a ejecutar de cada sector, que permita entender claramente el proceso y que no tenga muchas actividades que puedan confundir al personal.

- Secuenciar, las actividades previamente listadas de modo que se cubran todos los sectores de trabajo. Este es el paso que toma más tiempo y es muy común que las primeras secuencias que se consideren no sean las mejores, estas se irán mejorando a lo largo del proyecto. Se incluirán buffer de tiempo en función a la variabilidad de las actividades. Siempre se tiene que tomar en cuenta que la duración del tren debe encajar dentro de los hitos de la planificación del cronograma. De no encajar, revisar la secuencia constructiva diaria, y ver la manera de ajustarla. Tal vez sea necesario, por ejemplo, disponer de mayor cantidad de equipos, o de mayor cantidad de obreros.

- Dimensionar, la cantidad de mano de obra y equipos necesarios, considerando: considerando la actividad más restrictiva se realiza la medición de cada sector, velocidad de avance de cada cuadrilla básicas, número de cuadrillas básicas para que las actividades se ejecuten en 1 sólo día (en lo posible).

1.2. Formulación del problema

El Problema general:

¿Cómo es la aplicación de la metodología de cadena crítica en la planificación del proyecto de infraestructura educativa N° 81561 Antonio Bueno Lucano de Zapotal – Chapén 2022?.

Los Problemas específicos son:

¿Cómo se diagnostica la situación actual sobre los procesos de planificación del proyecto de infraestructura educativa?

¿Cómo se desarrolla un sistema de trabajo de planificación para la implementación y aplicación del método de la cadena crítica?

¿Cómo se aplica el sistema de trabajo de planificación según el método de la cadena crítica en la elaboración de la planificación de infraestructura educativa N° 81561 Antonio Bueno Lucano de Zapotal?

¿Cómo proponer recomendaciones con la aplicación del método de la cadena crítica en la gestión de la planificación de proyectos similares basándonos en los resultados obtenidos?

1.3. Objetivos

El objetivo general es:

Realizar la aplicación el método de la cadena crítica en la planificación del proyecto de infraestructura educativa N° 81561 Antonio Bueno Lucano de Zapotal – Chapén 2022.

Los objetivos específicos son:

Diagnosticar la situación actual sobre los procesos de planificación del proyecto de infraestructura educativa.

Desarrollar un sistema de trabajo de planificación para la implementación y aplicación del método de la cadena crítica.

Aplicar el sistema de trabajo de planificación según el método de la cadena crítica en la elaboración de la planificación de infraestructura educativa N° 81561 Antonio Bueno Lucano de Zapotal.

Proponer recomendaciones con la aplicación del método de la cadena crítica en la gestión de la planificación de proyectos similares basándonos en los resultados obtenidos en obra.

1.4. Hipótesis

- La hipótesis general es:

Aplicando la metodología de cadena crítica en la planificación de proyectos de infraestructura educativa, se logra una gestión eficiente.

- Las hipótesis específicas son:

Diagnosticando la situación actual sobre los procesos de planificación del proyecto de infraestructura educativa, identifica la realidad de la planificación actual del proyecto.

Desarrollando un sistema de trabajo de planificación para la implementación y aplicación del método de la cadena crítica, mejora el desempeño de la calidad de trabajo otorgando tareas y responsabilidades.

Aplicando el sistema de trabajo de planificación según el método de la cadena crítica en la elaboración de la planificación de infraestructura educativa, ayuda a optimizar los recursos y reducir los riesgos por retrasos del proyecto.

Las recomendaciones propuestas para la aplicación del método de la cadena crítica en la gestión de la planificación de proyectos, otorga valor para futuras investigaciones.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación.

2.1.1. Según el propósito.

El tipo de investigación aplicada. Como indica (Bunge, 1971), es el tipo de investigación cuyo propósito es dar solución a situaciones o problemas concretos e identificables. La investigación aplicada parte (por lo general, aunque no siempre) del conocimiento generado por la investigación básica, tanto para identificar problemas sobre los que se debe intervenir como para definir las estrategias de solución.

2.1.2. Según el diseño.

El tipo de investigación es no experimental según el diseño es de tipo transversal de tipo descriptiva, (Hernández, S. 2014) precisa que la investigación no experimental es aquella que se realiza sin manipular deliberadamente variables. (Kerlinger, FN. 1979) señala que la investigación no experimental es cualquier investigación en la que resulta imposible manipular variables o asignar aleatoriamente a los sujetos o a las condiciones. Es decir, es investigación donde no hacemos variar intencionalmente las variables independientes.

(Hernández, S. 2014) indica que el diseño es transversal porque recolectan en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables, y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Y precisa que el diseño es de tipo transversal descriptivo por que tiene como objetivo indagar la incidencia y los valores en que se manifiesta una o más variables.

2.2. Población y muestra.

2.2.1. Población

El enfoque de esta tesis fue la de planificar un proyecto de Infraestructura Educativa ubicada en el centro poblado Zapotal distrito de Chepén, provincia de Chepén. Este centro poblado únicamente tiene un centro educativo en inicial y primaria.

2.2.2. Muestra

Según (Cuesta, 2009) el muestreo no probabilístico es la técnica de muestreo que no permite a todos los individuos de una determinada población las mismas oportunidades de ser seleccionados; además indica (Kinnear, Thomas; Taylor, James; (1993) que dentro de los no probabilísticos se incluyen: muestras por conveniencia, por juicios, y por cuotas; las primeras se seleccionan de acuerdo con la conveniencia del investigador, las segundas por la opinión del mismo, y por cuotas se emplean con base en la distribución de la población definida a través de las características de control. (Kinnear y Taylor, 1998) definen que el muestreo por conveniencia como un procedimiento donde el investigador selecciona a los individuos ya que se encuentran disponibles y dispuestos para ser estudiados.

Esta investigación utilizó un muestreo no probabilístico y muestra por conveniencia, porque algunos elementos de la población no tienen en cuenta todos los parámetros que considera esta tesis de investigación; es por ello que se prefirió usar un muestreo por conveniencia. La muestra del proyecto de infraestructura educativa seleccionada se denominó Institución Educativa N° 81561 Antonio Bueno Lucano, utilizando la metodología de cadena crítica como método para aplicarlo en la planificación del proyecto (cronograma) en su fase de estructuras para lograr una gestión eficiente.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.

- **Técnicas de recolección de datos**

Según (Alfonso, I., 1995) la revisión documental es un procedimiento científico, un proceso sistemático de indagación, recolección, organización, análisis e interpretación de información o datos en torno a un determinado tema. Al igual que otros tipos de investigación, éste es conducente a la construcción de conocimientos.

De acuerdo con (Hernández 2014), la recolección de datos requiere de las siguientes actividades: La selección del instrumento o método de recolección, la aplicación del mismo y preparar las observaciones, registros y mediciones obtenidas para que se analicen.

Es necesario que el instrumento o método de recolección cumpla con dos requisitos importantes, los cuáles son: confiabilidad y validez, refiriéndose a la primera como el grado en que la aplicación repetida del mismo arroja resultados iguales y la validez al grado en que dicho instrumento mide en realidad la variable que pretende medir (Hernández 2014).

Para la recolección de datos de la presente tesis se realizó a través de técnicas mixtas en campo, por medio de guía de entrevistas (Ver Anexo 05), que nos permitió obtener información de los ingenieros especialistas (últimos planificadores) para ser usada en la aplicación de la metodología de cadena crítica en la planificación del proyecto de la infraestructura educativa, además en gabinete utilizamos la técnica de revisión documental que nos permitió conocer los principales conceptos teóricos de la metodología de la cadena crítica para el desarrollo de nuestra tesis, así como también, usamos la revisión documental del expediente técnico de la obra como fueron los análisis de precios unitarios (rendimientos), el cronograma general de la obra (CPM), la planilla de metrados, el presupuesto, los planos, las especificaciones técnicas, la memoria descriptiva.

• **Análisis de los datos**

En el análisis y discusión de resultados se interpretaron los hallazgos relacionándolos con el problema de investigación, los objetivos propuestos y el marco teórico. Se usó la actividad de análisis cuantitativo de los datos y una estadística descriptiva, para la interpretación de los hallazgos en relación con el problema del proyecto de tesis, sus objetivos generales y específicos y el marco teórico, para así obtener los beneficios de la aplicación de la metodología de la cadena crítica en la planificación del proyecto de infraestructura educativa en la gestión del cronograma y la planificación contractual del proyecto. Se ha utilizado herramientas como Microsoft Office Excel, Word y Power point.

2.4. Matriz de consistencia.

Tabla 1:

Matriz de consistencia

Título	Problema	Objetivos	Hipótesis	VARIABLES	Metodología/Diseño	
<p>“Aplicación de metodología de cadena crítica en la planificación del proyecto de infraestructura educativa N° 81561 Antonio Bueno Lucano de Zapotal – Chepén 2022”</p>	<p>¿Cómo se aplica la metodología de cadena crítica en la planificación del proyecto de infraestructura educativa N° 81561 Antonio Bueno Lucano de Zapotal – Chepén 2022?”</p>	<p>GENERAL: Aplicar el método de la Cadena Crítica en la planificación del proyecto de infraestructura educativa N° 81561 Antonio Bueno Lucano de Zapotal – Chepén 2022.</p>	<p>La aplicación del método de la Cadena Crítica logra una gestión eficiente de la planificación del proyecto de infraestructura educativa N° 81561 Antonio Bueno Lucano de Zapotal – Chepén 2022.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE:</p> <p>Infraestructura Educativa N°81561 Antonio Bueno Lucano.</p>	<p>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN: No experimental transversal descriptivo</p>	
		<p>ESPECÍFICOS:</p>			<p>TÉCNICA: Mixta: Entrevistas, encuestas, revisión documental</p>	
		<p>Diagnosticar la situación actual sobre los procesos de planificación.</p>			<p>VARIABLE DEPENDIENTE:</p> <p>Metodología de Cadena Crítica</p>	<p>INSTRUMENTO: Guía de entrevistas, cuestionario, ficha resumen</p>
		<p>Desarrollar un sistema de trabajo de planificación para la implementación y aplicación del método de la Cadena Crítica.</p>			<p>POBLACIÓN: Infraestructura educativa en la Provincia de Chepén.</p>	
		<p>Aplicar el sistema de trabajo de planificación según el método de la cadena crítica en la elaboración de la planificación de infraestructura educativa N° 81561 Antonio Bueno Lucano de Zapotal.</p>			<p>MUESTRA: Infraestructura educativa N° 81561 Antonio Bueno Lucano de Zapotal - Chepén</p>	
		<p>Proponer recomendaciones con la aplicación del método de la cadena crítica en la gestión de la planificación de proyectos similares basándonos en los resultados obtenidos en obra.</p>				

Fuente: Elaboración propia

2.5. Procedimiento.

Para el desarrollo de esta tesis el procedimiento se dividió en cuatro pasos:

1er paso: Diagnosticar la situación actual sobre los procesos de planificación.

2do paso: Desarrollar un sistema de trabajo de planificación.

- Planificar la gestión del cronograma (Ver Anexo 01).
- Definición de las actividades (Ver Anexo 05, formato 01).
- Secuencia de actividades. (Ver Anexo 05, formato 02).
- Estimación de la duración de las actividades. (Ver Anexo 05, formato 03).
- Estimación de los recursos de las actividades. (Ver Anexo 05, formato 03).

3er paso: Aplicar el método de la cadena crítica en la elaboración de la planificación

- Desarrollo de la planificación. . (Ver Anexo 05, formato 05).
- Controlar el cronograma (Ver Anexo 01, sección Monitoreo y control).

4to paso: Proponer recomendaciones con el método de la cadena crítica en la gestión de la planificación.

Se muestra el flujo de desarrollo de procedimiento de tesis en la figura 20.

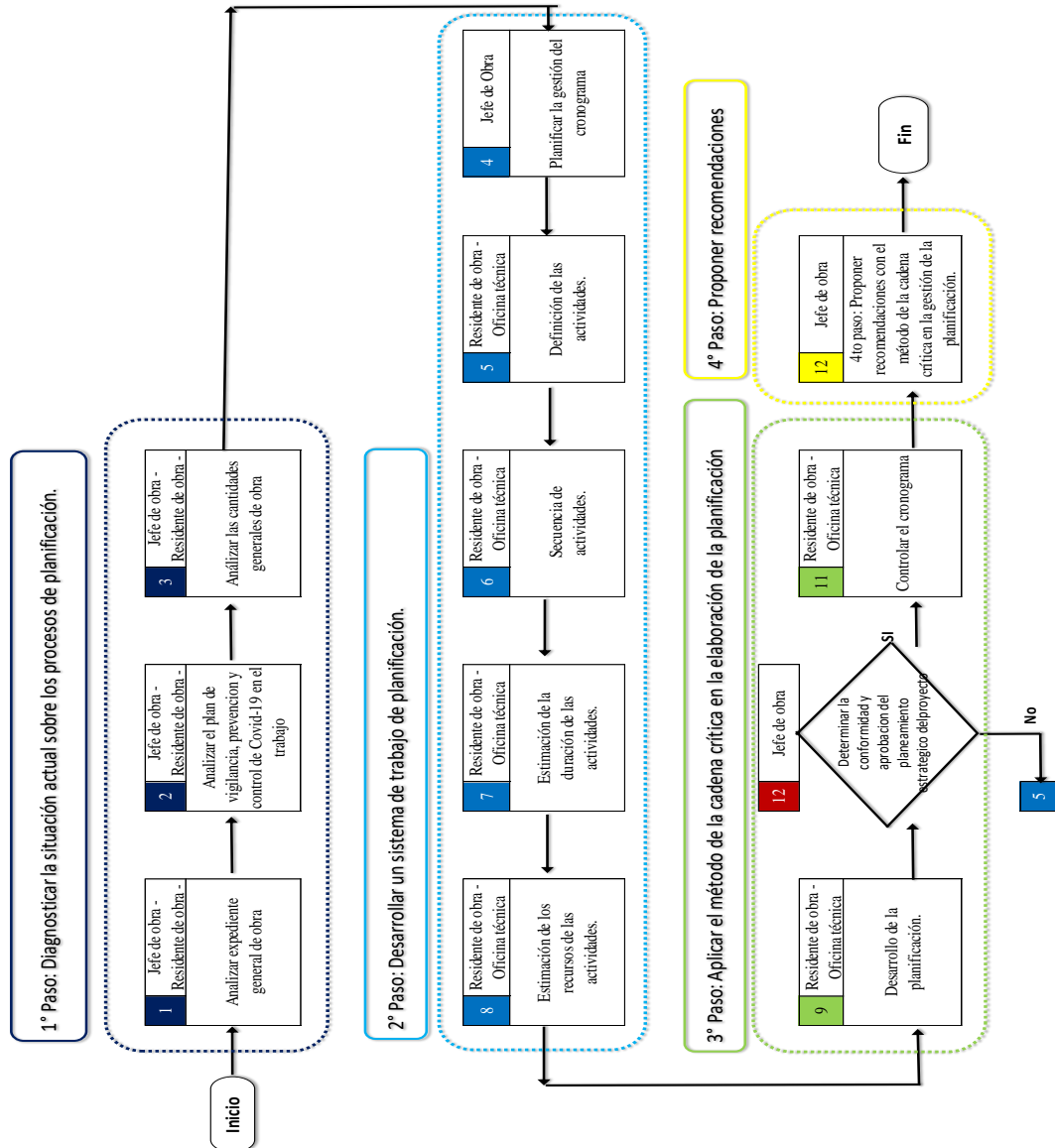


Figura 20: Flujo desarrollo de procedimiento de tesis.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: se puede ver el desarrollo del sistema de trabajo la planificación en el Anexo 01, donde en la sección de monitoreo y control se evidencia la frecuencia que se realizara la planificación.

2.6. Aspectos éticos.

Para la presente tesis, la documentación y datos sobre los rendimientos, metrados, cronogramas y planos de obra fueron proporcionados por la Contratista ejecutora del proyecto.

La dirección del contrato y los responsables de la ejecución tuvo conocimiento del desarrollo del presente tesis de investigación y dieron su consentimiento para el uso de información personal y datos del desempeño en la empresa constructora.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Diagnosticar la situación actual sobre los procesos de planificación.

El 1er paso para nuestra tesis consistió en la recolección de la información del proyecto de la Institución Educativa N° 81561 Antonio Bueno Lucano, expediente técnico del proyecto, la cual fue proveída por el contratista. Para la aplicación de la metodología de cadena crítica en la planificación, se diagnosticó la situación actual del expediente técnico para la fase de estructuras, donde se obtuvo los principales hitos, partidas principales, rendimientos, metrados y distribución en planta.

- Cronograma actualizado de obra.

Es el cronograma contractual válido para la ejecución de la obra (PERT-CPM), presentado por el contratista, este tiene una duración de 120 días calendario.

Para la fase de estructuras el cronograma contractual indica de 89 días calendario, como se puede observar en la figura 02.

- Metrados de la obra.

Representa las cantidades contractuales a ejecutar, para poder utilizarlo en nuestra planificación, para ello utilizamos los de módulos como se aprecia en la figura 03.

- Memoria descriptiva de la obra.

En la tabla 2 y tabla 3, de la revisión documental del expediente técnico, nos muestra los alcances del proyecto.

- Especificaciones técnicas de la obra.

Estos documentos nos proporcionó los requerimientos mínimos para la ejecución del proyecto.

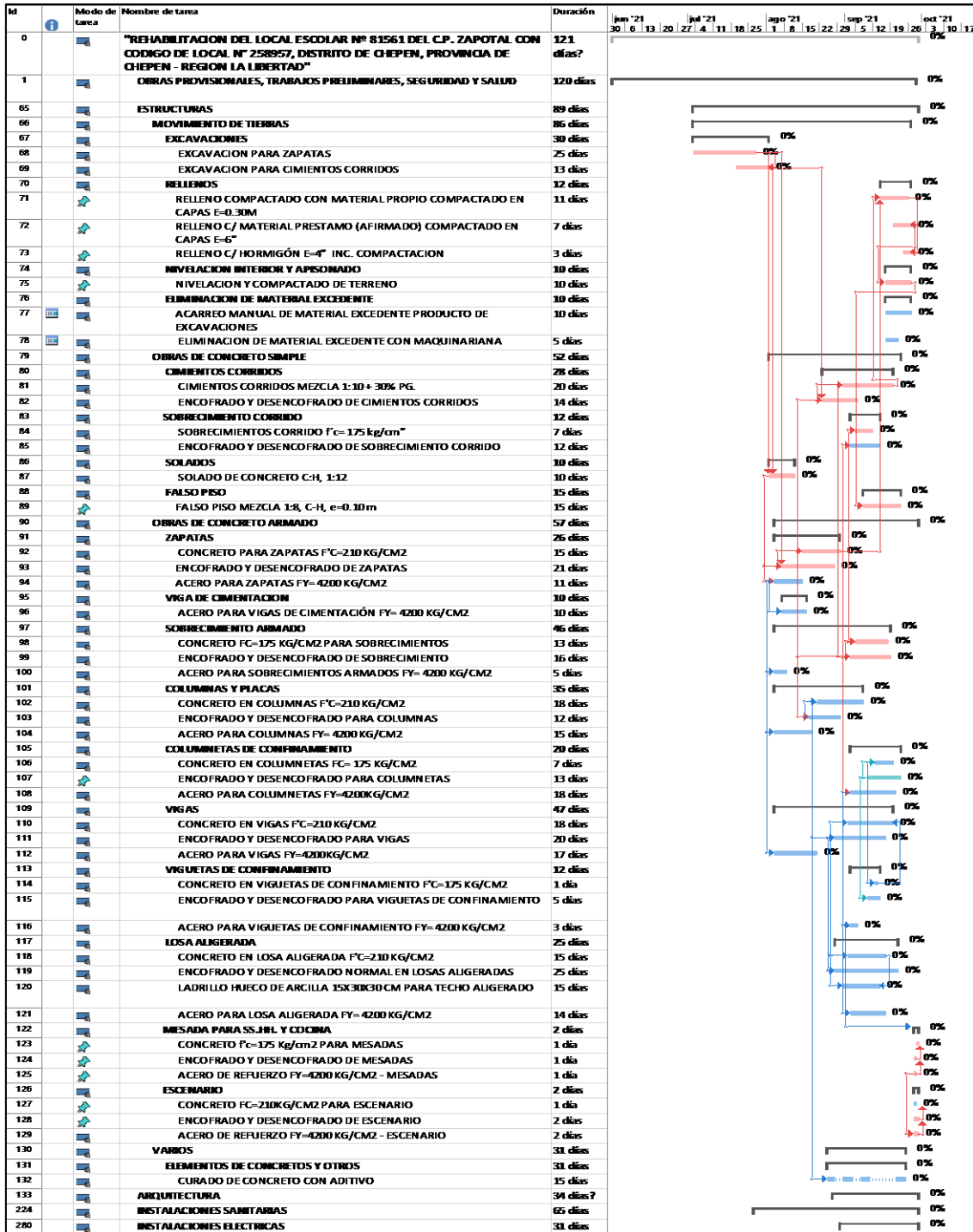


Figura 02: Cronograma de obra contractual.

Fuente: Expediente técnico de la obra: “Rehabilitación del local escolar N° 81561 Antonio Bueno Lucano del C.P. Zapotal con código de local N° 258957, distrito Chepén – provincia Chepén – región La Libertad”.

RESUMEN DE METRADOS - ESTRUCTURAS



PROYECTO: “REHABILITACION DEL LOCAL ESCOLAR N° 81561 ANTONIO BUENO LUCANO DEL C.P ZAPOTAL CON CODIGO DE LOCAL N° 258957, DISTRITO CHEPEN – PROVINCIA CHEPEN – REGION LA LIBERTAD”

UBICACIÓN: DISTRITO: Chepen - PROVINCIA: Chepen - REGION: La Libertad

FECHA: Enero 2020

PARTIDA	DESCRIPCION	METRADOS		MÓDULO					CASETA	KIOSKO	
		UND.	TOTAL	M01	M02	M03	M04	M05			
02.	ESTRUCTURAS										
02.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS										
02.01.01	EXCAVACIONES										
02.01.01.01	EXCAVACION PARAZAPATAS	m3	289.12								
02.01.01.02	EXCAVACION PARACIMIENTO CORRIDO	m3	210.35								
02.01.02	RELLENOS										
02.01.02.01	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO COMPACTADO EN CAPAS E=0.30M	m3	331.84								
02.01.02.02	RELLENO C/MATERIAL PRESTAMO (AFIRMADO) COMPACTADO EN CAPAS E=6”	m3	152.14								
02.01.02.03	RELLENO C/HORMIGÓN E=4” INC. COMPACTACION	m3	38.36								
02.01.03	NIVELACION INTERIOR Y APISONADO										
02.01.03.01	NIVELACION Y COMPACTADO DE TERRENO	m2	1,096.60								
02.01.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE										
02.01.04.01	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE PRODUCTO DE LAS EXCAVACIONES	m3	209.54								
02.01.04.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON MAQUINARIA	m3	209.54								
02.02	CONCRETO SIMPLE										
02.02.01	CIMIENTO CORRIDO										
02.02.01.01	CIENTOS CORRIDOS MEZCLA 1:10 C.H 30% P.G.	m3	69.21								
02.02.01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE CIMIENTO CORRIDO	m2	216.00								
02.02.02	SOBRECIMIENTO CORRIDO										
02.02.02.01	SOBRECIMENTOS CORRIDOS Fc=175 KG/CM2	m3	48.75								
02.02.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE SOBRECIMIENTO CORRIDO	m2	95.91								
02.02.03	SOLADO										
02.02.03.01	SOLADO DE CONCRETO C.H. 1:12	m2	253.59								
02.02.04	FALSO PISO										
02.02.04.01	FALSO PISO MEZCLA 1:8, C.H, e=0,10 m	m2	291.73								
02.03	CONCRETO ARMADO										
02.03.01	ZAPATAS										
02.03.01.01	CONCRETO EN ZAPATAS F’C=210 KG/CM2	m3	98.42	38.24	23.83	2.70	22.41	6.30	3.15	1.80	
02.03.01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE ZAPATAS	m2	138.24	47.29	7.96	10.80	30.79	23.40	10.80	7.20	
02.03.01.03	ACERO DE REFUERZO FY= 4200 KG/CM2	kg	6,868.44	2,776.84	1,754.44	128.51	1,641.55	297.05	184.38	85.87	
02.03.02	VIGAS DE CIMENTACION										
02.03.02.03	ACERO PARA VIGAS DE CIMENTACION FY= 4200 KG/CM2	kg	2,657.74	1,120.73	735.89		801.12				
02.03.03	SOBRECIMIENTO ARMADO										
02.03.03.01	CONCRETO F’C=175 KG/CM2 PARA SOBRECIENTOS	m3	28.68								
02.03.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE SOBRECIMIENTO	m2	389.49								
02.03.03.03	ACERO PARA SOBRECIENTOS ARMADOS FY= 4200 KG/CM2	kg	1,557.53								
02.03.04	COLUMNAS Y PLACAS										
02.03.04.01	CONCRETO EN COLUMNAS F’C= 210 KG/CM2	m3	34.77	10.26	6.16	1.37	6.16	3.11	1.73	0.91	
02.03.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA COLUMNAS	m2	395.74								
02.03.04.03	ACERO PARA COLUMNAS FY= 4200 KG/CM2	kg	7,157.63								
02.03.05	COLUMNETAS DE CONFINAMIENTO										
02.03.05.01	CONCRETO EN COLUMNETAS F’C= 175 KG/CM2	m3	8.05								
02.03.05.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA COLUMNETAS	m2	130.25								
02.03.05.03	ACERO PARA COLUMNETAS FY= 4200 KG/CM2	kg	2,872.54								
02.03.06	VIGAS										
02.03.06.01	CONCRETO EN VIGAS F’C= 210 KG/CM2	m3	42.66	13.81	8.21	1.41	7.80	8.23	0.48	0.95	
02.03.06.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA VIGAS	m2	308.71	93.70	57.38	10.97	54.61	60.84	1.10	6.41	
02.03.06.03	ACERO PARA VIGAS FY= 4200 KG/CM2	kg	5,945.10	1,675.38	1,051.79	225.33	961.90	865.88	130.24	131.30	
02.03.07	VIGUETAS DE CONFINAMIENTO										
02.03.07.01	CONCRETO EN VIGUETAS DE CONFINAMIENTO F’C= 175 KG/CM2	m3	1.62								
02.03.07.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA VIGUETAS DE CONFINAMIENTO	m2	24.69								
02.03.07.03	ACERO PARA VIGUETAS DE CONFINAMIENTO FY= 4200 KG/CM2	kg	260.21								
02.03.08	LOSA ALIGERADA										
02.03.08.01	CONCRETO EN LOSA ALIGERADA F’C=210 KG/CM2	m3	29.16	10.81	6.37	0.83	5.80	4.52	0.28	0.56	
02.03.08.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN LOSAS ALIGERADAS	m2	333.24	123.53	72.76	9.46	66.23	51.61	3.20	6.45	
02.03.08.03	LADRILLO HUECO DE ARCILLA 15X30X30 CM PARA TECHO ALIGERADO	und	2,933.00								
02.03.08.04	ACERO PARA LOSA ALIGERADA FY= 4200 KG/CM2	kg	2,321.72	856.03	467.35	51.71	558.34	323.33	24.10	40.85	
02.03.09	MESADA PARA SS.HH Y COCINA										
02.03.09.01	CONCRETO F’C= 175 KG/CM2 PARA MESADA	m3	0.54								
02.03.09.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MESADA	m2	6.42								
02.03.09.03	ACERO DE REFUERZO FY= 4200 KG/CM2 - MESADAS	kg	24.73								
02.03.10	ESCENARIO										
02.03.10.01	CONCRETO F’C= 210 KG/CM2 PARA ESCENARIO	m3	4.76								
02.03.10.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE ESCENARIO	m2	14.13								
02.03.10.03	ACERO DE REFUERZO FY= 4200 KG/CM2	kg	306.84								
02.04	VARIOS										
02.04.01	ELEMENTOS DE CONCRETO Y OTROS										
02.04.01.01	CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO	m2	1,726.79								

Figura 03: Planilla de metrado por módulos contractual.

Fuente: Expediente técnico de la obra: “Rehabilitación del local escolar N° 81561 Antonio Bueno Lucano del C.P. Zapotal con código de local N° 258957, distrito Chepén – provincia Chepén – región La Libertad”.

Tabla 2

Áreas del terreno del proyecto de infraestructura educativa.

ÁREA TOTAL TERRENO	1,475.97 M2
ÁREA CONSTRUIDA	429.99 M2
ÁREA LIBRE	1,045.98 M2
PERÍMETRO	169.94 M

Fuente: Expediente técnico de la obra: “Rehabilitación del local escolar N° 81561 Antonio Bueno Lucano del C.P. Zapotal con código de local N° 258957, distrito Chepén – provincia Chepén – región La Libertad”.

Tabla 3

Metas del proyecto de infraestructura educativa.

ITEM	NIVEL	AMBIENTES	ÁREA A CONSTRUIR (M2)
MODULO 01	PRIMER NIVEL	DIRECCION	9.70
		SALA DE PROFESORES	9.70
		ARCHIVO	6.15
		SECRETARIA Y ESPERA	12.93
		AULA 1	60.00
MODULO 02	PRIMER NIVEL	COE	50.00
MODULO 03	PRIMER NIVEL	SS.HH DOCENTES	3.90
		SS.HH DISCAPACITADOS	7.55
MODULO 04	PRIMER NIVEL	SALÓN DE USOS MÚLTIPLES	50.31
MODULO 05	PRIMER NIVEL	DORMITORIO 01	10.66
		DORMITORIO 02	9.72
		SALA - COMEDOR	21.00
		COCINA	10.37
		SS-HH	6.61
		LAVANDERIA	17.68
GUARDIANIA	PRIMER NIVEL	CASETA	6.57
QUIOSCO	PRIMER NIVEL	QUIOSCO	9.27
AREA TECHADA A CONSTRUIR (m2) – Material Noble			429.99
LOSA DEPORTIVA			269.57
ESTRADO			20.98
PASADIZOS Y CIRCULACION			264.74
AREA A CONSTRUIR SIN TECHAR (m2)			1045.98
AREA TOTAL A CONSTRUIR (m2)			1,475.97
CERCO PERIMETRICO (ml)			169.94

Fuente: Expediente técnico de la obra: “Rehabilitación del local escolar N° 81561 Antonio Bueno Lucano del C.P. Zapotal con código de local N° 258957, distrito Chepén – provincia Chepén – región La Libertad”.

- Planos de distribución y elevación.



Figura 04: Detalle de plano de elevación la fachada principal.

Fuente: Expediente técnico de la obra: “Rehabilitación del local escolar N° 81561 Antonio Bueno Lucano del C.P. Zapotal con código de local N° 258957, distrito Chepén – provincia Chepén – región La Libertad”.

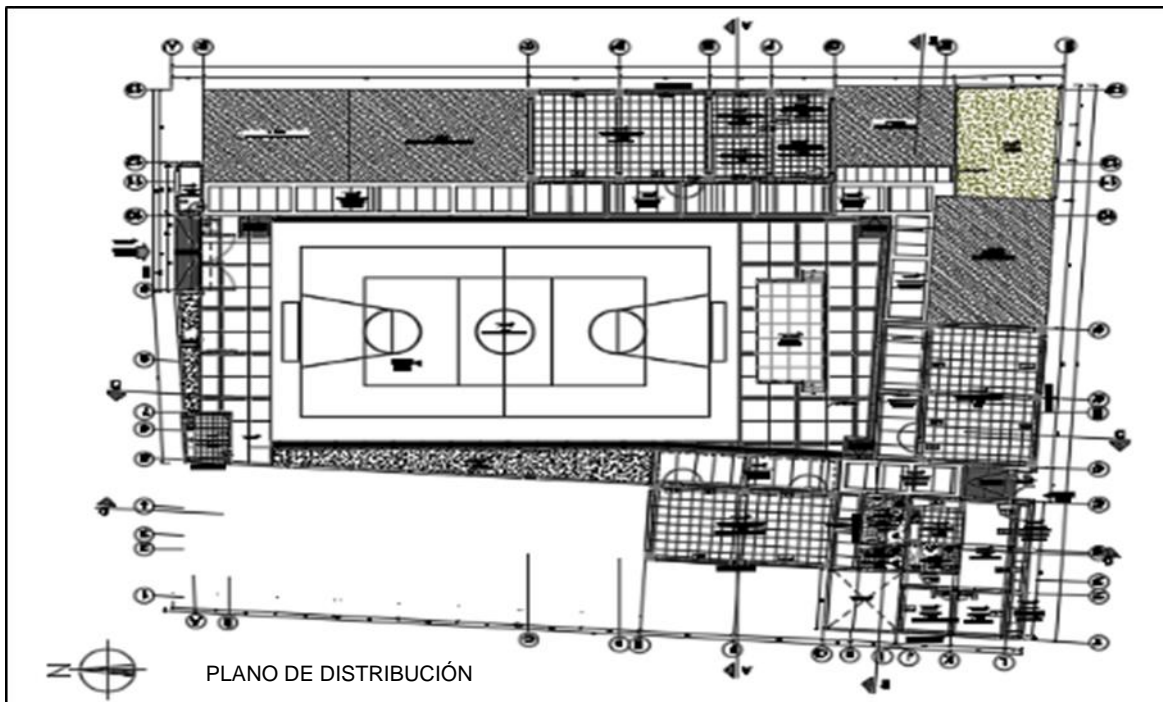


Figura 05: Detalle de plano de distribución de la institución educativa.

Fuente: Expediente técnico de la obra: “Rehabilitación del local escolar N° 81561 Antonio Bueno Lucano del C.P. Zapotal con código de local N° 258957, distrito Chepén – provincia Chepén – región La Libertad”.

- Presupuesto general actualizado de la obra.

Este representa la cantidad de la obra en soles peruanos. Además nos permite entender el cronograma valorizado en la fase de estructura donde se centró nuestra tesis y lo comprometido por el contratista. Se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4

Presupuesto base del proyecto de infraestructura educativa.

Obra	0301080	“REHABILITACION DEL LOCAL ESCOLAR N° 81561 ANTONIO BUENO LUCANO DEL C.P ZAPOTAL CON CODIGO DE LOCAL N° 258957, DISTRITO CHEPEN – PROVINCIA CHEPEN – REGION LA LIBERTAD”		
Localización	130401	LA LIBERTAD - CHEPEN – CHEPEN		
Fecha Al	10/01/2021			
Presupuesto base				
001	ESTRUCTURAS			705,565.99
002	ARQUITECTURA			410,869.07
003	INSTALACIONES SANITARIAS			72,314.65
004	INSTALACIONES ELÉCTRICAS			95,797.42
		(CD)	S/	1,284,547.13

Fuente: Expediente técnico de la obra: “Rehabilitación del local escolar N° 81561 Antonio Bueno Lucano del C.P. Zapotal con código de local N° 258957, distrito Chepén – provincia Chepén – región La Libertad”.

- Análisis de precios unitarios

Este documento nos permite desglosar el costo por unidad de medida de cada partida, nos permite identificar los rendimientos, costos y cantidades de cada insumo o materiales a usar .

3.2. Desarrollar un sistema de trabajo de planificación.

El desarrollo del sistema de trabajo de la planificación de la ejecución del proyecto se realizó considerando las mejores prácticas, propuestas por la guía PMBOK 6th edition, para la gestión del cronograma utilizando el método de la cadena crítica para la planificación.

La guía PMBOK 6th edition, nos sirvió de marco para nuestro sistema de trabajo, el cual nos permitió utilizar la metodología de la cadena crítica y desarrollar los 5 pasos según lo indicado por Goldratt, E. (2001).

El plan de gestión usado (sistema de trabajo) se evidencia en el Anexo 01 de la presente tesis. En ella se logra la compatibilización del marco de trabajo de la gestión del cronograma, según la guía PMBOK 6th edition, y la metodología de la cadena crítica según Goldratt, E. (2001)

Para el desarrollo del sistema de trabajo se utilizó la compatibilización siguiente:

Tabla 5

Compatibilización guía PMBOK 6th edition y la metodología cadena crítica.

Item	PMBOK (6th edition)	Metodología cadena crítica	Técnica	Fuente	Instrumento	Herramienta
1	Planificar la Gestión del Cronograma	Sistema de trabajo		Expediente técnico, guía		Plan de gestion
2	Definir las Actividades	Identificación del cuello de botella		PMBOK 6th edition,	Software ofimática:	Heurística últimos planificadores
3	Secuenciar las Actividades	Explotación de la cuello de botella	Revisión documental, Entrevistas en gabinete y campo	Metodología de la cadena crítica,	excel , word , power point	
4	Estimar la Duración de las actividades y los recursos	Subordinación		Bibliografía, Entrevistas		Sectorización del proyecto
5	Desarrollar el Cronograma	Elevación de cuello de botella		últimos planificadores		Tren de actividades
6	Controlar el Cronograma	Detectar una nueva cuello de botella				Diagrama de red de barras

Fuente: Elaboración propia.

3.2.1. Planificar la gestión del cronograma.

A continuación se evidencia la secuencia de trabajo desarrollado (Anexo 06) para el cumplimiento del objetivo de la tesis:

- **Herramientas de planificación.**

La aplicación de planificación se realizó con el apoyo de las herramientas siguientes:

- Sectorización.
- Trenes de actividad.
- Diagrama de barras del buffer del proyecto.

- **Unidades de medida.**

Las consideraciones adoptadas son las siguientes:

- La duración del proyecto se estimará en días (d).
- Cuando su duración de la actividad es corta, la estimación de la actividad se podrá expresar en horas (no menos de 4 horas).
- Horas de trabajo por día 8 horas x día.
- Horas de trabajo por cada semana 48 horas.
- Días de trabajo por cada mes 25 días.
- **Conversión de días calendario a días útiles. (Anexo 06: Formato N°06)**
 - Plazo contractual en días calendario: 120 días
 - Factor de Conversión de días calendarios a días útiles: $1.20 = (30 \text{ días mes} / (30-5) \text{ descontar domingos mes})$
 - Descontar días de clima, según zona geográfica.

Zapotal tiene una variación extremada de lluvia mensual por estación. La temporada de lluvia dura 8,1 meses, del 11 de abril al 15 de diciembre,

con un intervalo móvil de 31 días de lluvia de por lo menos 13 milímetros.

El mes con más lluvia en Zapotal es septiembre, con un promedio de 173 milímetros de lluvia. Para el proyecto se consideró descontar 8 días de lluvia para el proyecto.

- Descontar días feriados y no laborables nacionales.

Jueves 14 de abril: Jueves Santo

Viernes 15 de abril: Viernes Santo

Domingo 17 de abril: Domingo de Resurrección

Domingo 1 de mayo: Día Internacional de los Trabajadores (Día del Trabajo)

- Descontar días no laborables.

El 3 de enero de 2022 fue declarado por no laborable por el Gobierno de Castillo.

Se considero para el proyecto solo 2 días feriados y no laborables.

- **Determinación del buffer del proyecto.**

La gerencia de la contratista definió el BUFFER del plazo del proyecto de 20% de los días útiles del proyecto, para absorber las incertidumbres, interrupciones y retrasos.

Para los BUFFER de las actividades se desarrollara respetando la secuencia de trabajo y protegiendo el sistema con actividades contributarias.

- **Determinación de días para la planificación del proyecto a ejecutar.**

La gerencia de la contratista definió el BUFFER del plazo del proyecto de 20% de los días útiles del proyecto, para absorber las incertidumbres, interrupciones y retrasos.

Plazo contractual (en días calendario) = 120 Días calendarios

Días mes : 30 Días calendarios

Domingos: 5 Días calendarios

Factor de conversión días calendario a Útiles mes

FC: 1.20

Plazo contractual (en días útiles) = 100 Días útiles

Festivos: 2 Días calendario

Lluvia: 8 Días calendario

Plazo contractual (en días útiles) = 90 Días útiles

Determinación del buffer del sistema

20% OK

Plazo para programar 0.80x = 72 Días calendario

Los datos alcanzados se encuentran en el Anexo 06: Formato N°04 e puede

3.2.2. Definición de las actividades.

Cada actividad tiene un código según el paquete de trabajo en el EDT del proyecto, para nuestra tesis definimos como ítem, incluyó su unidad de medida (u), rendimiento unitario y su Índice previsto por los últimos planificadores. Para esto usamos la tabla 05: Actividades, rendimientos e índice por los Últimos Planificadores, y que se desarrolla a continuación:

Tabla 6

Definición de actividades, rendimientos e índice por los últimos planificadores.

Ítem	grupo	Descripción	und	rendimiento	índice
------	-------	-------------	-----	-------------	--------

1	Acero	Acero de zapatas	kg	300.00	0.03
2	Acero	Acero vigas de cimentación	kg	300.00	0.03
3	Acero	Acero sobrecimiento armado	kg	300.00	0.05
4	Acero	Acero estructuras horizontales	kg	300.00	0.05
5	Acero	Acero estructuras verticales	kg	300.00	0.03
6	Encofrado	Encofrado y desencofrado zapata	m2	10.00	1.12
7	Encofrado	Encofrado y desencofrado cimientto corrido	m2	10.00	1.12
8	Encofrado	Encofrado y desencofrado vigas de cimentación	m2	8.00	1.40
9	Encofrado	Encofrado y desencofrado sobrecimiento armado	m2	16.00	0.70
10	Encofrado	Encofrado y desencofrado estructuras verticales	m2	10.00	1.40
11	Encofrado	Encofrado y desencofrado estructuras horizontales	m2	30.00	0.56
12	Encofrado	Colocación viguetas prefabricadas	kg	300.00	0.05
13	Concreto	Concreto de zapatas	m3	50.00	1.60
14	Concreto	Concreto vigas de cimentación	m3	25.00	3.20
15	Concreto	Concreto cimientto corrido	m3	50.00	1.60
16	Concreto	Concreto sobrecimiento armado	m3	30.00	2.67
17	Concreto	Concreto estructuras verticales	m3	16.00	3.50
18	Concreto	Concreto estructuras horizontales	m3	25.00	2.56
19	Concreto	Concreto falso piso	m2	100.00	1.12
20	Concreto	Concreto falsa cimentación	m3	20.00	3.20
21	IISS	Iiss	Dia	1.00	1.00
22	IIEE	Iiee	Dia	1.00	1.00
23	Acabados	Asentado de muros de ladrillo	Dia	15.00	1.50

Fuente: Elaboración propia.

Nota: estructuras verticales (placas y columnas), estructuras horizontales (vigas y losas aligeradas), para el encofrado se tomara el 70% del índice de MO y se tomó el 30% para desencofrado. Las IIEE e IISS se planificó el uso personal constante que acompañar a todas las actividades.

3.2.3. Secuencia de actividades

Se estableció el listado de la secuencia de actividades de la fase de estructuras, objeto de estudio, y para cada paquete de trabajo contenía actividades de trabajo para poder obtener

la dependencia y la relación de la secuencia lógica de todo el proyecto de tesis. Basado en la secuencia, índice y rendimiento de cada actividad, propuesta por los últimos planificadores, se identificó la actividad más restrictiva. Para edificaciones convencionales se suele trabajar con una cuadrilla de concreto para estructuras horizontales, generalmente para edificaciones este suele ser el cuello de botella de las fases, según lo indicado por los últimos planificadores basados en su experiencia, se identifica por el cuello de botella que provoca al pasar de la fase de estructuras hacia la fase de arquitectura, IIEE e IISS. Además, es una partida que se debe ejecutar en un solo día y con una única cuadrilla básica. Las actividades se subordinaran a la actividad más crítica (ítem 41). Se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7

Secuencia de procedimiento constructivo por los últimos planificadores.

Ítem	Secuencia de actividades	Und	Metrado	Rendimiento unitario	Índice
ESTRUCTURAS					
1	Excavación de Cimentaciones (zapata-cimientos corridos)	m3	499.47	80.00	0.20
2	Instalaciones Sanitarias, excavaciones , acometidas, tuberías , pases	glb	-	-	-
3	Instalaciones Eléctricas, excavaciones , acometidas, tuberías , pases	glb	-	-	-
4	Acarreo interno	m3	499.47	8.00	1.00
5	Eliminación de material excedente(Maq-Manual)	m3	209.54	300.00	0.11
6	Perfilado de Cimentaciones	m2	138.24	80.00	0.10
7	Liberación de Excavación Densidad	glb			
8	Solado de cimentaciones	m2	253.59	110.00	0.51
9	Pre-armado de Columna	kg	7,157.63	300.00	0.04
10	Pre-armado de Columnetas	kg	260.21	250.00	0.04
11	Armado de parrilla inferior zapata	kg	6,868.44	300.00	0.02
12	Izaje de Columna pre-armadas	kg	7,157.63	300.00	0.01
13	Nivelación de acero y colocación de vientos	kg	7,157.63	300.00	0.00
14	Acero Vigas de Cimentación	kg	2,657.74	300.00	0.03
15	Acero de Sobrecimiento Armado (1° fase)	kg	1,557.53	300.00	0.03

16	Armado de parrilla superior zapata	kg	6,868.44	300.00	0.01
17	Instalaciones Sanitarias verticales	glb	-	-	-
18	Instalaciones Eléctricas, verticales	glb	-	-	-
19	Encofrado Zapata	m2	138.24	10.00	0.90
20	Encofrado Cimiento Corrido	m2	216.00	10.00	0.78
21	Encofrado Vigas de Cimentación (en caso se requiera)	m2		50.00	1.60
22	Concreto Zapata	m3	98.42	25.00	3.20
23	Concreto Vigas de Cimentación	m3		50.00	1.60
24	Concreto Cimiento Corrido	m3	69.21	8.00	0.60
25	Desencofrado Zapatas + Curado	m2	138.24	10.00	0.22
26	Desencofrado Cimiento Corrido + Curado	m2	216.00	300.00	0.34
27	Acero de Sobrecimiento Armado (2° fase)	kg	1,557.53	16.00	0.02
28	Encofrado Sobrecimiento Armado	m2	389.49	16.00	0.56
29	Concreto Sobrecimiento Armado	m3	28.68	16.00	0.30
30	Desencofrado Sobrecimiento + Curado	m2	389.49	16.00	0.14
31	Nivelación de acero y colocación de vientos	m2	7,157.63	10.00	0.00
32	Encofrado Columna	m2	395.74	10.00	0.84
33	Concreto Columna	m3	34.77	10.00	0.60
34	Desencofrado Columna + Curado	m2	395.74	80.00	0.56
35	Relleno y Compactación de Cimentación	m3	331.84	30.00	0.56
36	Encofrado de Estructuras Horizontales (1° Nivel)	m2	641.95	30.00	0.45
37	Ladrillo para techo	und	2,933.00	1,600.00	0.04
38	Acero de Estructuras Horizontales (1° Nivel)	kg	8,266.82	300.00	0.05
39	Instalaciones Sanitarias horizontales	glb	-	-	-
40	Instalaciones Eléctricas Horizontales	glb	-	-	-
41	Concreto Estructuras Horizontales	m3	71.82	25.00	2.56
42	Curado de estructuras horizontales	m2	641.95	300.00	0.01
43	Desencofrado de Estructuras Horizontales (1° Nivel)	m2	641.95	30.00	0.45

Fuente: Elaboración propia.

Nota: del análisis de secuencia (proceso) para este proyecto la actividad más crítica es la ítem 41, para edificaciones convencionales se suele trabajar con una cuadrilla de concreto para estructuras horizontales, generalmente para edificaciones este suele ser el cuello de botella de las fases, según lo indicado por los últimos planificadores basados en su experiencia, se identifica por el cuello de botella que provoca al pasar de la fase de estructuras hacia arquitectura, IIEE e IISS. Además, es una partida que se debe ejecutar en un solo día y con una única cuadrilla básica. Las actividades predecesoras y sucesoras se subordinaran a la actividad más crítica (ítem 41).

3.2.4. Estimación de la duración de las actividades.

En esta fase del proyecto como indica la metodología de la cadena crítica, determinaremos la actividad más restrictiva por medio de la estimación de la duración de las actividades. Para estimar la duración se realizó la sectorización del proyecto, ya establecido la actividad restrictiva del proceso (ítem 41 de la tabla 7), concreto de estructuras horizontales 25m³/día y que para la cuadrilla básica típica es de 2.56 hh/m³, para edificaciones, los últimos planificadores usualmente trabajan con una cuadrilla de concreto para estructuras horizontales, según lo indicado por el ingeniero especialista. En las siguientes Tablas se tendrían los cálculos de los sectores propuestos. (Formato N°07)

Tabla 8

Resultados de la sectorización de los módulos 01, 02, 03, 04 y 05.

Bloque	Concreto (m ³)	Rendimiento (m ³ /día)	Numero de cuadrilla	Sectores
Módulo 1	24.6	25.0	0.5	2.0
Módulo 2	14.6	25.0	0.6	1.0
Módulo 3 y 5	15.0	25.0	0.6	1.0
Módulo 4	13.6	25.0	0.5	1.0

Fuente: Elaboración propia.

Nota: de la sectorización se obtiene que el número de cuadrilla ideal para este tipo de edificación es de trabajar con media cuadrilla de concreto para realizar los metrados de la actividad en un solo día.

Según la sectorización realizada se obtiene 5 sectores que por cada actividad tendría una duración de 5 días en promedio trabajando 0.5 cuadrillas día.

A continuación se muestra el procesamiento de datos y su tabulación para el desarrollo de la sectorización del proyecto.

Tabla 9

Resultados de la sectorización del módulo 01.

Sectores	Concreto (m3)	Medición por sector (m3)	Rendimiento Prom.(m3/día)	Número de cuadrilla
1	24.6	24.6	25.0	1.0
2	24.6	12.3	25.0	0.5
3	24.6	8.2	25.0	0.3
4	24.6	6.2	25.0	0.2

Fuente: Elaboración propia.

Nota: de la sectorización se obtiene que el número de cuadrilla ideal para este tipo de edificación, y que se adecue a los otros módulos, es de trabajar con media cuadrilla de concreto para realizar los metrados de la actividad en un solo día.

Tabla 10

Resultados de la sectorización del módulo 02.

Sectores	Concreto (m3)	Medición por sector (m3)	Rendimiento Prom. (m3/día)	Número de cuadrilla
1	14.6	14.6	25.0	0.6
2	14.6	7.3	25.0	0.3
3	14.6	4.9	25.0	0.2
4	14.6	3.6	25.0	0.1

Fuente: Elaboración propia.

Nota: de la sectorización se obtiene que el número de cuadrilla ideal para este tipo de edificación, y que se adecue a los otros módulos, es de trabajar con media cuadrilla de concreto para realizar los metrados de la actividad en un solo día.

Tabla 11

Resultados de la sectorización del módulo 03 y 05.

Sectores	Concreto (m3)	Medición por sector (m3)	Rendimiento Prom. (m3/día)	Número de cuadrilla
1	15.0	15.0	25.0	0.6
2	15.0	7.5	25.0	0.3
3	15.0	5.0	12.5	0.4
4	15.0	3.7	12.5	0.3

Fuente: Elaboración propia.

Nota: por tener metrados pequeños se decidió realizar un análisis de los módulos 03 y 05 en conjunto, de la sectorización se obtiene que el número de cuadrilla ideal para este tipo de edificación, y que se adecue a los

otros módulos, es de trabajar con media cuadrilla de concreto para realizar los metrados de la actividad en un solo día.

Tabla 12

Resultados de la sectorización del módulo 04.

Sectores	Concreto (m3)	Medición por sector (m3)	Rendimiento Prom. (m3/día)	Número de cuadrilla
1	13.6	13.6	25.0	0.5
2	13.6	6.8	25.0	0.3
3	13.6	4.5	25.0	0.2
4	13.6	3.4	25.0	0.1

Fuente: Elaboración propia.

Nota: de la sectorización se obtiene que el número de cuadrilla ideal para este tipo de edificación, y que se adecue a los otros módulos, es de trabajar con media cuadrilla de concreto para realizar los metrados de la actividad en un solo día.

Además mostramos la estrategia de ataque y los sectores a intervenir en la fase de estructuras del proyectos de infraestructura educativa.



Figura 06: Plan estratégico de ataque producto de la sectorización.

Fuente: Elaboración propia.

Producto de la sectorización realizada en base a la los rendimiento de la cuadrilla de concreto de las estructuras horizontales y sus metrados por módulo. Se desarrollo la secuencia de trabajo para la planificación estratégica del proyecto.

Esta propuesta fue aprobada por la contratista el cual los últimos planificadores estaban de acuerdo en la secuencia y la sectorización.



Figura 07: Diagrama de sectorización de la infraestructura educativa.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.5. Estimación de los recursos de las actividades.

En esta fase subordinaremos todas las Para la estimación de los recursos de las actividades se subordinaron y se calcularon los recursos mano de obra para los diferentes

sectores y actividades según lo requerido por el ítem 41, todos los recursos se subordinaron para abastecer a la cuadrilla crítica que genera el cuello de botella.

Tabla 13

Estimación del recurso M.O. de las actividades subordinadas.

Ítem	Secuencia de actividades	Und	Metrado	Sectores	Metrado sector	Rendimiento unitario	N° cuadrilla subordinadas	Índice	hh	M.O.
ESTRUCTURAS										
1	Excavación de Cimentaciones (zapata-cimientos corridos)	m3	499.47	5.00	99.89	80.00	1.25	0.20	19.98	2.50
2	Instalaciones Sanitarias, excavaciones , acometidas, tuberías , pases	glb	-	5.00	-	-	-	-	-	-
3	Instalaciones Eléctricas, excavaciones , acometidas, tuberías , pases	glb	-	5.00	-	-	-	-	-	-
4	Acarreo interno	m3	499.47	5.00	99.89	8.00	12.49	1.00	99.89	12.49
5	Eliminacion de material excedente(Maq-Manual)	m3	209.54	5.00	41.91	300.00	0.14	0.11	4.47	0.56
6	Perfilado de Cimentaciones	m2	138.24	5.00	27.65	80.00	0.35	0.10	2.76	0.35
7	Liberacion de Excavacion Densidad	glb	-	5.00	-	-	-	-	-	-
8	Solado de cimentaciones	m2	253.59	5.00	50.72	110.00	0.46	0.51	25.82	3.23
9	Pre-armado de Columna	kg	7,157.63	5.00	1,431.53	300.00	4.77	0.04	53.44	6.68
10	Pre-armado de Columnetas	kg	260.21	5.00	52.04	250.00	0.21	0.04	1.94	0.24
11	Armado de parrilla inferior zapata	kg	6,868.44	5.00	1,373.69	300.00	4.58	0.02	21.98	2.75
12	Izaje de Columna pre-armadas	kg	7,157.63	5.00	1,431.53	300.00	4.77	0.01	15.27	1.91
13	Nivelación de acero y colocación de vientos	kg	7,157.63	5.00	1,431.53	300.00	4.77	0.00	3.82	0.48
14	Acero Vigas de Cimentacion	kg	2,657.74	5.00	531.55	300.00	1.77	0.03	17.01	2.13
15	Acero de Sobrecimiento Armado (1° fase)	kg	1,557.53	5.00	311.51	300.00	1.04	0.03	9.97	1.25
16	Armado de parrilla superior zapata	kg	6,868.44	5.00	1,373.69	300.00	4.58	0.01	14.65	1.83
17	Instalaciones Sanitarias verticales	glb	-	5.00	-	-	-	-	-	-
18	Instalaciones Electricas, verticales	glb	-	5.00	-	-	-	-	-	-
19	Encofrado Zapata	m2	138.24	5.00	27.65	10.00	2.76	0.90	24.77	3.10
20	Encofrado Cimiento Corrido	m2	216.00	5.00	43.20	10.00	4.32	0.78	33.87	4.23
21	Encofrado Vigas de Cimentacion (en caso se requiera)	m2	-	5.00	-	50.00	-	1.60	-	-
22	Concreto Zapata	m3	98.42	5.00	19.68	25.00	0.79	3.20	62.99	7.87
23	Concreto Vigas de Cimentacion	m3	-	5.00	-	50.00	-	1.60	-	-
24	Concreto Cimiento Corrido	m3	69.21	5.00	13.84	8.00	1.73	0.60	8.30	1.04
25	Desencofrado Zapatas + Curado	m2	138.24	5.00	-	10.00	-	0.22	-	-

26	Desencofrado Cimiento Corrido + Curado	m2	216.00	5.00	43.20	300.00	0.14	0.34	14.52	1.81
27	Acero de Sobrecimiento Armado (2° fase)	kg	1,557.53	5.00	311.51	16.00	19.47	0.02	6.65	0.83
28	Encofrado Sobrecimiento Armado	m2	389.49	5.00	77.90	16.00	4.87	0.56	43.62	5.45
29	Concreto Sobrecimiento Armado	m3	28.68	5.00	5.74	16.00	0.36	0.30	1.72	0.22
30	Desencofrado Sobrecimiento + Curado	m2	389.49	5.00	77.90	16.00	4.87	0.14	10.91	1.36
31	Nivelación de acero y colocación de vientos	m2	7,157.63	5.00	1,431.53	10.00	143.15	0.00	3.82	0.48
32	Encofrado Columna	m2	395.74	5.00	79.15	10.00	7.91	0.84	66.48	8.31
33	Concreto Columna	m3	34.77	5.00	6.95	10.00	0.70	0.60	4.17	0.52
34	Desencofrado Columna + Curado	m2	395.74	5.00	79.15	80.00	0.99	0.56	44.32	5.54
35	Relleno y Compactación de Cimentación	m3	331.84	5.00	66.37	30.00	2.21	0.56	37.17	4.65
36	Encofrado de Estructuras Horizontales (1° Nivel)	m2	641.95	5.00	128.39	30.00	4.28	0.45	57.52	7.19
37	Ladrillo para techo	und	2,933.00	5.00	586.60	1,600.00	0.37	0.04	23.46	2.93
38	Acero de Estructuras Horizontales (1° Nivel)	kg	8,266.82	5.00	1,653.36	300.00	5.51	0.05	88.18	11.02
39	Instalaciones Sanitarias horizontales	glb	-	5.00	-	-	-	-	-	-
40	Instalaciones Electricas Horizontales	glb	-	5.00	-	-	-	-	-	-
41	Concreto Estructuras Horizontales	m3	71.82	5.00	14.36	25.00	0.57	2.56	36.77	4.60
42	Curado de estructuras horizontales	m2	641.95	5.00	128.39	300.00	0.43	0.01	1.37	0.17
43	Desencofrado de Estructuras Horizontales (1° Nivel)	m2	641.95	5.00	128.39	30.00	4.28	0.45	57.52	7.19

Fuente: Elaboración propia.

Nota: se obtiene las cantidades del recurso mano de obras, subordinando las actividades a la de partida crítica, todas las actividades abasteciendo a la actividad restrictiva.

Para mayor entender la subordinación de los recursos, se realizó por medio de una estadística descriptiva de los datos alcanzados por los últimos planificadores, los resultados de la subordinación a la actividad más restrictiva (ítem 41 de la tabla 7) se muestran a continuación:

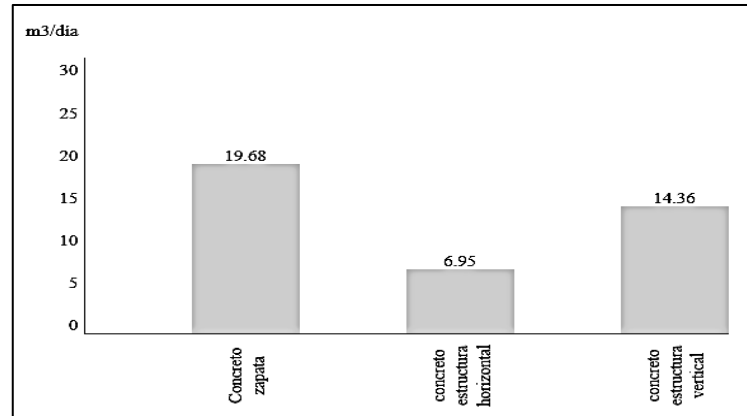


Figura 08: Diagrama de subordinación.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: la subordinación se realiza para cada sector el recurso el cual se requiere subordinar. Para subordinar las actividades de acero y encofrado del proceso de ejecución se logra con su unidad y para abastecer a los 14.36 m³/día y así alcanzar lo necesario de producción diaria y evitar sobre stock, interferencias entre actividades.

3.3 Aplicar el método de la cadena crítica.

En base a los siguientes documentos:

- Identificación y Secuenciamiento de Actividades.
- Estimación de Recursos y Duraciones.
- Estrategia de Ataque del Proyecto

Se obtiene toda la información necesaria para desarrollar el cronograma del proyecto con la metodología de la cadena crítica.

3.3.1. Desarrollo de la planificación.

Según Goldratt, E. (2001) la metodología de la cadena crítica en su fase elevar la restricción, se empleó la programación a ritmo constante o llamado tren de actividades. Para esta etapa del proyecto de tesis una vez definido el planeamiento estratégico con su listado de actividades, secuencia de trabajo, sectorización de la estrategia de planificación y ataque y el dimensionamiento de los recursos, se elaboró una programación a ritmo constante o tren

de actividades, donde se explotó a un mayor nivel de detalle, para que permita un flujo constante de las cuadrillas, mejorar el cumplimiento de los hitos y eliminar las holguras y desfases. Se busco que una cuadrilla específica pueda realizar todos los días la misma actividad, cambiando únicamente de lugar de trabajo (sectorización). Para lograr el desarrollo del cronograma y elevar la restricción, según lo indicado por Goldratt, E. (2001) provocada por el ítem 41 que es la actividad más restrictiva o cuello de botella, se desarrolló el siguiente tren de actividades, que es un desarrollo heurístico de optimización del cronograma, obtenemos el desarrollo para la fase de estructuras y los principales componentes de la metodología de cadena crítica. Se muestra en la figura 09.

En la figura 10 se muestra el desarrollo de la cadena crítica del tren de actividades para la fase de estructuras del proyecto, en esta figura se visualiza los principales componentes del tren de actividades como es el listar las actividades, secuenciar las actividades, dimensionar las actividades y la sectorización del planeamiento estratégico establecido. Todo ello en base a la identificación del cuello de botella y todo el sistema crítico se subordina a él.

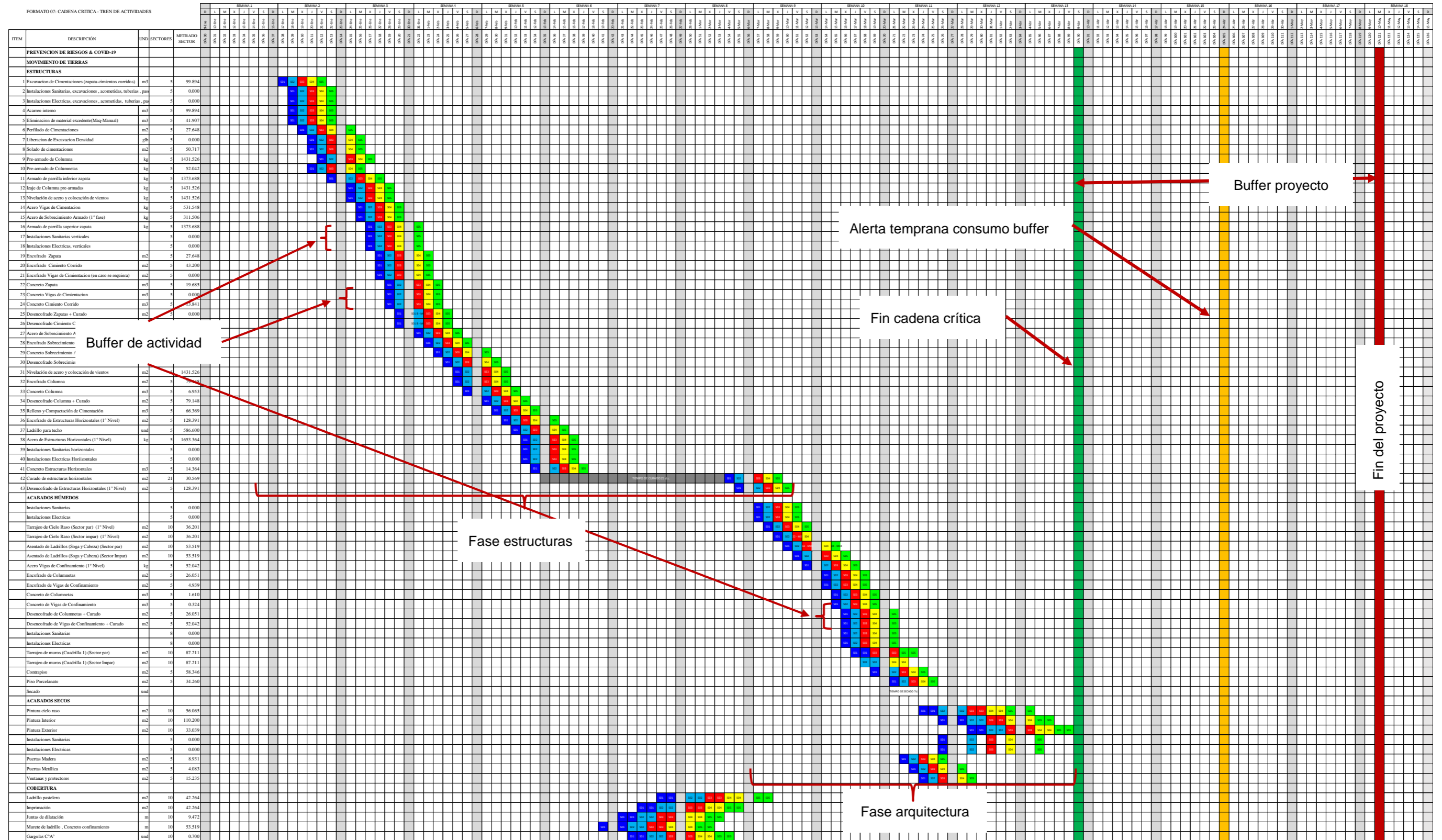


Figura 09: Cadena crítica - Tren de actividades.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: se muestra los buffer o amortiguadores de actividades y buffer del proyecto, además de las alertas tempranas si se consumieran los tiempos de amortiguación inicial. Anexo 02

Los siguientes diagramas se evidencia en mayor detalle el desarrollo del cronograma aplicando la metodología de cadena critica donde se eleva la restricción para este proyecto , a continuación el desarrollo del cadena crítica de tren de actividades para la fase de estructuras por cada dos (02) semana:

FORMATO 07: CADENA CRITICA - TREN DE ACTIVIDADES					###	SEMANA 2							SEMANA 3						
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	SECTORES	METRADO SECTOR	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D
					D/A 07	D/A 08	D/A 09	D/A 10	D/A 11	D/A 12	D/A 13	D/A 14	D/A 15	D/A 16	D/A 17	D/A 18	D/A 19	D/A 20	D/A 21
ESTRUCTURAS																			
1	Excavacion de Cimentaciones (zapata-cimientos corridos)	m3	5	99.894		S01	S02	S03	S04	S05									
2	Instalaciones Sanitarias, excavaciones , acometidas, tuberias , pase		5	0.000			S01	S02	S03	S04	S05								
3	Instalaciones Electricas, excavaciones , acometidas, tuberias , pas		5	0.000			S01	S02	S03	S04	S05								
4	Acarreo interno	m3	5	99.894			S01	S02	S03	S04	S05								
5	Eliminacion de material excedente(Maq-Manual)	m3	5	41.907			S01	S02	S03	S04	S05								
6	Perfilado de Cimentaciones	m2	5	27.648				S01	S02	S03	S04	S05							
7	Liberacion de Excavacion Densidad	gib	5	0.000				S01	S02	S03		S04	S05						
8	Solado de cimentaciones	m2	5	50.717				S01	S02	S03		S04	S05						
9	Pre-armado de Columna	kg	5	1431.526					S01	S02		S03	S04	S05					
10	Pre-armado de Columnetas	kg	5	52.042				S01	S02	S03		S04	S05						
11	Armado de parrilla inferior zapata	kg	5	1373.688						S01		S02	S03	S04	S05				
12	Izaje de Columna pre-armadas	kg	5	1431.526								S01	S02	S03	S04	S05			
13	Nivelación de acero y colocación de vientos	kg	5	1431.526								S01	S02	S03	S04	S05			
14	Acero Vigas de Cimentacion	kg	5	531.548									S01	S02	S03	S04	S05		
15	Acero de Sobrecimiento Armado (1° fase)	kg	5	311.506									S01	S02	S03	S04	S05		
16	Armado de parrilla superior zapata	kg	5	1373.688										S01	S02	S03	S04		
17	Instalaciones Sanitarias verticales		5	0.000										S01	S02	S03	S04		
18	Instalaciones Electricas, verticales		5	0.000										S01	S02	S03	S04		
19	Encofrado Zapata	m2	5	27.648											S01	S02	S03		
20	Encofrado Cimiento Corrido	m2	5	43.200												S01	S02	S03	
21	Encofrado Vigas de Cimentacion (en caso se requiera)	m2	5	0.000												S01	S02	S03	
22	Concreto Zapata	m3	5	19.685													S01	S02	
23	Concreto Vigas de Cimentacion	m3	5	0.000													S01	S02	
24	Concreto Cimiento Corrido	m3	5	13.841													S01	S02	
25	Desencofrado Zapatas + Curado	m2	5	0.000														S01	S02
26	Desencofrado Cimiento Corrido + Curado	m2	5	43.200														S01	S02
27	Acero de Sobrecimiento Armado (2° fase)	kg	5	311.506															

Figura 11: Diagrama de tren de actividades 02 a 03 semanas.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Tren de actividades para las dos (02) primeras semanas de la fase estructuras según secuencia de actividades, listado de actividades, sectorización y dimensionamiento de las actividades subordinadas a la actividad más restrictiva que ocasionaría cuello de botella.

FORMATO 07: CADENA CRITICA - TREN DE ACTIVIDADES					SEMANA 4							SEMANA 5						
					L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	SECTORES	METRADO SECTOR	DÍA 22	DÍA 23	DÍA 24	DÍA 25	DÍA 26	DÍA 27	DÍA 28	DÍA 29	DÍA 30	DÍA 31	DÍA 32	DÍA 33	DÍA 34	DÍA 35
	ESTRUCTURAS																	
15	Acero de Sobrecimiento Armado (1° fase)	kg	5	311.506														
16	Armado de parrilla superior zapata	kg	5	1373.688	S05													
17	Instalaciones Sanitarias verticales		5	0.000	S05													
18	Instalaciones Electricas, verticales		5	0.000	S05													
19	Encofrado Zapata	m2	5	27.648	S04	S05												
20	Encofrado Cimiento Corrido	m2	5	43.200	S04	S05												
21	Encofrado Vigas de Cimentacion (en caso se requiera)	m2	5	0.000	S04	S05												
22	Concreto Zapata	m3	5	19.685	S03	S04	S05											
23	Concreto Vigas de Cimentacion	m3	5	0.000	S03	S04	S05											
24	Concreto Cimiento Corrido	m3	5	13.841	S03	S04	S05											
25	Desencofrado Zapatas + Curado	m2	5	0.000	S01	S02	S03	S04	S05									
26	Desencofrado Cimiento Corrido + Curado	m2	5	43.200	S01	S02	S03	S04	S05									
27	Acero de Sobrecimiento Armado (2° fase)	kg	5	311.506	S01	S02	S03	S04	S05									
28	Encofrado Sobrecimiento Armado	m2	5	77.899	S01	S02	S03	S04	S05									
29	Concreto Sobrecimiento Armado	m3	5	5.736		S01	S02	S03	S04	S05								
30	Desencofrado Sobrecimiento + Curado	m2	5	77.899			S01	S02	S03	S04	S05							
31	Nivelación de acero y colocación de vientos	m2	5	1431.526				S01	S02	S03	S04	S05						
32	Encofrado Columna	m2	5	79.148				S01	S02	S03	S04	S05						
33	Concreto Columna	m3	5	6.953					S01	S02	S03	S04	S05					
34	Desencofrado Columna + Curado	m2	5	79.148						S01	S02	S03	S04	S05				
35	Relleno y Compactación de Cimentación	m3	5	66.369							S01	S02	S03	S04	S05			
36	Encofrado de Estructuras Horizontales (1° Nivel)	m2	5	128.391								S01	S02	S03	S04	S05		
37	Ladrillo para techo	und	5	586.600									S01	S02	S03			
38	Acero de Estructuras Horizontales (1° Nivel)	kg	5	1653.364											S01	S02		
39	Instalaciones Sanitarias horizontales		5	0.000											S01	S02		
40	Instalaciones Electricas Horiizontales		5	0.000											S01	S02		
41	Concreto Estructuras Horizontales	m3	5	14.364												S01		
42	Curado de estructuras horizontales	m2	21	30.569														
43	Desencofrado de Estructuras Horizontales (1° Nivel)	m2	5	128.391														

Figura 12: Diagrama de tren de actividades 04 a 05 semanas.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Tren de actividades de la fase estructuras según secuencia de actividades, listado de actividades, sectorización y dimensionamiento de las actividades subordinadas a la actividad más restrictiva que ocasionaría cuello de botella.

FORMATO 07: CADENA CRITICA - TREN DE ACTIVIDADES					SEMANA 6								SEMANA 7							
					L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D		
					14-Feb	15-Feb	16-Feb	17-Feb	18-Feb	19-Feb	20-Feb	21-Feb	22-Feb	23-Feb	24-Feb	25-Feb	26-Feb	27-Feb		
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	SECTORES	METRADO SECTOR	DÍA 36	DÍA 37	DÍA 38	DÍA 39	DÍA 40	DÍA 41	DÍA 42	DÍA 43	DÍA 44	DÍA 45	DÍA 46	DÍA 47	DÍA 48	DÍA 49		
	ESTRUCTURAS																			
35	Relleno y Compactación de Cimentación	m3	5	66.369																
36	Encofrado de Estructuras Horizontales (1° Nivel)	m2	5	128.391	S05															
37	Ladrillo para techo	und	5	586.600	S04	S05														
38	Acero de Estructuras Horizontales (1° Nivel)	kg	5	1653.364	S03	S04	S05													
39	Instalaciones Sanitarias horizontales		5	0.000	S03	S04	S05													
40	Instalaciones Electricas Horiizontales		5	0.000	S03	S04	S05													
41	Concreto Estructuras Horizontales	m3	5	14.364	S02	S03	S04	S05												
42	Curado de estructuras horizontales	m2	21	30.569																
43	Desencofrado de Estructuras Horizontales (1° Nivel)	m2	5	128.391																

Figura 13: Diagrama de tren de actividades 06 a 07 semanas.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Tren de actividades para la que a partir de la semana 06 inicia el curado de elementos horizontales, la duración fue determinada por los últimos planificadores y esta no podía ser desencofrada antes de los 21 días, siendo una restricción por política constructiva y calidad.

FORMATO 07: CADENA CRITICA - TREN DE ACTIVIDADES					SEMANA 8								SEMANA 9							
					L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D		
					28-Feb	1-Mar	2-Mar	3-Mar	4-Mar	5-Mar	6-Mar	7-Mar	8-Mar	9-Mar	10-Mar	11-Mar	12-Mar	13-Mar		
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	SECTORES	METRADO SECTOR	DÍA 50	DÍA 51	DÍA 52	DÍA 53	DÍA 54	DÍA 55	DÍA 56	DÍA 57	DÍA 58	DÍA 59	DÍA 60	DÍA 61	DÍA 62	DÍA 63		
	ESTRUCTURAS																			
35	Relleno y Compactación de Cimentación	m3	5	66.369																
36	Encofrado de Estructuras Horizontales (1° Nivel)	m2	5	128.391																
37	Ladrillo para techo	und	5	586.600																
38	Acero de Estructuras Horizontales (1° Nivel)	kg	5	1653.364																
39	Instalaciones Sanitarias horizontales		5	0.000																
40	Instalaciones Electricas Horiizontales		5	0.000																
41	Concreto Estructuras Horizontales	m3	5	14.364																
42	Curado de estructuras horizontales	m2	21	30.569				S01	S02		S03	S04	S05							
43	Desencofrado de Estructuras Horizontales (1° Nivel)	m2	5	128.391					S01		S02	S03	S04	S05						

Figura 14: Diagrama de tren de actividades 08 a 09 semanas.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Tren de actividades de la fase estructuras según secuencia de actividades, listado de actividades, sectorización y dimensionamiento de las actividades subordinadas. En la semana 09, los últimos días, inicia

la actividad de desencofrado para permitir dar pase a la fase de Arquitectura (acabados húmedos, secos y otros)

- Estructura Desglose de Trabajo (EDT), se ejecuta el desarrollo de la secuencia de trabajo para la fase de estructuras siguiente:

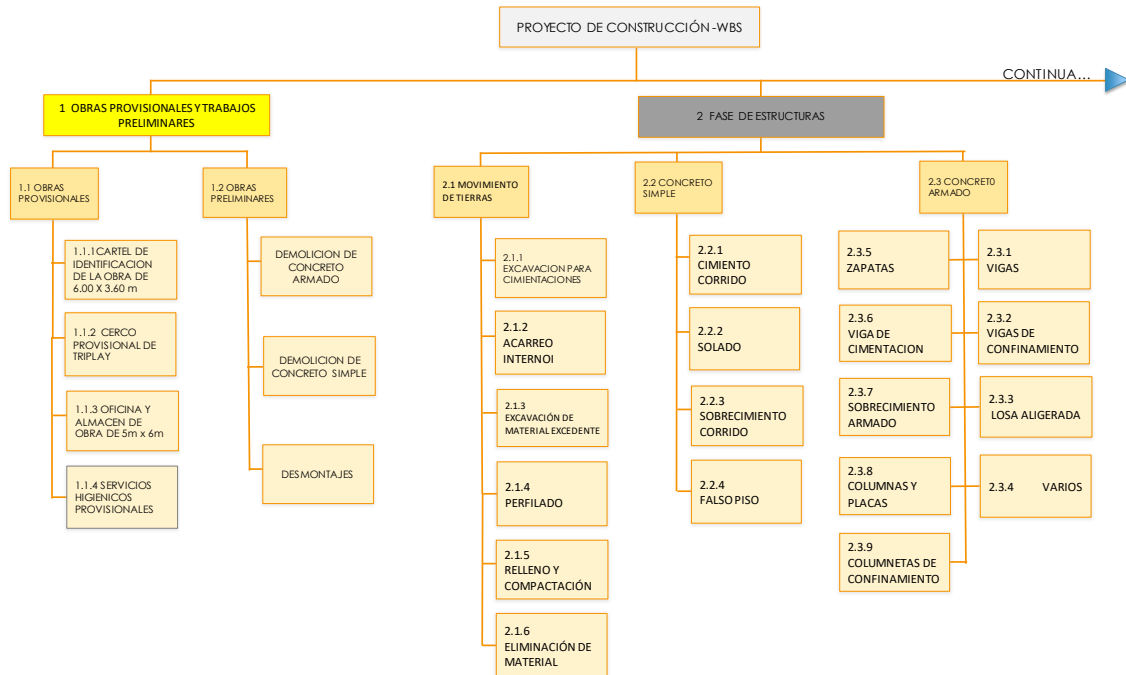


Figura 15: Estructura de desglose de trabajo fase estructuras..

Fuente: Elaboración propia.

Nota: EDT del proyecto tentativo.

- Estructura Desglose Organizacional requerida (EDO), para poder dar un seguimiento y control de la planificación por el método de la cadena crítica, para la infraestructura educativa, se requiere el siguiente EDO:

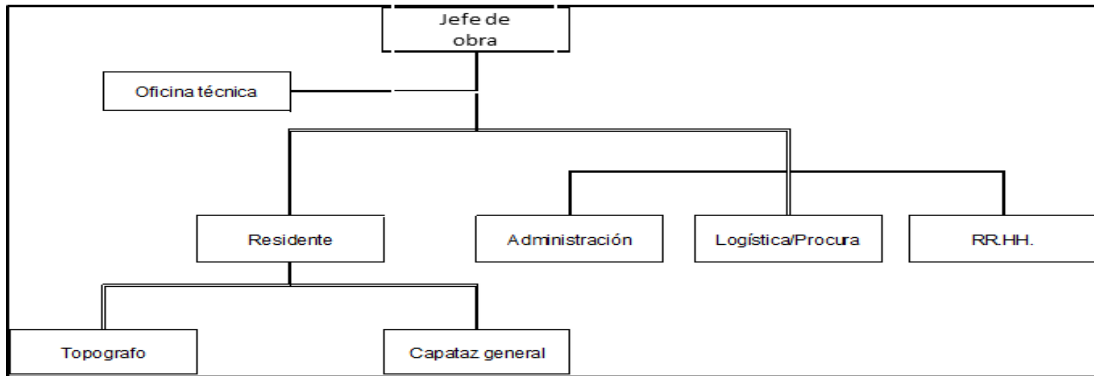


Figura 16: Estructura de desglose organizacional requerida para la ejecución de la obra tentativo.

Fuente: Elaboración propia.

- Cronograma de Recursos, del tren de actividades obtenemos los siguientes cronograma de recursos principales como son , cantidad de m3 de concreto diario, cantidad de kg de acero diario, cantidad de m2 de encofrado y mano de obra expresada en hh. para poder ejecutar con eficiencia el proyecto de infraestructura educativa.

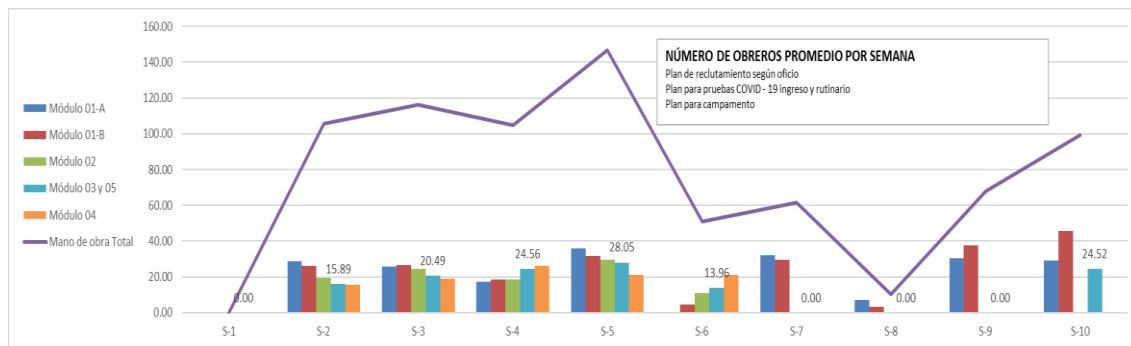


Figura 17: Histograma de recurso mano de obra semana 01 a 10.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: El tren de actividades evidencia un desfase entre la semana del 06 al 08 por el tiempo de curado de los elementos horizontales, se nota un buen performans en las primeras semanas y dela semana 9 al 10.

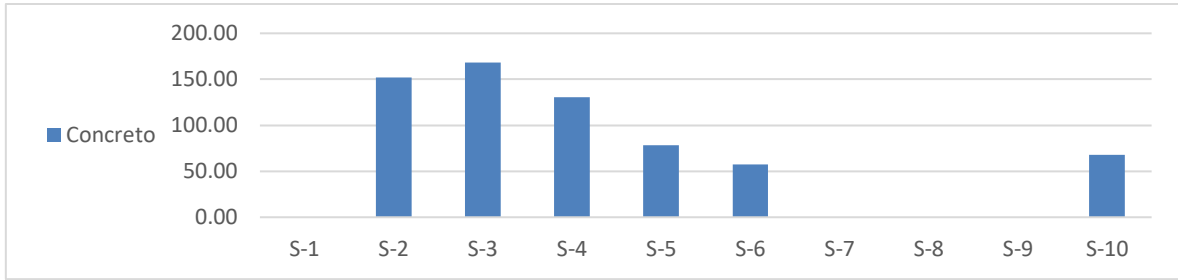


Figura 18: Cronograma de recurso concreto semana 01 a 10.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: El Tren de actividades evidencia un cronograma de abastecimiento de concreto requerido en m3.

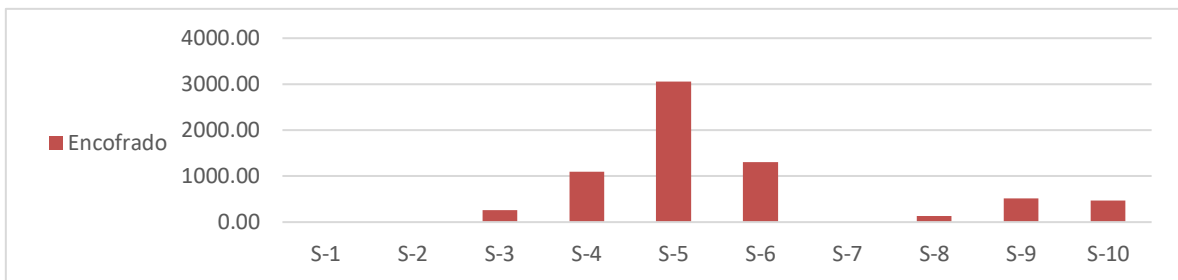


Figura 19: Cronograma de recurso encofrado semana 01 a 10.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: El tren de actividades evidencia un cronograma de abastecimiento de encofrado requerido en m2.

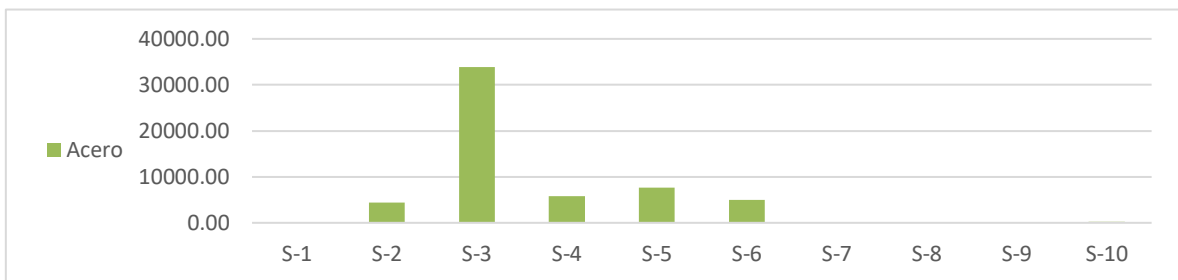


Figura 20: Cronograma de recurso acero semana 01 a 10.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: El Tren de actividades evidencia un cronograma de abastecimiento de acero requerido en kg.

3.3.2. Controlar el cronograma

Para poder detectar una nueva restricción, en la etapa de ejecución del proyecto, se desarrolló un diagrama de barras para el seguimiento periódico de los buffer del proyecto, manteniéndolo controlado, además nos permite visualizar los recursos necesarios y sus fechas previstas de ingreso a obra entre otras bondades adicionales que permiten un control periódico de avance de la planificación, lo que genera una mejora de los índices de ejecución así como los indicadores de Productividad. La metodología a usar para el seguimiento se muestra en el Anexo 01: Plan de gestión del cronograma, en la sección de monitoreo.

3.4 Propuestas de recomendaciones con el método de la cadena crítica en la gestión de la planificación.

Una vez desarrollado la aplicación del método de la cadena crítica, para la planificación de una infraestructura educativa, y basándonos en los puntos propuestos por Goldratt, E. (2001) y desarrollados por Rodríguez W.;Valdes, D. (2005) en su White paper Aplicación de la teoría de restricciones en la planificación y la programación de proyectos en el Perú, además con el uso de la herramienta de tren de actividades y el diagrama de barras para el control, consideramos que de esta forma hemos sentado las bases para futuras puestas en marcha con una gestión eficiente de la planificación para su seguimiento y control de la planificación de obras similares.

Dado que el objetivo general de esta tesis no se centra en la ejecución de la planificación, no entraremos en los aspectos operacionales. Utilizando los datos obtenidos del diagnóstico de la situación actual y la aplicación del método de la cadena crítica en la planificación del proyecto de la fase de estructuras de la infraestructura educativa, se desarrolla los resultados obtenidos en tablas comparativas (tiempo-actividad) con el fin de facilitar la interpretación.

Cronograma del proyecto.

Tabla 14

Resultados de la aplicación del sistema de trabajo cronograma del proyecto con metodología cadena critica.

Descripción	Unidad	Cronograma		
		Contractual	Cadena crítica	Buffer
Proyecto teórico	día calendario	120	72	48
Aplicación sistema de trabajo	día calendario	120	89	31

Fuente: Elaboración propia.

Con base en el desarrollo del sistema de trabajo y comparando con el diagnóstico del expediente técnico, se logra obtener a priori, un buffer de proyecto de 40% que equivale a cuarenta y ocho (48) días calendario aproximadamente, con una duración de setenta y dos (72) días calendario para la ejecución del proyecto.

En la aplicación del sistema de trabajo para la planificación se ha consumido ochenta y nueve (89) días calendario, teniendo un buffer de 26% que equivale a treinta y un (31) días calendario.

Actividad restrictiva o cuello de botella.

Para este proyecto se identificaron 3 cuellos de botella, la primera en la fase de movimiento de tierra, la actividad de eliminación de demoliciones, la segunda en la fase de estructuras que es la actividad de losa aligerada y vigas, para realizar la planificación los últimos planificadores unieron en una sola actividad a la que se denominó estructuras horizontales que permitió desarrollar y subordinar las actividades a este cuello de botella, la tercera actividad restrictiva que se evidencia fue en la fase de arquitectura en la parte de acabados húmedos de la actividad tarrajeo de muros, esta es una actividad que por su naturaleza consume también tiempos de buffer del proyecto. Se muestra en el Anexo 2.

Buffer del proyecto.

Tabla 15

Resultados de la aplicación del sistema de trabajo cronograma de la fase de estructuras con metodología cadena critica.

Descripción	Unidad	Cronograma		
		Contractual	Cadena crítica	Buffer
Duración fase de estructuras	día calendario	89	60	29
Duración actividad 42 (curado)	día calendario	31	21	10

Teóricamente logramos un buffer de proyecto de 40%, el desarrollo natural del procedimiento de construcción, desarrollado por los últimos planificadores en el tren de actividades, consume la actividad 42 (curado de estructuras horizontales) tiempos de buffer del proyecto estimado.

Buffer de actividad.

En la figura 8, con el fin de poder tener una contingencia de tiempo para proteger el proyecto, los últimos planificadores adoptaron la actividad de II.EE e II.SS como eventos continuos para absorber las contingencias producto de la incertidumbre de la obra. Esta estrategia es para poder acompañar la obra y evitar pérdidas por demoliciones de productos terminados.

Recursos de las actividades.

Como se aprecia la figura 17 el histograma de mano de obra y de recursos materiales principales figura 18, figura 19 y figura 20 , la adopción del método de la cadena critica es muy agresivo tiene concentraciones tempranas de mano de obra y recursos, se requerirá un sistema económico de sostenimiento de las actividades.

Control de las actividades.

Para lograr la identificación de nuevos cuellos de botella se realizó un diagrama de red de barras, como se muestra en el Anexo 04, para su monitoreo y control que se usara en la etapa operativa, donde se destaca la visualización de las actividades, de los recursos, de los buffer del proyecto, de las reuniones para sostener lo planificado, entre otros.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

La aplicación de la metodología de la cadena crítica facilita la planificación del proyecto a través de los pasos establecidos para garantizar, por medio de buffer de proyecto (tiempo) y buffer de actividades, la entrega oportuna de la obra de infraestructura educativa.

Así mismo con la aplicación de la metodología de la cadena crítica se puede determinar los trabajos anticipados y simétricos (sectorización) subordinando todo el proceso de construcción a la cuadrilla crítica, que para este proyecto fue el de la cuadrilla de concreto de elementos horizontales (vigas, losas, escaleras). Además, el tren de actividad nos asegura la secuencia del procedimiento constructivo y su dimensionamiento, y el diagrama de barras propuesto es un recurso para el control visual de la ejecución.

La presente tesis, a diferencia de otros trabajos de planeamiento similares, propone el desarrollo de un sistema de trabajo en base a la metodología de la cadena crítica para asegurar la entrega oportuna de la planificación y un control visual del mismo y tener una gestión eficiente de la planificación.

Conforme lo indicado por Rodríguez, W. y Valdez, D. (2015) en su White paper “Application of the theory of constraints to project planning and programming in Peru”, nos permite resolver un gran problema en la construcción de obras, cual es en la determinación automática del número de cuadrillas, para la presente tesis aplicamos un sistema de trabajo para la planificación en el marco de las mejores prácticas del PMBOK 6th edition y el uso de la metodología de la cadena crítica y la herramienta de Tren de actividades, donde nos permitió subordinar las actividades a la cuadrilla crítica o más restrictiva y lograr determinar las demás cuadrillas del proceso

Según Eliyahu M. Goldratt & Jeff Cox. (1998) precisan que pueden establecer más de una restricción para proyectos complejos, lo que determina diferentes ritmos en la obra, marcado por las actividades restrictivas o cuellos de botella, cabe indicar que, una infraestructura educativa es un proyecto complejo en esta tesis se identificó tres (3) actividades restrictivas como la actividad de concreto de estructuras horizontales, la eliminación de las demoliciones y los tarrajeos de muros.

Para Business School (2019) indica que para lograr la eficiencia se reducen los plazos estimados para la consecución de las actividades, según el planning inicial y, en su lugar, se establecen amortiguadores de tiempo que se sitúan en puntos estratégicos. Para esta investigación de una Infraestructura Educativa se logró reducir el plazo estimado en un 40% y se establecieron los amortiguadores del proyecto y por cada fase. Pero este amortiguador inicial fue consumido por la actividad de curado de estructuras de concreto al no poder desencofrar las estructuras horizontales en menos de 21 días calendario (calidad).

Para Wuliang P, Minli J., (2009), la ventaja del uso del método de la cadena crítica es crear un cronograma que considere la disponibilidad de recursos, en realidad el problema matemático de crear un cronograma dependiente de precedencia y recursos es un problema bien conocido. Con un sistema de trabajo de planificación por método de la cadena crítica y usando la heurística, logramos aproximaciones de confianza para ejecutar la obra de infraestructura educativa.

4.2 Limitaciones

La principal limitación en el proceso de nuestro proyecto fueron de factores humanos y culturales, por ejemplo la entrega tardía de la documentación contractual por parte de la contratista el cual nos generó demoras para el desarrollo de nuestra tesis. Otra limitante fue

la poca familiaridad de los últimos planificadores con la metodología de cadena crítica que es distinta a la del CPM. Además, factores organizacionales como falta de comunicación, escasas reuniones para el inicio de ejecución, fue difícil las reuniones presenciales por el COVID-19 y de gerenciamiento visual para generar información oportuna.

4.3 Implicancias

Entre las implicancias metodológicas de la aplicación de la cadena crítica, fue la de realizar el sistema de trabajo y como conectar con un sistema de gestión como la del PMBOK. Otra implicancia que tuvimos fue que el staff de ejecución de obra tenían medianos conocimientos de tren de actividades el cual tuvimos que revisar la teoría para poder realizar el sistema de gestión de la planificación de la obra de infraestructura educativa, en base a la cultura de la organización.

4.4 Conclusiones

La aplicación de la metodología de la cadena crítica en la planificación de la infraestructura educativa logro reducir estratégicamente los tiempos de ejecución, de 120 días calendarios a 72 días calendario. Permitiendo un buffer de proyecto de 48 días calendario.

Diagnosticar el proyecto de infraestructura en todos sus componentes nos permitió entrenarnos en los alcances del proyecto a ejecutar, esto facilito obtener datos estratégicos contractuales para poder asegurar el planeamiento de la obra.

Al implementar el desarrollo de un sistema de trabajo de la planificación, basado en las mejores prácticas de la gestión del cronograma (PMBOK 6th edition) ayudo a la aplicación sistémica y ordenada de la metodología de cadena crítica propuesta en esta tesis. Logrando redactar, como se evidencia en el Anexo 01, un sistema de gestión de la planificación basado en la metodología de la cadena crítica y apoyándonos en la herramienta tren de actividades. Este marco de trabajo nos permitió tener una gestión eficiente de la planificación de la infraestructura educativa.

Al Aplicar el sistema de trabajo de planificación según el método de la cadena crítica en la elaboración del cronograma de obra permitió dimensionar las cuadrillas básicas en base a la cuadrilla crítica, además que permite obtener la estrategia de ataque (sectorización) del proyecto, su secuencia de trabajo, como también dimensionar los recursos necesarios para posteriormente ejecutarlo y lo principal asegurar el proyecto por medio de inclusiones de buffer del proyecto como de las actividades. Además hemos logrado, aplicando la metodología de cadena crítica, un buffer del sistema general de 40%. Si bien es cierto que la metodología indica que como buffer de proyecto eran cuarenta y ocho (48) días

calendario, la naturaleza de la infraestructura educativa por procedimiento constructivo, curado de los elementos horizontales, absorbió parte del buffer del proyecto teórico quedando el buffer de proyecto reducido a treinta y un (31) días calendario.

- **Recomendaciones**

Recomendamos, con base a la investigación desarrollada en esta tesis, que futuros tesisistas puedan realizar experimentalmente la propuesta planteada en el sistema de trabajo de la gestión de la planificación en infraestructura similar para el diagnóstico de la performance de obra.

Este sistema de gestión del planeamiento propuesto aplicando el método de la cadena crítica puede aplicarse a otros tipos de infraestructuras como puede ser carreteras, puentes, aeropuertos, abastecimiento de agua y alcantarillado, telecomunicaciones, centrales de generación y transmisión de energía, entre otros.

Sugerimos para una correcta implementación de esta metodología de cadena crítica, presentada en este estudio, es necesario adoptar una estructura desglose organizacional (EDO) mínima, para poder dar un seguimiento y control de la planificación,

Recomendamos utilizar otras metodologías de planificación como puede ser las de líneas de balance (Line of balancing), con el marco de Last Planner System, para futuras investigaciones.

Por ultimo proponemos y recomendamos el uso de un diagrama de barras de red para el monitoreo y control del proyecto a ejecutar, esto ayudara a los equipos de producción tener un apoyo visual del tiempo-actividad y poder tomar decisiones anticipadas.

REFERENCIAS

Alfonso, I. (1995). Técnicas de investigación bibliográfica. Caracas: Contexto Ediciones.

Amendola. L; Depool. T. (P); González. J.M, «MODELO ESTRATÉGICO PARA LA DIRECCIÓN Y GESTIÓN DE MULTIPROYECTOS BASADO EN EL CRITICAL CHAIN (CCPM),» de 12th International Conference on Project Engineering, 2016.

Bezir Chamorro, R.; Del Carpio, A.(2012) BENEFICIOS DE LA TEORÍA DE LAS RESTRICCIONES Y LA CADENA CRÍTICA EN LATINOAMÉRICA, Congreso Internacional del PMI Tour Cono Sur 2012 (Lima – Perú)

Carlos Alvarez G. (2018) Factores que pueden hacer fracasar nuestros proyectos, 1 Mar, 2018 en Newsletter por PMI Santiago Chile Chapter.

Cuesta, M. (2009). Introducción al muestreo. Universidad de Ovideo.

De Jesús, Anibelka, Lopez, Glenys y Gonzales, Joan (2012). CPM-PERT Aplicado a construcciones civiles. República Dominicana: Amigo del hogar, 2012.

Estrada M. y Tovar A. (2021). Solo se ha reconstruido el 6% de los colegios afectados por los impactos de El Niño del 2017 Recuperado de <https://ojo-publico.com / 2192 /nino-costero-solo-se-ha-reconstruido-6-de-los-colegios-afectados>.

EAE Business School, «Retos en Supply Chain: ¿Qué es holgura? Manejando los tiempos en proyectos,» 29 Enero 2019. [En línea]. Available: <https://retos-operacioneslogistica.eae.es/que-es-holgura-manejando-los-tiempos-en-proyectos/>. [Último acceso:29 Abril 2021].

Goldratt, E. M. (2001). "Cadena Crítica: una novela empresarial sobre la gestión de proyectos". Madrid, España: Díaz de Santos, D.L., 296 p. ISBN 84-7978-484-9.

Eliyahu M. Goldratt & Jeff Cox. Ediciones Castillo-México: 1998 libro La Meta (The Goal),

González Sajiúm, D., & De La Rosa, J. M. (2019). Integrando el Scrum a la planificación de proyectos por cadena crítica. Ciencia, Ingenierías y Aplicaciones, 2(2), 81-130. Doi: <https://doi.org/10.22206/cyap.2019.v2i2.pp81-130>.

Hernández Sampieri (2014) Metodología de la investigación 6ta edición. Mc Graw Hill educación. Capitulo número 7 (“Investigación Diseño no experimental”).

Iván Osuna Motta (2019), 5 factores que retrasan una obra, Artículo EL PAÍS Recuperado de <https://fincaraiz.elpais.com.co/noticias/5-factores-que-retrasan-una-obra-id687#:~:text=De%20acuerdo%20con%20el%20arquitecto,propietario%2C%20y%20otras%20imprevistas%E2%80%9D>.

Junguang Zhang, Saike Jia y Estrella Diaz (2018) Monitoreo y control dinámicos de un proyecto de cadena crítica basado en la asignación de búfer de fase, Journal of the Operational Research Society, 69:12, 1966 - 1977, DOI: 10.1080/01605682.2017.1415641.

Kinnear, Thomas; Taylor, James; (1993). Investigación de Mercados, un enfoque aplicado; Editorial Mc graw hill; Méjico.

Kinnear y Taylor (1998). Investigación de mercados: Un enfoque aplicado. Cuarta edición, Mexico, Mc Graw Hill

Kerlinger, FN. (1979). Enfoque conceptual de la investigación del comportamiento. México, D.F.: Nueva Editorial Interamericana. Capitulo número 8 (“Investigación experimental y no experimental”).

Ordoñez, REC, Vanhoucke, M., Coelho, J., Anholon, R., & Novaski, O. (2019). Un Estudio del Método de Gestión de Proyectos de Cadena Crítica Aplicado a un Sistema Multiproyecto. Revista de gestión de proyectos , 50 (3), 322–334. <http://hdl.handle.net/1854/LU-8640916>

Padilla, H. (1971). Mario Bunge, La investigación científica. Su estrategia y su filosofía. *Revista de filosofía DIÁNOIA*, 17(17), 295–298. doi:<https://doi.org/10.22201/iifs.18704913e.1971.17.1091>

Pérez A. (2021). Principales causas de fracaso en los proyectos (31marzo 2021), OBS Online Business School. Recuperado de <http://www.obs-edu.com/blog-project-management/cadena-critica/cadena-critica/>

Project Management Institute, PMI et al (2004) PMBOK Project Management Base Of Knowledge. PMI .6ª edition.

Rodriguez W. y Valdez D. (2005) Application of the theory of constraints to project planning and programming in Perú, conference paper originally published as a part of 2005 PMI Global Congreso – Panama City, Panama

Wuliang P, Minli J., (2009), Método de cadena crítica revisado y modelo de optimización, Mecánica aplicada y materiales vols. 16-19,págs. 426-430

Recuperdo: <https://en.wikipedia.org/wiki/NP-hardness>

ANEXOS

ANEXO N° 01. Plan de gestión del cronograma

PLAN DE GESTIÓN DEL CRONOGRAMA

Nombre del Proyecto	Contratista
<p align="center">“REHABILITACION DEL LOCAL ESCOLAR N° 81561 ANTONIO BUENO LUCANO DEL C.P ZAPOTAL CON CODIGO DE LOCAL N° 258957, DISTRITO CHEPEN – PROVINCIA CHEPEN – REGION LA LIBERTAD”</p>	<p align="center">Consortio Bueno Lucano</p>
<p align="center">Metodología de planificación</p>	
<p>La planificación de la ejecución del proyecto se realizará considerando las mejores prácticas, propuestas por el PMI, para la gestión del cronograma utilizando el método de la cadena crítica.</p>	
<p align="center">Herramientas de programación</p>	
<p>La planificación se realizará con el apoyo de las herramientas siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Sectorización. Usar Formato N°06 (Anexo N°06) ➤ Trenes de Actividad. ➤ Diagrama Tiempo-Camino. ➤ Diagrama de Gantt. ➤ Diagrama de Barras de Buffer del proyecto. 	
<p align="center">Unidades de medida</p>	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ La duración del proyecto se estimará en días (d). 	

<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cuando su duración de la actividad es corta, la estimación de la actividad se podrá expresar en horas (no menos de 4 horas).
<p>Conversión de días calendario a días útiles – ver Anexo N°06</p>
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Plazo contractual en días calendario. ➤ Factor de Conversión de días calendarios a días útiles. ➤ Descontar días de clima, según zona geográfica. ➤ Descontar días festivos nacionales. ➤ Descontar días no laborables. Usar Formato N° 04 (Anexo N°06)
<p>Determinación de BUFFER del plazo del proyecto - ver Anexo N°06</p>
<ul style="list-style-type: none"> ➤ La gerencia deberá definir el BUFFER del plazo del proyecto entre 10% a 20% de los días útiles del proyecto, para absorber las incertidumbres, interrupciones y retrasos. Formato N° 04 (Anexo N°06)
<p>Definición de actividades - ver Anexo N°05</p>
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cada actividad tendrá un código según el paquete de trabajo en el EDT del proyecto. ➤ Cada actividad debe incluir su unidad de medida (u) ➤ Cada actividad deberá indicar su rendimiento unitario y su Índice previsto por los Últimos Planificadores. Para esto usaremos el Formato N°01: Índice por los Últimos Planificadores. ➤ Se definirá la lista de Hitos del proyecto obligatorios por el contrato indicando el inicio o la finalización de los entregables. ➤ Se definirá la Estrategia de ataque del proyecto.
<p>Secuenciación de actividades - ver Anexo N°05</p>

- Se establecerá la secuencia de cada paquete de trabajo y para cada paquete de trabajo contendrá actividades de trabajo para poder obtener la dependencia y la relación de la secuencia lógica de todo el proyecto. Usar Formato N°02.
- Basado en la secuencia y rendimiento de cada actividad se identificará la actividad más restrictiva.

Estimación de la duración de las actividades - ver Anexo N°05

- Se estimará la duración de la actividad restrictiva encontrando el tiempo programado estándar de la actividad restrictiva de la secuencia de trabajo que es el resultado de la sectorización.
- Se establecerá el inicio y el fin del proyecto de ejecución en base a la actividad más restrictiva, y según los rendimientos de los últimos planificadores.
- Se incluirá a la duración el Buffer asignado al proyecto para poder tener la estimación de la duración del proyecto de ejecución. Para esto usar el Usar Formato N°03

Estimación de recursos de las actividades - ver Anexo N°05

- Se estimarán los recursos mediante la definición de la sectorización, que es la incidencia de recursos diarios, y es la cantidad unitaria del sector.
- Se subordinarán los recursos de tipo mano de obra, maquinaria, equipos y materiales, según la sectorización de las actividades más restrictivas. Para esto usar el Usar Formato N°03

Desarrollo del Cronograma - ver Anexo N°05

En base a los siguientes documentos:

- Identificación y Secuenciamiento de Actividades.

➤ Estimación de Recursos y Duraciones.

➤ Estrategia de Ataque del Proyecto

Se obtiene toda la información necesaria para elaborar el Cronograma del proyecto, que se hará mediante la técnica de Cadena Crítica.

➤ Trenes de Actividad

➤ Diagrama Tiempo Camino

➤ Estructura Desglose de Trabajo (EDT)

➤ Estructura Desglose Organizacional Requerida (EDO)

➤ Cronograma de Recursos

El Planeamiento por el Método de la Cadena Crítica es enviado al Gerente del proyecto, el cual debe aprobar el documento para proseguir con el proyecto. Ver Anexo N°05: Formato N° 05

Monitoreo

Información de desempeño del trabajo y pronóstico del cronograma:

➤ La información de desempeño de trabajo son las variaciones en las fechas de inicio y finalización y en las duraciones que se pueden calcular a nivel de paquete de trabajo o cuenta de control.

➤ La información del pronóstico del cronograma se basa en el desempeño pasado del proyecto de ejecución y en el desempeño previsto del proyecto de ejecución para el futuro en base a acciones correctivas o preventivas.

➤ Informe de Desempeño Porcentaje Completo de Avance completo vs Porcentaje de Buffer Consumido.

Reuniones de coordinación para presentación de informes:

- Reunión mensual, el primer jueves de cada mes.
- Reunión semanal, los días martes de cada semana.
- Reunión diaria, Máximo 15 minutos diario.

Control

Razones aceptables para cambios en cronograma de ejecución:

- Desastres naturales
- Huelgas y revueltas populares
- Atrasos ocasionados por los subcontratistas
- Accidentes de trabajo
- Cambio de subcontratistas por fuerza mayor
- Incumplimiento del proveedor en la entrega de materiales
- Mal establecimiento de la secuencia de actividades
- Mala definición de rendimientos de las actividades

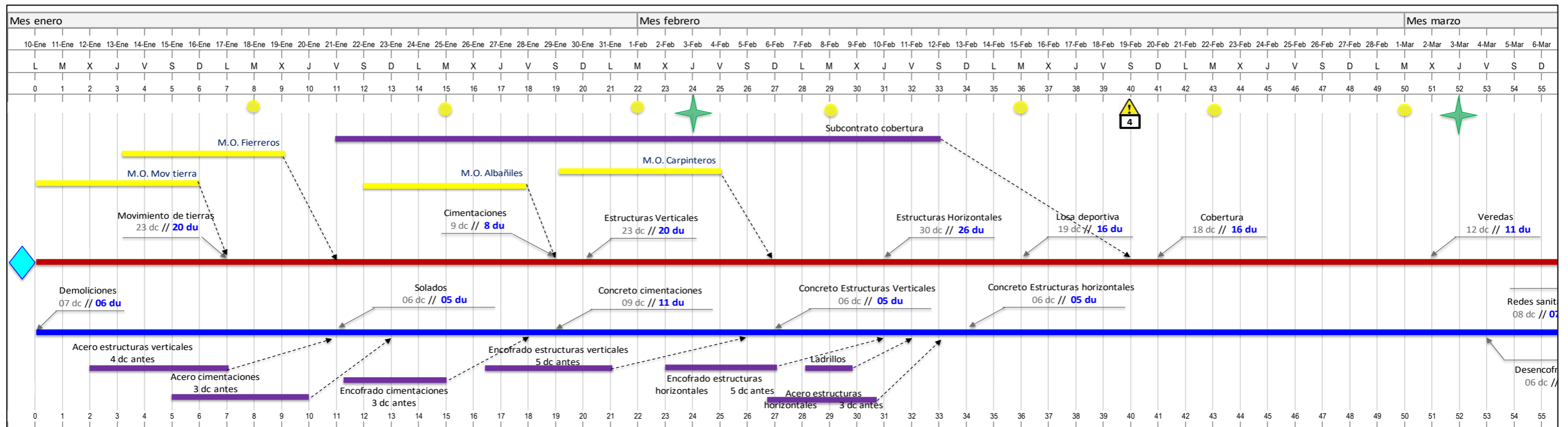
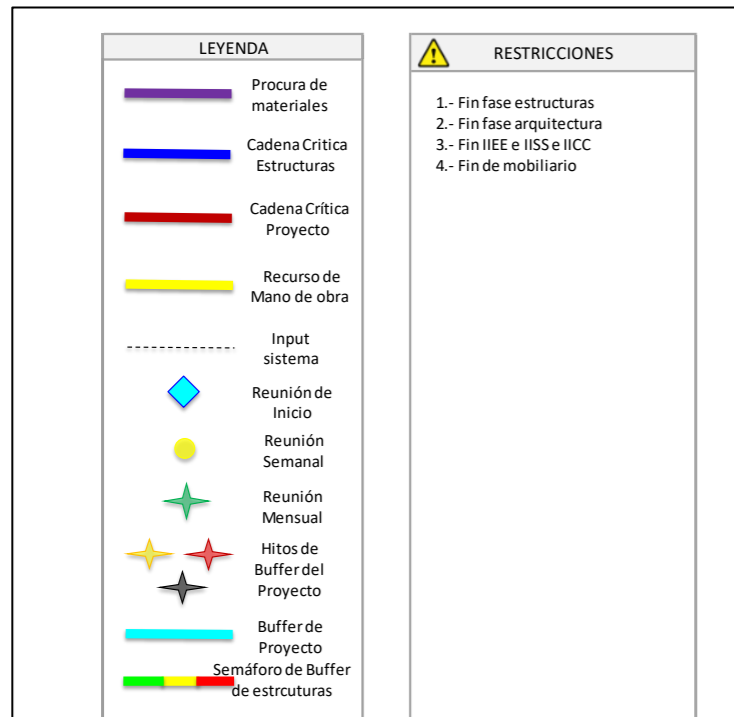
Para reportar el impacto por cambios en el cronograma utilizará la siguiente información:

- 1) Indicar en el informe a la persona responsable del mismo y fecha de ocurrencia del problema.
- 2) Descripción del problema indicando el grado de urgencia.
- 3) Impacto del mismo sobre el proyecto (Costo, Calidad, tiempo y alcance).
- 4) Descripción de las alternativas de solución detallando el impacto en las diferentes áreas (costo, calidad, tiempo y alcance).
- 5) Recomendación en la selección de la alternativa de solución.

ANEXO N° 02. Cadena crítica - Tren de actividades.

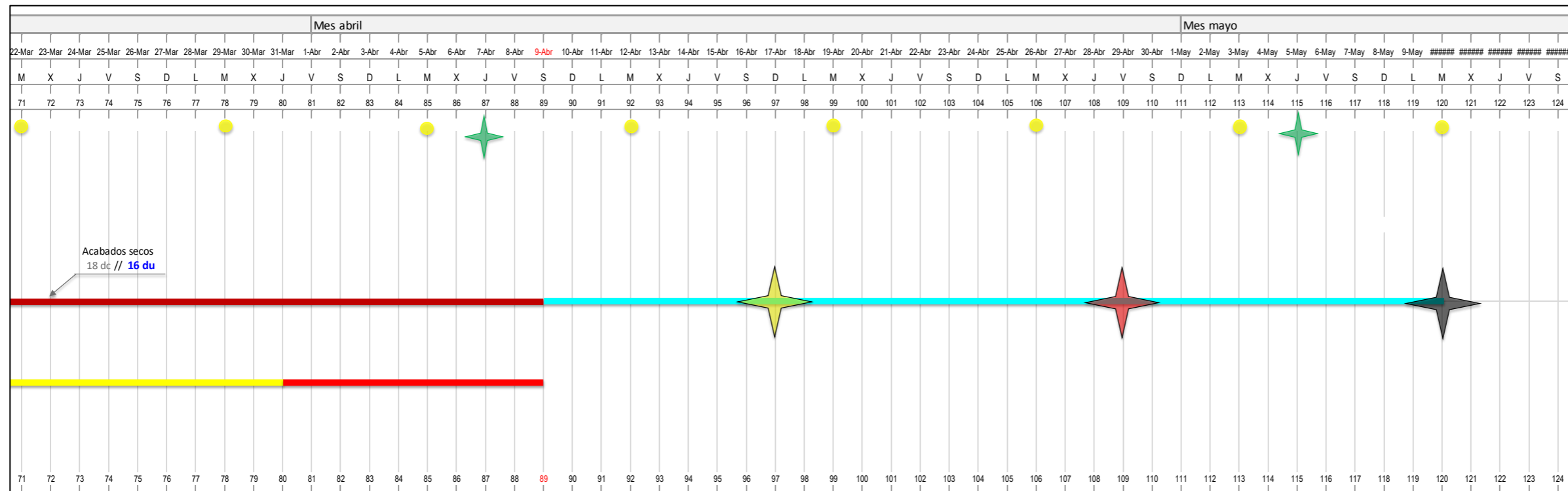
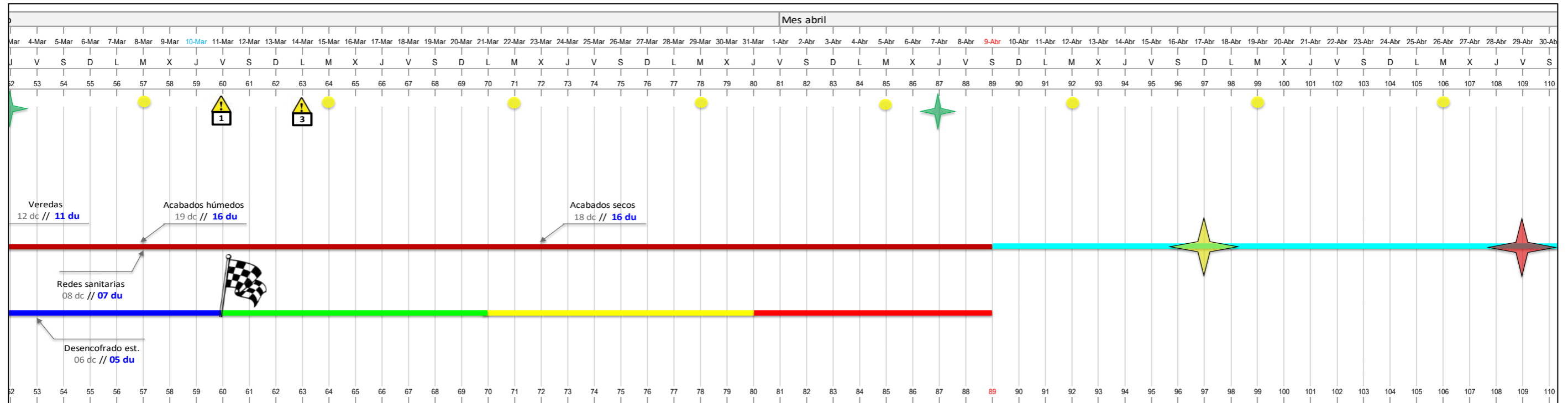
ANEXO N° 03. Cadena crítica – Tren de actividades fase estructuras.

ANEXO N° 04. Diagrama de barras para el seguimiento y control.



Va...

...Viene



ANEXO N° 05. Formatos guía de entrevistas.

	GUÍA DE ENTREVISTA Planeación General de Obra Página 2 de 2
--	--

	GUÍA DE ENTREVISTA Planeación General de Obra Página 1 de 2
--	--

1.- OBJETIVO:

Estandarizar la entrada de datos con el propósito de poder desarrollar un sistema de información, previo al inicio del desarrollo del sistema de trabajo de planificación, en el cual el personal a cargo llenará.

2.- ALCANCE:

El presente documento se dirige a todo el personal que interviene en el proceso de planeamiento general de la obra:

- Residente de Obra

3. POLÍTICAS:

1. El Residente de Obra llenará los formatos solicitados, con el objetivo de establecer las premisas de construcción, procedimientos y documentación para planificar, desarrollar, ejecutar y controlar el cronograma del proyecto. El documento será una guía clara sobre cómo se va a gestionar el cronograma del proyecto.
2. El Residente de obra, el jefe y personal de la Oficina Técnica, definirán el plan estratégico de ataque del proyecto con el objetivo que la ejecución de la obra pueda programarse para un desempeño del trabajo y del cronograma óptimo.
3. La oficina técnica recopilará los formatos y los datos los tabulará según el sistema de trabajo de planificación desarrollado.

4. PROCEDIMIENTO:

ID	Responsable	Actividad	Descripción	Herramienta
1	Residente de obra - Oficina técnica	Conversión de días calendario a días útiles	Plazo contractual en días calendario. Factor de Conversión de días calendario a días útiles. Descartar días de clima, según zona geográfica. Descartar días festivos nacionales. Descartar días no laborables.	Formato 04
2	Residente de obra - Oficina técnica	Determinación de BUFFER del plazo de obra	La gerencia deberá definir el BUFFER del plazo del proyecto entre 10% a 20% de los días útiles del proyecto, para absorber las incidencias, interrupciones y retrasos. Cada actividad tendrá un código según el paquete de trabajo en el EDT del proyecto.	Formato 04
3	Residente de obra - Oficina técnica	Definición de actividades	Cada actividad debe incluir su unidad de medida (u) Cada actividad deberá indicar su rendimiento unitario y su índice previsto por los Últimos Planeamientos. Se definirá la lista de ítems del proyecto obligatorios por el contrato indicando el inicio o la finalización de los entregables. Se definirá la Estrategia de ataque del proyecto.	Formato 01
4	Residente de obra - Oficina técnica	Secuenciación de actividades	Se establecerá la secuencia de cada paquete de trabajo y para cada paquete de trabajo contendrá actividades de trabajo para poder obtener la dependencia y la relación de la secuencia lógica de todo el proyecto. Basado en la secuencia y refinamiento de cada actividad se identificará actividad más restrictiva.	Formato 02
5	Residente de obra - Oficina técnica	Estimación de la duración de las actividades	Se estimará la duración de la actividad restrictiva encontrando el tiempo programado estándar de la actividad restrictiva de la secuencia de trabajo que es el resultado de la sectorización.	Formato 03
6	Residente de obra - Oficina técnica	Estimación de recursos de las actividades	Se establecerá el inicio y el fin del proyecto de ejecución en base a la actividad más restrictiva, y según los requerimientos de los últimos planeamientos. Se incluirá a la duración el Buffer asignado al proyecto para poder tener la estimación de la duración del proyecto de ejecución. Se estimarán los recursos mediante la definición de la sectorización, que es la incidencia de recursos diarios, y es la cantidad unitaria del sector. Se subordinarán los recursos de tipo mano de obra, maquinaria, equipos y materiales, según la sectorización de las actividades más restrictivas.	Formato 03
7	Residente de obra - Oficina técnica	Desarrollo del Cronograma	En base a los siguientes documentos: Identificación y Secuenciación de Actividades. Estimación de Recursos y Duraciones. Estrategia de Ataque del Proyecto Se obtiene toda la información necesaria para elaborar el Cronograma del proyecto, que se hará mediante la técnica de Cadena Crítica. Trazar de Actividad Diagrama Tiempo Camino Estructura Desglose de Trabajo (EDT) Estructura Desglose Organizacional (Requeridas) (EDO) Cronograma de Recursos El Planeamiento por el Método de la Cadena Crítica es enviado al Gerente del proyecto, el cual debe aprobar el documento para proseguir con el proyecto.	Formato 05

FORMATO N°01: Definición de actividades, rendimientos e índice por los últimos planificadores.

Item	grupo	descripción	und	rendimiento	índice
------	-------	-------------	-----	-------------	--------

Fuente: Elaboración propia

Llenado de la ficha de recolección de entrevista:

Item	grupo	Descripción	und	rendimiento	índice
1	Acero	Acero de zapatas	kg	300.00	0.03
2	Acero	Acero vigas de cimentación	kg	300.00	0.03
3	Acero	Acero sobrecimiento armado	kg	300.00	0.05
4	Acero	Acero estructuras horizontales	kg	300.00	0.05
5	Acero	Acero estructuras verticales	kg	300.00	0.03
6	Encofrado	Encofrado y desencofrado zapata	m2	10.00	1.12
7	Encofrado	Encofrado y desencofrado cimiento corrido	m2	10.00	1.12
8	Encofrado	Encofrado y desencofrado vigas de cimentacion	m2	8.00	1.40
9	Encofrado	Encofrado y desencofrado sobrecimiento armado	m2	16.00	0.70
10	Encofrado	Encofrado y desencofrado estructuras vericales	m2	10.00	1.40
11	Encofrado	Encofrado y desencofrado estructuras horizontales	m2	30.00	0.56
12	Encofrado	Colocación viguetas prefabricadas	kg	300.00	0.05
13	Concreto	Concreto de zapatas	m3	50.00	1.60
14	Concreto	Concreto vigas de cimentacion	m3	25.00	3.20
15	Concreto	Concreto cimiento corrido	m3	50.00	1.60
16	Concreto	Concreto sobrecimiento armado	m3	30.00	2.67
17	Concreto	Concreto estructuras verticales	m3	16.00	3.50
18	Concreto	Concreto estructuras horizontales	m3	25.00	2.56
19	Concreto	Concreto falso piso	m2	100.00	1.12
20	Concreto	Concreto falsa cimentacion	m3	20.00	3.20
21	IISS	Iiss	Dia	1.00	1.00
22	IIEE	Iiee	Dia	1.00	1.00
23	Acabados	Asentado de muros de ladrillo	Dia	15.00	1.50

FORMATO N°02: Secuencia de procedimiento constructivo por los últimos planificadores.

Ítem	Secuencia de actividades	Und	Metrado	Rendimiento unitario	Índice
------	--------------------------	-----	---------	----------------------	--------

Fuente: Elaboración propia

Llenado de la ficha de recolección de entrevista:

Ítem	Secuencia de actividades	Und	Metrado	Rendimiento unitario	Índice
ESTRUCTURAS					
1	Excavación de Cimentaciones (zapata-cimientos corridos)	m3	499.47	80	0.2
2	Instalaciones Sanitarias, excavaciones , acometidas, tuberías , pases	glb	-	-	-
3	Instalaciones Electricas, excavaciones , acometidas, tuberías , pases	glb	-	-	-
4	Acarreo interno	m3	499.47	8	1
5	Eliminacion de material excedente(Maq-Manual)	m3	209.54	300	0.11
6	Perfilado de Cimentaciones	m2	138.24	80	0.1
7	Liberacion de Excavacion Densidad	glb	-	-	-
8	Solado de cimentaciones	m2	253.59	110	0.51
9	Pre-armado de Columna	kg	7,157.63	300	0.04
10	Pre-armado de Columnetas	kg	260.21	250	0.04
11	Armado de parrilla inferior zapata	kg	6,868.44	300	0.02
12	Izaje de Columna pre-armadas	kg	7,157.63	300	0.01
13	Nivelación de acero y colocación de vientos	kg	7,157.63	300	0
14	Acero Vigas de Cimentacion	kg	2,657.74	300	0.03
15	Acero de Sobrecimiento Armado (1° fase)	kg	1,557.53	300	0.03
16	Armado de parrilla superior zapata	kg	6,868.44	300	0.01
17	Instalaciones Sanitarias verticales	glb	-	-	-
18	Instalaciones Electricas, verticales	glb	-	-	-
19	Encofrado Zapata	m2	138.24	10	0.9
20	Encofrado Cimiento Corrido	m2	216	10	0.78
21	Encofrado Vigas de Cimentacion (en caso se requiera)	m2	-	50	1.6
22	Concreto Zapata	m3	98.42	25	3.2
23	Concreto Vigas de Cimentacion	m3	-	50	1.6
24	Concreto Cimiento Corrido	m3	69.21	8	0.6
25	Desencofrado Zapatas + Curado	m2	138.24	10	0.22
26	Desencofrado Cimiento Corrido + Curado	m2	216	300	0.34
27	Acero de Sobrecimiento Armado (2° fase)	kg	1,557.53	16	0.02
28	Encofrado Sobrecimiento Armado	m2	389.49	16	0.56
29	Concreto Sobrecimiento Armado	m3	28.68	16	0.3
30	Desencofrado Sobrecimiento + Curado	m2	389.49	16	0.14
31	Nivelación de acero y colocación de vientos	m2	7,157.63	10	0
32	Encofrado Columna	m2	395.74	10	0.84
33	Concreto Columna	m3	34.77	10	0.6
34	Desencofrado Columna + Curado	m2	395.74	80	0.56
35	Relleno y Compactación de Cimentación	m3	331.84	30	0.56
36	Encofrado de Estructuras Horizontales (1° Nivel)	m2	641.95	30	0.45
37	Ladrillo para techo	und	2,933.00	1,600.00	0.04
38	Acero de Estructuras Horizontales (1° Nivel)	kg	8,266.82	300	0.05
39	Instalaciones Sanitarias horizontales	glb	-	-	-
40	Instalaciones Electricas Horizontales	glb	-	-	-
41	Concreto Estructuras Horizontales	m3	71.82	25	2.56
42	Curado de estructuras horizontales	m2	641.95	300	0.01
43	Desencofrado de Estructuras Horizontales (1° Nivel)	m2	641.95	30	0.45

FORMATO N°03: Estimación del recurso M.O. de las actividades subordinadas.

Ítem	Secuencia de actividades	Und	Metrado	Sectores	Metrado sector	Rendimiento unitario	N° cuadrilla subordinadas	Índice	hh	M.O.
------	--------------------------	-----	---------	----------	----------------	----------------------	---------------------------	--------	----	------

Fuente: Elaboración propia

Llenado de la ficha de recolección de entrevista:

Ítem	Secuencia de actividades	Und	Metrado	Sectores	Metrado sector	Rendimiento unitario	N° cuadrilla subordinadas	Índice	hh	M.O.
ESTRUCTURAS										
1	Excavacion de Cimentaciones (zapata-cimientos corridos)	m3	499.47	5	99.89	80	1.25	0.2	19.98	2.5
2	Instalaciones Sanitarias, excavaciones , acometidas, tuberías , pases	glb	-	5	-	-	-	-	-	-
3	Instalaciones Electricas, excavaciones , acometidas, tuberías , pases	glb	-	5	-	-	-	-	-	-
4	Acarreo interno	m3	499.47	5	99.89	8	12.49	1	99.89	12.49
5	Eliminacion de material excedente(Maq-Manual)	m3	209.54	5	41.91	300	0.14	0.11	4.47	0.56
6	Perfilado de Cimentaciones	m2	138.24	5	27.65	80	0.35	0.1	2.76	0.35
7	Liberacion de Excavacion Densidad	glb	-	5	-	-	-	-	-	-
8	Solado de cimentaciones	m2	253.59	5	50.72	110	0.46	0.51	25.82	3.23
9	Pre-armado de Columna	kg	7,157.63	5	1,431.53	300	4.77	0.04	53.44	6.68
10	Pre-armado de Columnetas	kg	260.21	5	52.04	250	0.21	0.04	1.94	0.24
11	Armado de parrilla inferior zapata	kg	6,868.44	5	1,373.69	300	4.58	0.02	21.98	2.75
12	Izaje de Columna pre-armadas	kg	7,157.63	5	1,431.53	300	4.77	0.01	15.27	1.91
13	Nivelación de acero y colocación de vientos	kg	7,157.63	5	1,431.53	300	4.77	0	3.82	0.48
14	Acero Vigas de Cimentacion	kg	2,657.74	5	531.55	300	1.77	0.03	17.01	2.13
15	Acero de Sobrecimiento Armado (1° fase)	kg	1,557.53	5	311.51	300	1.04	0.03	9.97	1.25
16	Armado de parrilla superior zapata	kg	6,868.44	5	1,373.69	300	4.58	0.01	14.65	1.83
17	Instalaciones Sanitarias verticales	glb	-	5	-	-	-	-	-	-
18	Instalaciones Electricas, verticales	glb	-	5	-	-	-	-	-	-
19	Encofrado Zapata	m2	138.24	5	27.65	10	2.76	0.9	24.77	3.1
20	Encofrado Cimiento Corrido	m2	216	5	43.2	10	4.32	0.78	33.87	4.23
21	Encofrado Vigas de Cimentacion (en caso se requiera)	m2	-	5	-	50	-	1.6	-	-
22	Concreto Zapata	m3	98.42	5	19.68	25	0.79	3.2	62.99	7.87
23	Concreto Vigas de Cimentacion	m3	-	5	-	50	-	1.6	-	-
24	Concreto Cimiento Corrido	m3	69.21	5	13.84	8	1.73	0.6	8.3	1.04
25	Desencofrado Zapatas + Curado	m2	138.24	5	-	10	-	0.22	-	-
26	Desencofrado Cimiento Corrido + Curado	m2	216	5	43.2	300	0.14	0.34	14.52	1.81
27	Acero de Sobrecimiento Armado (2° fase)	kg	1,557.53	5	311.51	16	19.47	0.02	6.65	0.83
28	Encofrado Sobrecimiento Armado	m2	389.49	5	77.9	16	4.87	0.56	43.62	5.45
29	Concreto Sobrecimiento Armado	m3	28.68	5	5.74	16	0.36	0.3	1.72	0.22
30	Desencofrado Sobrecimiento + Curado	m2	389.49	5	77.9	16	4.87	0.14	10.91	1.36
31	Nivelación de acero y colocación de vientos	m2	7,157.63	5	1,431.53	10	143.15	0	3.82	0.48
32	Encofrado Columna	m2	395.74	5	79.15	10	7.91	0.84	66.48	8.31
33	Concreto Columna	m3	34.77	5	6.95	10	0.7	0.6	4.17	0.52
34	Desencofrado Columna + Curado	m2	395.74	5	79.15	80	0.99	0.56	44.32	5.54
35	Relleno y Compactación de Cimentación	m3	331.84	5	66.37	30	2.21	0.56	37.17	4.65
36	Encofrado de Estructuras Horizontales (1° Nivel)	m2	641.95	5	128.39	30	4.28	0.45	57.52	7.19
37	Ladrillo para techo	und	2,933.00	5	586.6	1,600.00	0.37	0.04	23.46	2.93
38	Acero de Estructuras Horizontales (1° Nivel)	kg	8,266.82	5	1,653.36	300	5.51	0.05	88.18	11.02
39	Instalaciones Sanitarias horizontales	glb	-	5	-	-	-	-	-	-
40	Instalaciones Electricas Horriizontales	glb	-	5	-	-	-	-	-	-
41	Concreto Estructuras Horizontales	m3	71.82	5	14.36	25	0.57	2.56	36.77	4.6
42	Curado de estructuras horizontales	m2	641.95	5	128.39	300	0.43	0.01	1.37	0.17
43	Desencofrado de Estructuras Horizontales (1° Nivel)	m2	641.95	5	128.39	30	4.28	0.45	57.52	7.19

Formato N°05: Cadena Crítica – Tren de actividades

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	METRADO	SECTORES	METRADO SECTOR	RENDIMIENTO UNITARIO	N° CUADRILLA	INDICE	HH	M.O.	LAG	N° DÍAS	SEMANA I								
													9 Ene	10 Ene	11 Ene	12 Ene	13 Ene	14 Ene	15 Ene	16 Ene	
													DÍA 00	DÍA 01	DÍA 02	DÍA 03	DÍA 04	DÍA 05	DÍA 06	DÍA 07	

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N°06. Formato recolección de la información.

Formato N° 04: Determinación del Buffer del sistema.

Descripción	Cantidad	Unidad
PLAZO CONTRACTUAL (en días calendario) =	120	Días calendarios
Días mes :	30	Días calendarios
Domingos:	5	Días calendarios
FACTOR DE CONVERSIÓN Días calendario a Útiles mes		
FC:	1.20	
PLAZO CONTRACTUAL (en días útiles) =	175	Días útiles
Festivos:	2	Días calendario
Lluvia:	8	Días calendario
PLAZO CONTRACTUAL (en días útiles) =	90	Días útiles
DETERMINACIÓN DEL BUFFER DEL SISTEMA		
10%	81	
20%	72	OK

Fuente: Elaboración propia

Formato N° 06: Sectorización.

Bloque	Concreto (m3)	Rendimiento (m3/día)	Numero de cuadrilla	Sectores
Módulo 1	24.6	25.0	0.5	2.0
Módulo 2	14.6	25.0	0.6	1.0
Módulo 3 y 5	15.0	25.0	0.6	1.0
Módulo 4	13.6	25.0	0.5	1.0

Fuente: Elaboración propia

PANEL FOTOGRÁFICO



Foto 01: Reunión con los últimos Planificadores



Foto 02: Secuencia de trabajos macro proceso



Foto 03: Desarrollo del planeamiento



Foto 04: Vista de la aplicación del sistema de planeamiento con método de la cadena crítica.



Foto 05: Letrero de la obra.