

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE LÍNEAS
DE BALANCE EN LA GESTIÓN DEL
CRONOGRAMA EN LA INFRAESTRUCTURA
EDUCATIVA N° 80010 RICARDO PALMA,
TRUJILLO – TRUJILLO – LA LIBERTAD, 2023”

Tesis para optar al título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Autor:

Renzo Saul Murrugarra Abanto

Asesor:

Mg. Germán Sagastegui Vasquez
<https://orcid.org/0000-0003-3182-3352>

Trujillo - Perú

2023

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	GONZALO HUGO DIAZ GARCIA	40539624
	Nombre y Apellidos	N° DNI

Jurado 2	DENISE LISETT LEON VASQUEZ	42139952
	Nombre y Apellidos	N° DNI

Jurado 3	NIXON PECHE MELO	70615775
	Nombre y Apellidos	N° DNI

INFORME DE SIMILITUD



DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi madre y padre, por ser los pilares más importantes y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional.

A mi hermano menor, quien siempre me ha motivado a seguir adelante en todo momento ya que mis logros también son de él

A mis abuelos, que me enseñaron muchas cosas vitales para la vida y me encaminaron por el buen sendero

A mi asesor, por la orientación y ayuda que me brindo para la realización de esta tesis, por su apoyo y amistad que me permitieron aprender mucho más de lo estudiado en el proyecto

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, doy infinitamente gracias a Dios, por haberme dado fuerza y valor
para culminar esta etapa de mi vida.

A mis padres, que con su demostración ejemplar me ha enseñado a no desfallecer ni
rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos

A mi hermano menor, por apoyarme en esta etapa de mi vida

A mi familia por su comprensión y estímulo constante además de su apoyo
incondicional a lo largo de mis estudios

Y a todas las personas que de una y otra forma me apoyaron.

Tabla de contenido

Jurado calificador	2
Informe de similitud	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS	10
RESUMEN	11
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	12
1.1. Realidad problemática	12
1.2. Formulación del problema	26
1.3. Objetivos	26
1.4. Hipótesis	26
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	27
2.1. Tipo de investigación	27
2.2. Diseño de investigación	27
2.3. Matriz de operacionalización de variables	28
2.4. Población y muestra	30
2.5. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	33
2.6. Análisis de datos	35
2.7. Aspectos éticos	36

2.8. Procedimiento	36
CAPÍTULO III: RESULTADOS	65
3.1. Resultados de la evaluación del estado actual en la gestión del cronograma.	65
3.2. Resultados de la aplicación del método de la línea de balance en la gestión del cronograma.	67
3.3. Resultados de las mejoras de la aplicación del método de la línea de balance en la gestión del cronograma.	73
3.4. Propuesta de método sistemático para la aplicación del método de la línea de balance en la gestión del cronograma.	74
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	75
REFERENCIAS	81
ANEXOS	86

Índice de tablas

Tabla 1: <i>Estructura de desglose de trabajo de las partidas en estudio</i>	31
Tabla 2: <i>Recolección de datos</i>	33
Tabla 3: <i>Matriz de operacionalización de variables</i>	36
Tabla 4: <i>Resumen de presupuesto analítico del proyecto</i>	41
Tabla 5: <i>Cronograma contractual del proyecto</i>	42
Tabla 6: <i>Rendimientos contractuales del proyecto</i>	44
Tabla 7: <i>Metas físicas de la intervención a restituir</i>	46
Tabla 8: <i>Metrados de componente fase de estructuras contractual del proyecto según partidas</i>	50
Tabla 9: <i>Lista de actividades a desarrollar para la ejecución</i>	56
Tabla 10: <i>Días para ejecución contractual y fase de estructuras, días hábiles</i>	59
Tabla 11: <i>Nuevos rendimientos para la ejecución, basada en compromiso</i>	60
Tabla 12: <i>Lista de actividades por estructura</i>	61
Tabla 13: <i>Secuencia de actividades para la fase de estructura y buffer de tiempo</i>	62
Tabla 14: <i>Hoja de cálculo de sectores por rendimiento en concreto vertical y horizontal</i>	63
Tabla 15: <i>Módulos y sectores del plan sectorización</i>	65
Tabla 16: <i>Módulos y sectores balanceado para el plan de fases</i>	66
Tabla 17: <i>Secuencia de actividades para ejecutar y cantidad de cuadrillas</i>	67

Tabla 18: <i>Nuevos hitos de fecha fin y buffer del proyecto</i>	73
Tabla 19: <i>Secuencia de procedimiento, actividades y sus duraciones para la ejecución del proyecto</i>	75
Tabla 20: <i>Grado de distorsión de los sectores de trabajo</i>	77
Tabla 21: <i>Cuadro de velocidades para graficar las líneas de balance</i>	79
Tabla 22: <i>Cuadro de mejoras del cronograma para la ejecución</i>	80

Índice de figuras

Figura 1: <i>Relación entre los pasos para una correcta gestión del cronograma y línea de balance</i>	18
Figura 2: <i>Sistema Last Planner y enmarcado del proyecto de investigación</i>	20
Figura 3: <i>Representación gráfica de los componentes del método Línea de balance</i>	23
Figura 4: <i>Vista de la Institución Educativa, muestra a conveniencia</i>	31
Figura 5: <i>Proceso de análisis de datos, procesamiento y presentación de resultados.</i>	37
Figura 6: <i>Procedimiento de las etapas y herramientas a utilizar.</i>	41
Figura 7: <i>Cronograma Gantt, fase de estructuras.</i>	43
Figura 8: <i>Plano de Planta de módulos a restituir de proyecto</i>	52
Figura 9: <i>Plan de hitos del proyecto a ejecutar</i>	60
Figura 10: <i>Plan maestro en fase de estructuras</i>	62
Figura 11: <i>Tren de actividades</i>	70
Figura 12: <i>Diagrama de línea de balance de ejecución del proyecto</i>	71

RESUMEN

La tesis presente está basada en aplicar la metodología de líneas de balance en la gestión del cronograma en la infraestructura educativa N° 80010 Ricardo Palma, Trujillo – Trujillo – La Libertad. Para realizar la investigación se usó la metodología por su propósito de tipo aplicada y de nivel descriptiva, y por el diseño es no experimental.

Esta investigación como objetivo general fue la de aplicar la metodología de líneas de balance en la gestión del cronograma, para ello la planificación se enmarcó en el sistema de Last Planner System en la etapa de Plan maestro y Plan de fases, en una muestra a conveniencia tomada de una infraestructura educativa, para el desarrollo se tomó la fase de estructuras, para las partidas de concreto armado: placas y columnas, vigas, losas aligeradas y losas macizas y escaleras, para las actividades de concreto, acero de refuerzo y encofrado y desencofrado. Luego se desarrolló el método de las líneas de balance para verificar su desempeño del cronograma propuesto con el cronograma contractual. En la etapa de planificación se logró una reducción de 60% vs al contractual y un buffer de 40%, con ello se minimiza los riesgos por variabilidad en la ejecución.

PALABRAS CLAVES: Línea de balance, Last Planner System, Gestión del cronograma.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Parte del esfuerzo de la gestión del cronograma en un proyecto está dirigido a determinar la secuencia de las actividades de tal manera que la ejecución se lleve a cabo de la manera más eficiente posible. Esta secuenciación se modela utilizando relaciones entre actividades, denominadas dependencias, que se realiza habitualmente usando el método de la ruta crítica CPM (PMI, 2016).

Según la investigación realizada por Riveros y Yate (2018) sostienen que al utilizar el sistema Last Planner además de la metodología de la Línea de Balance, puede seguir la programación más de cerca y determinar qué actividades comienzan antes para garantizar que todos los recursos necesarios y las acciones de gestión estén disponibles. De acuerdo con lo anterior, la programación Last Planner permite no solo la correcta presupuestación y compra de materiales, sino también la cantidad y compra de pólizas adecuadas. Al utilizar el sistema Last Planner como complemento a las Líneas De Balance se puede tener un seguimiento más estricto de la programación, identificando que actividades inician antes, garantizando así todos los recursos y actos administrativos necesarios. De acuerdo con lo anterior nombrado la programación por Last Planner no solo permite una correcta realización de presupuesto y obtención de materiales sino también de las cantidades y compra de pólizas respectivas de estas mismas.

El Método de Programación de Línea de Balance también es una técnica ausente de la Guía PMBOK ® desde sus primeras publicaciones (Vargas 2015). Las empresas de construcción civil de Brasil, Finlandia y Australia están utilizando satisfactoriamente el LBSM (Henrich & Koskela, 2006). El empleo de esta técnica está mayormente relacionado

con el esfuerzo por incorporar a sus sistemas de gestión de proyectos, los conceptos básicos de Lean Construction (Bernardes, 2003), más precisamente con el sistema de producción Last Planner®, desarrollado por Glenn Ballard y Greg Howell, fundadores de la Instituto de Construcción Esbelta®.

La Marina de los EE. UU. utilizó inicialmente el concepto de Línea de Equilibrio como técnica para planificar la ejecución de actividades de la industria en 1942 (Kenley & Seppänen, 2010). General Electric, más tarde, trabajando para la Marina de los EE. UU., lo utilizó no solo como herramienta de planificación, sino también como herramienta de control en el Reino Unido; el método fue adoptado por la Agencia de Construcción de la Nación.

La preferencia por el método de programación línea de balance para desarrollar el cronograma del proyecto se debe a que la configuración de “unidad de producción x tiempo”, en lugar de la configuración habitual del diagrama de Gantt (“actividades x tiempo”), resulta en una mejor visualización para el vínculo entre el flujo de trabajo de las diferentes cuadrillas (Bernardes, 2003). Esto permite una perspectiva diferente para el control de las actividades del proyecto: con la Línea de Equilibrio, el enfoque del control es la tasa de producción de las cuadrillas de trabajo y no el control de las actividades individuales discretas, que es el enfoque del Método de la Ruta Crítica. que es ampliamente utilizado (Kenley & Seppänen, 2010).

Antecedentes

Antecedentes internacionales

Tokdemir, Erol, y Dikmen, (2019). En su artículo “Evaluación del riesgo de retraso de proyectos de construcción repetitivos mediante programación de línea de equilibrio y simulación de Monte Carlo”, en este documento, tiene como objetivo de proponer un método de evaluación del riesgo de demora para proyectos programados por LOB. En el método propuesto, se prepara un cronograma LOB considerando la tasa de entrega objetivo, y luego se definen escenarios de riesgo considerando las fuentes de incertidumbre y vulnerabilidad de las actividades. Los resultados revelaron que el método propuesto puede permitir a los responsables de la toma de decisiones estimar el riesgo de retraso en varios escenarios, formular estrategias de respuesta al riesgo eficaces y preparar planes de contingencia para la utilización de recursos en tareas repetitivas.

Riveros y Yate (2018) presentan la tesis “PROGRAMACION POR EL METODO DE LINEAS DE BALANCE, FRENTE A LA PROGRAMACION LINEAL EN UN CASO ESTUDIO.” Su objetivo principal fue evaluar el balanceo de línea como método de planeación más efectivo y alternativo a usar frente a programaciones de tipo lineal, con la finalidad de establecer un antecedente práctico teórico en la industria de la construcción. Usando una metodología cuantitativa, aplicada y descriptiva, de acuerdo con el análisis realizado por los autores se demostró una desventaja muy evidente, este tipo de programación no cuenta con una ruta crítica, ya que su diseño no permite realizarla, se recomienda como complemento establecer una ruta crítica. tipo de programación, como un sistema PERT, CPM o LPU. Sin embargo, esto supuso un gran inconveniente para el trabajo, ya que habría significado utilizar un sistema diferente, lo que habría permitido que el

desarrollo de la programación lineal balanceada fuera más extenso. Al utilizar el sistema Last Planner además de Línea de Balance, puede seguir la programación más de cerca y determinar qué actividades comienzan antes para garantizar que todos los recursos necesarios y las acciones de gestión estén disponibles.

Mauricio (2017), en su tesis de maestría “Aplicación del Método Líneas de Balance al Sistema Last Planner en Proyectos de Construcción Horizontal” realizó una investigación con el objetivo de evaluar los beneficios que se obtienen en proyectos de construcción con procesos repetitivos. La metodología utilizada fue Aplicada, descriptiva, concluye que la herramienta “Línea de Balance” se complementa con el método “Last Planner”, también participa en la fase de planificación de objetivos y la fase de diseño de la fase de cálculo de velocidad, destaca como obstáculos para la implementación del método, a saber, el nivel de comodidad y falta de cultura organizacional en las empresas frente a la práctica tradicional.

Antecedentes nacionales

Estebes (2015), en su tesis "OPTIMIZACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE OBRAS CON LA TÉCNICA DE LA LÍNEA DE BALANCE EN PROYECTOS DE EDIFICACIÓN", en su objetivo general fue de introducir el método de la Línea de Balance, e implementarlo como un método para la gestión de la programación y control de proyectos de Edificación basado en la localización, que permita incrementar la eficiencia, reducir la variabilidad y mejorar los flujos de los proyectos, entre otros. Así como mostrar la buena correlación de este método con la filosofía de Lean Construction. La tipología de su investigación fue exploratoria, descriptiva y correlacional, concluyeron que Las formulaciones propuestas para el dimensionamiento objetivo del buffer mostraron un comportamiento suficiente para controlar el flujo y la variabilidad del proceso de ejecución.

Se demostró objetivamente que la reducción del riesgo se logró mediante la inclusión de amortiguadores, logrando una confiabilidad del programa ejecución vs el contractual del 87%.

Chun y Sevillano (2015), en su investigación “PLANIFICACION MAESTRA APLICANDO LINEAS DE BALANCE A LA OBRA “EDIFICIO MULTIFAMILIAR RESIDENCIAL PEDRO URRACA”- TRUJILLO, EN LA MEJORA DE LA EFICIENCIA”, tuvo como objetivo principal era realizar este estudio de investigación analizando la obra “Edificio Multifamiliar Residencial Pedro Urraca”, la cual les permitió conocer más a fondo esta novedosa forma de programación mediante el método de líneas de balance. La metodología empleada para el propósito: Aplicada, por clase de medios utilizados: De campo, por nivel de conocimientos: Descriptiva. Concluyen que el Plan Maestro utiliza un programa de líneas de balance es de fácil manejo, en la cual se puede ubicar en una gráfica de Actividades vs Tiempo, la cual permite tener una visión global del proyecto, donde se identifican los recursos y la secuencia de actividades; otorgando una herramienta que permite llevar un mejor control a las personas encargadas de la ejecución del proyecto. Además, indican que la Planificación por Líneas de balance presenta un mejor detalle las actividades más incidentes en el Plan Maestro, colocando cada actividad a lo largo del proyecto pudiendo ser modificada fácilmente como en cualquier hoja de cálculo, la cual se desplaza en una línea de tiempo a lo largo del proyecto, la misma que permite llevar un mejor control de actividades y recursos a ejecutar.

Paredes y Torres (2020), en su tesis “Programación de la Construcción del Tercer Anillo de Muros Anclados de una Edificación Aplicando el Método de Líneas de Balance” con el objetivo de determinar los beneficios que se obtiene en la gestión del tiempo aplicando

el método de LDB en un proyecto de edificación, se utilizó el tipo de investigación experimental, cuantitativo, retrospectivo, transversal y descriptivo; lograron conocer la ubicación de cada actividad, evitando así interferencias entre ellas, además al implementar el diagrama de línea de balance, desarrollado en este estudio, se pudo identificar mejor los procesos involucrados en la ejecución de una LDB. Así, se optimiza el tiempo de los responsables del procesamiento y análisis de LDB.

Marco teórico

Como marco teórico para el desarrollo de esta investigación se aplicaron conceptos como son:

Gestión del cronograma

La Gestión del Cronograma se refiere a otra de las principales restricciones que tiene cualquier proyecto junto al alcance y costes. El Cronograma es el plazo de tiempo necesario para llevar a cabo el proyecto en base a sus objetivos, para poder dirigir la finalización a tiempo del proyecto. Está formado por 6 procesos (guía PMBOK 6th Edition, del Project Management Institute), donde el tiempo se planifica y luego se monitoriza y controla para asegurar que se cumple lo planificado.

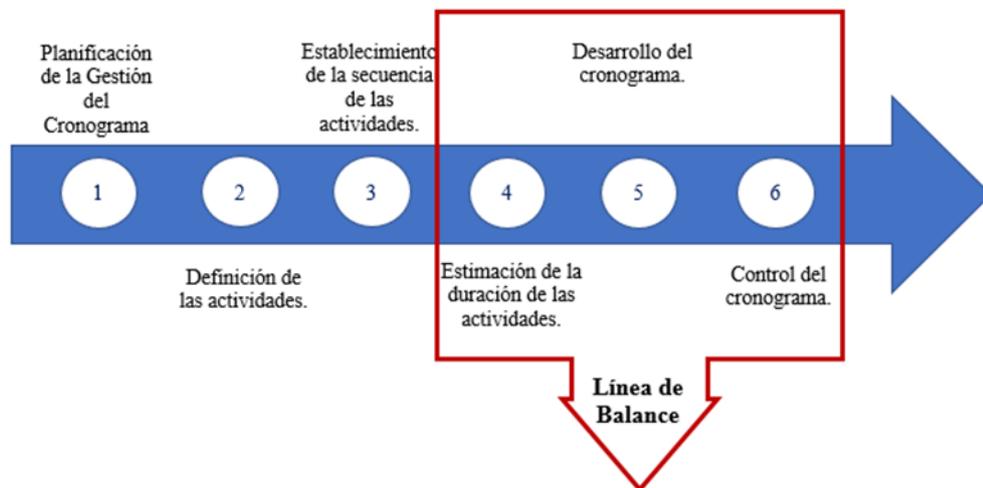
El objetivo principal de un programa maestro es la gestión del cronograma de un proyecto. Según la guía (PMBOK, 2016) para una correcta gestión del cronograma se cumple a través de los siguientes 6 pasos:

1. Planificación de la Gestión del Cronograma
2. Definición de las actividades.
3. Establecimiento de la secuencia de las actividades.

4. Estimación de la duración de las actividades.
5. Desarrollo del cronograma.
6. Control del cronograma.

Figura 1:

Relación entre los pasos para una correcta gestión del cronograma y línea de balance.



Nota, El gráfico muestra los pasos de proceso de gestión del cronograma y donde la herramienta de las líneas de balance abarca los últimos 3 pasos, la más importante sería la estimación de la duración de las actividades (Calampa, 2014).

Last Planner System

Orihuela y Estebes (2013) indican que el punto de partida del Sistema Last Planner es que toda planificación es un pronóstico y todo pronóstico tiene errores, además cuanto más largo sea el periodo de este pronóstico y cuanto más detallado sea, mayor será el error. Ballard, Hammond y Nickerson, (2009) precisan que los principios del Last Planner

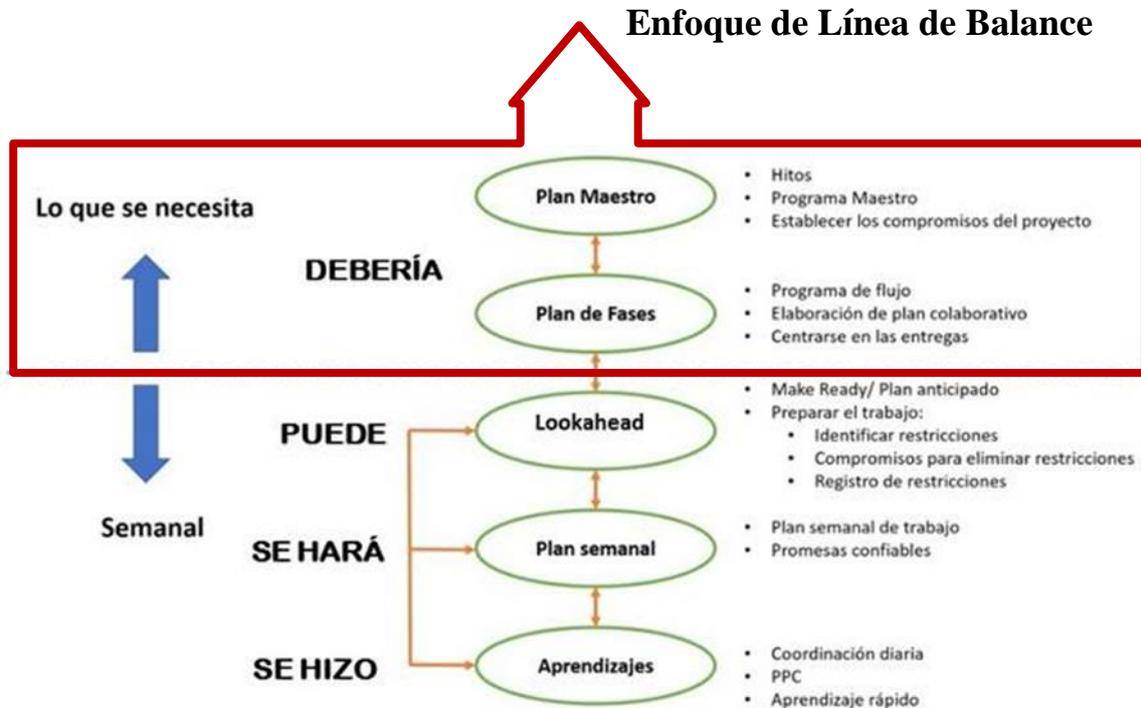
recomiendan: Planificar con más detalle a medida que se aproxime el trabajo a ejecutar; elaborar planes, identificar y eliminar las restricciones de las tareas previstas con el equipo que va a hacer el trabajo; hacer promesas confiables; y aprender de los errores.

El sistema Last Planner, como indica Orihuela y Ulloa (2011), parte de la tradicional programación maestra de toda la obra, la cual usa como un referente de hitos; luego, baja a una programación por fases, por ejemplo: excavaciones, cimentaciones, casco instalaciones de agua y desagüe, entubados eléctricos, etc. (esto es lo que DEBERIA hacerse); después abre una ventana de programación de 4 a 6 semanas (analizando lo que realmente se PUEDE hacer), denominada Lookahead, donde se aplica un análisis de restricciones; y finalmente, recién se pasa a una programación semanal (lo que finalmente se HARÁ), la cual será más confiable por haber sido liberada de sus restricciones. Una vez realizados los trabajos (lo que se HIZO), los planificadores son retroalimentados con el Porcentaje de Planificación Cumplida (PPC) y con las Razones de No Cumplimiento (RNC)”.

Para un entendimiento mejor del sistema Last Planner y su relación con la investigación, ver la Figura 2.

Figura 2:

Sistema Last Planner y enmarcado del proyecto de investigación



Nota. El gráfico muestra las fases de programación Last Planner System. Tomado de: (Pons, Juan Felipe Pons Achell Consultor Lean Management, 2010), enmarcado del proyecto de investigación a desarrollar por el método de línea de balance. Figura elaborada por el investigador.

Plan maestro y plan de fases (Debería)

El plan maestro está basado en los objetivos establecidos al principio. Establecer las metas del proyecto y definir los hitos para el control de la gestión del proyecto. (Díaz, 2007). El cronograma maestro define todas las actividades que "debería" completarse y define las brechas entre las actividades planificadas para cumplir con los plazos y completarlas a tiempo.

La segunda parte, la planificación de fases, debe realizarse dos o tres meses antes del inicio de cada fase. En este contexto, una fase se refiere a una parte de un proyecto que puede considerarse una unidad completa. El desglose de las fases del proyecto dependerá del tamaño y la complejidad del trabajo a realizar, así como de las fases de inicio y finalización identificados durante la etapa de la planificación maestra. La planificación de fases es un acuerdo entre los planificadores finales sobre cómo proceder entre estas dos etapas (Rodríguez, 2011).

La ejecución de este plan de fases detalla el progreso del plan maestro de cada hito y cada acción a realizar. Este tipo de programación generalmente usa un enfoque de extracción que implica programar hacia atrás desde la última operación que se necesitaba completar para llegar al resultado final. En esta etapa, el plan maestro se desglosa para evitar el desperdicio y priorizar las acciones necesarias para completar lo más rápido posible (Porrás et al., 2014).

Línea de balance

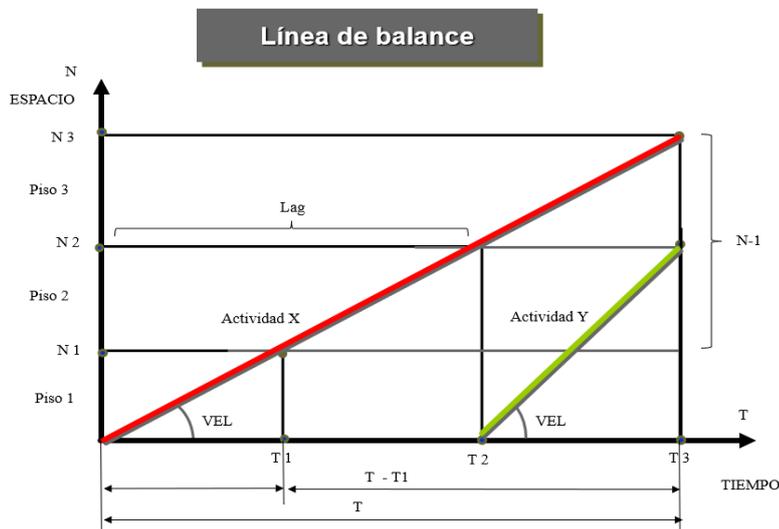
La Línea de Balance es una metodología de programación que permite mostrar el ritmo de trabajo que se realiza como una sola línea en una gráfica (Espacio – Tiempo – Actividad). Es un método de programación gráfica que considera a la localización explícitamente como una dimensión (Espacio). Esto facilita la planificación de recursos, lo cual a su vez permite ahorros en el costo y un menor riesgo en la programación, así como la permanencia en el sitio de las cuadrillas de trabajo (Soini, Leskela, Seppanen, 2004).

Orihuela (2013) indica que el método de línea de balance representa todas las actividades a realizar en el proyecto utilizando un gráfico representado por una línea, el eje horizontal del gráfico representa el tiempo y el eje vertical representa la ubicación donde se

realizarán las actividades. La pendiente indica la velocidad a la que se realizará el trabajo, esta es una buena manera de controlar el trabajo, ya que, si la pendiente es menor que la velocidad especificada, significa que el trabajo no se realiza a tiempo, si la pendiente es mayor de lo indicado, quiere decir que van a pasos agigantados y en algún momento se puede caer y se destinan recursos para trabajar. Ver Figura 3.

Figura 03:

Representación gráfica de los componentes del método Línea de balance.



Nota, la gráfica muestra los componentes de la metodología de la línea de balance según lo indicado por Orihuela (2013). Figura elaborada por el investigador.

En el caso de las rectas, la velocidad se define como el espacio entre tiempos. La velocidad de equilibrio puede definirse como rendimiento y mostrarse como pendiente cada línea. En la figura 3, el rendimiento está representado por la abreviatura "Vel".

La velocidad se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Velocidad} = \text{Rendimiento} = (N - 1) / (T - T1)$$

En donde:

- Vel: Rendimiento de trabajo
- N: Número de unidades en construcción
- T1: Tiempo realizado de la unidad de construcción
- T : Tiempo total de las unidades de construcción
- Lag: Tiempo mínimo necesario entre el final de una actividad y el final de otra actividad superpuesta.

El objetivo principal de un buen programa de línea de balance es encontrar la distribución óptima o sector de trabajo para lograr los menores recursos posibles indicado, colisiones entre actividades o Lag muy prolongados.

Sectorización

En la construcción, la sectorización es el equivalente a una serie de lotes de trabajo. La sectorización es el proceso de dividir un trabajo o trabajo activo en un proyecto en partes más pequeñas. Cada una de las partes tendrá valores correspondientes a los metrados y estas serán muy similares entre si con un desvío de 10%, como máximo, con el objetivo de asegurar la continuidad del flujo de trabajo entre sectores de trabajo (Gusmán, 2014).

Trenes de Trabajo

Establecer los ritmos de trabajo es un problema de diseño repetido con varias preguntas relacionadas. ¿Qué trabajo debería ser prioritario? ¿Cuál debería ser el ritmo? ¿Qué tan grandes son las áreas de trabajo? ¿Cómo deben estar organizados los diferentes paquetes de trabajo? Es importante comenzar este proceso al inicio del proyecto, ya sea que

los profesionales del diseño se den cuenta o no, son fundamentales para definir los medios y métodos cuando crean documentos de diseño y especificaciones (Tsao, C.C.Y. 2005).

De igual forma (Castro & Pajares, 2014) mencionan a (Koskela, 2010) describiendo la teoría como un método de producción continua de proyectos que reducen la carga de trabajo a partes equivalentes, la herramienta recibe su nombre porque conceptualiza cada acción como una estación de trabajo. Esta herramienta le permite optimizar acciones repetitivas y secuenciales.

Según Mauricio, (2017) el tren de trabajo debe tener las siguientes características:

- Se examina que todas las estaciones de trabajo se encuentren balanceadas en capacidad y demanda.
- Inicialmente se toma a los procesos como cuello de botella, es decir se debe tomar a todas las actividades como una Ruta Crítica.
- Diariamente, cada cuadrilla es constante con respecto a su capacidad de producción y como consecuencia, se infiere que se tiene un avance de obra constante a diario.
- Los recursos y trabajo realizado en cada estación son constante y equivalente.
- La carga de trabajo de cada estación está predeterminada con respecto a la demanda de trabajo.

Además, el desarrollo de los trenes de trabajo se realiza con los siguientes pasos:

- Sectorizar el área de trabajo
- Listar actividades fundamentales
- Secuenciar las actividades

- **Dimensionar recursos**

Con base en esto, podemos indicar que aplicar un sistema de trenes de trabajo tiene ventajas significativas en la creación de una especialización de los trabajos y una curva progresiva de aprendizaje, lo que favorece a facilitar el seguimiento, control y aumentar la productividad. Por otro lado, la desventaja principal de este sistema es que considera las tareas como críticas, lo que significa que, si no se cumple con el rendimiento programado, habrá retrasos.

Aborda la situación que origina la investigación; se redacta el problema en un contexto de lo general a lo específico (método deductivo) con sustento y/o evidencias de datos, experiencias e información de la existencia del problema. Es importante diferenciar un problema de investigación de un problema práctico, así como de un tema de investigación para evitar presentar contenidos ajenos al asunto que se investiga.

A partir de la realidad problemática indicada y el marco teórico, para esta investigación, se enfoca en el proceso de gestión del cronograma, con la aplicación del método de línea de balance, que es un método para la planificación y control de proyectos. La aplicación de esta metodología es en la etapa de planeamiento y programación de una infraestructura educativa, como propuesta. Con esto se busca aportar en la aplicación de la metodología de línea de balance para planear, programar y controlar de una manera más clara, visual y sencilla en proyectos de infraestructura educativa. Para responder a la pregunta aplicaremos la metodología de línea de balances y podremos determinar las mejoras y sugerir un procedimiento de trabajo para la gestión del cronograma de la muestra seleccionada.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo mejora la aplicación de la metodología de líneas de balance en la gestión del cronograma en la infraestructura educativa N° 80010 Ricardo Palma, Trujillo – Trujillo – La Libertad, 2023?

1.3. Objetivos

Objetivo general

Aplicar la metodología de líneas de balance en la gestión del cronograma en la infraestructura educativa N° 80010 Ricardo Palma, Trujillo – Trujillo – La Libertad, 2023.

Objetivos específicos

- Evaluar el estado actual sobre el procedimiento de gestión del cronograma en el proyecto de infraestructura educativa.

- Aplicar el método de líneas de balance en la elaboración de la gestión del cronograma en el marco de Last Planner System.

- Determinar las mejoras que se obtiene en la gestión del cronograma al aplicar la metodología de líneas de balance.

- Sugerir un método sistemático para la aplicación de la metodología de línea de balance.

1.4. Hipótesis

La aplicación del método de las líneas de balance mejora la gestión del cronograma en la infraestructura educativa N° 80010 Ricardo Palma, Trujillo – Trujillo – La Libertad, 2023.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Por el propósito

Investigación Aplicada. Según Sampieri (2016) la investigación aplicada tiene por objetivo resolver un determinado problema o planteamiento específico, enfocándose en la búsqueda y consolidación del conocimiento para su aplicación y, por ende, para el enriquecimiento del desarrollo cultural y científico. Se considera una investigación aplicada ya que se hace uso de la metodología líneas de balance para la obtención de resultados positivos en la realidad problemática del actual proyecto.

Nivel de Investigación

Investigación Descriptiva. Según Cerón & Cerâon (2016) la investigación que busca describir lo ocurrido sin manipular ninguna variable a través de la observación u métodos que permitan recolectar información. Se considera el nivel descriptivo porque buscamos analizar el comportamiento de un fenómeno siendo en este caso, la gestión del cronograma.

2.2. Diseño de investigación

No experimental. Según Sampieri (2006), el diseño no experimental se divide tomando en cuenta el tiempo durante se recolectan los datos, el diseño transversal, donde se recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único, su propósito es describir variables y su incidencia de interrelación en un momento dado. Para fines de esta investigación se considera el diseño no experimental transversal, debido a que se recolectarán datos un tiempo determinado sin intervenir en el ambiente en que se desarrollan los trabajos de la institución educativa, por lo que no habrá manipulación de variables.

2.3. Matriz de operacionalización de variables

Tabla 3:

Matriz de operacionalización de variables

Título de tesis: APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE LÍNEAS DE BALANCE EN LA GESTIÓN DEL CRONOGRAMA EN LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA N° 80010 RICARDO PALMA, TRUJILLO – TRUJILLO – LA LIBERTAD, 2023.								
Tipo	Variables	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Und.	Instrumento de medición	Escala de medición
Independiente	Gestión del cronograma.	Proceso que emprende una o más personas con el objetivo de coordinar las actividades laborales de otro grupo de individuos. Otra forma de definir este término es como la capacidad con que cuenta una organización para definir sus propósitos y posteriormente alcanzarlos utilizando los recursos disponibles de manera eficiente. (Rebolledo, 2012)	Proceso que establece las políticas, los procedimientos y la documentación necesaria para planificar, desarrollar, gestionar, ejecutar y controlar el cronograma del proyecto (Sánchez, 2015).	Last Planner System	Procedimiento de planificación estratégica	Glb	Guía de entrevistas, análisis del documental.	Razón

Dependiente	Aplicación líneas de balance	Shaikh (2015), define la línea de balance como una variante de marcos de tiempo lineales que considera la ubicación de una actividad como una dimensión de la planificación, lo que permite el equilibrio de las operaciones para asegurar continuidad y uso eficiente.	La técnica de la línea de balance propone que la planificación de las actividades debe realizarse de acuerdo con la tasa de producción, o el ciclo de actividades, lo que significa que el número de unidades entregadas por un equipo dentro de un cierto período de tiempo (Henrich, G, and Koskela, L, 2006).	Método líneas de balance	Diagrama línea de balances	unidad producción/ día	Guía de entrevistas, análisis del documental.	Razón
-------------	------------------------------	---	--	--------------------------	----------------------------	------------------------	---	-------

Nota, La Tabla muestra la matriz de operacionalización de las variables y sus principales componentes. Tabla realizada por el investigador.

2.4. Población y muestra

Población

Como indica Tamayo & Tamayo (2012), la población se presenta como la totalidad de la obra a analizar, donde las unidades de población tienen una impronta regular que se piensa y se ofrece a elevarse a los datos del estudio. Para la investigación se estima como población al conjunto de actividades que se realizan en la etapa de la gestión del cronograma en las infraestructuras educativas en el distrito de Trujillo, provincia de Trujillo, departamento La Libertad, Región La Libertad.

Muestra

Según Ventura y Barboza (2017), las muestras deben ser representativas, quiere decir que deben mostrar las características de la población de estudio, el cual garantiza la calidad en la información. En relación con lo indicado, la muestra de la presente investigación es una institución educativa a conveniencia, por el acceso a la información, La Institución Educativa N°80010 “Ricardo Palma”, Distrito de Trujillo, Provincia de Trujillo, Región La Libertad. Ver figura 4.

Figura 4

Vista de la Institución Educativa, muestra a conveniencia



Nota, Esta figura muestra la muestra tomada que es: La Institución Educativa N°80010 “Ricardo Palma”, se encuentra, ubicada en la Av. Del Ejército N° 677, Distrito de Trujillo, Provincia de Trujillo, Región La Libertad.

Muestreo

Hernández et al, (2003), precisa que un muestreo no probabilístico como un subgrupo de la población en la que la elección de los elementos no depende de la probabilidad sino de las características de la investigación. Para esta investigación es un muestreo no probabilístico a conveniencia porque tenemos disponibilidad de acceso a la información que requiere la investigación.

La intervención de esta tesis es en el proyecto de reconstrucción denominado: “REHABILITACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA IE N° 80010 RICARDO PALMA DE NIVEL INICIAL, PRIMARIA Y SECUNDARIA, DISTRITO DE TRUJILLO, PROVINCIA DE TRUJILLO, REGIÓN LA LIBERTAD”

Las características de la obra para realizar la presente tesis es la siguiente:

1.- 12 aulas existentes que se van a rehabilitar pertenecen al Módulo 01 y 02 en arquitectura preexistente.

2.- Las aulas del 1 al 10, 7 aulas serán ocupadas por el nivel primaria y 3 serán ocupadas por el nivel secundaria.

3.- Las 2 aulas (ambientes) restantes existentes en el Módulo 01, serán permutados con uso de otra función, tal es así que en el nuevo proyecto se ha propuesto que serán ocupadas por el ambiente de Maestranza y Aula de Banda de Música. Por lo tanto, en cantidad

de aulas pedagógicas se van a reconstruir 10 aulas, de las cuales 7 aulas serán ocupadas por el nivel secundaria y 3 aulas por el nivel inicial.

Esta tesis de investigación se enmarcó en las partidas de ejecución en la fase de estructuras para las partidas de concreto armado, para los elementos de Placas y Columnas, vigas, losas aligeradas y macizas y escaleras, en las actividades de concreto, acero de refuerzo y encofrado y desencofrado. Ver Tabla 1.

Tabla 1:

Estructura de desglose de trabajo de las partidas en estudio

ITEM	Nombre de tarea
1.02	ESTRUCTURAS
01.02.03	CONCRETO ARMADO
01.02.03.04	PLACAS
01.02.03.04.01	PLACAS: CONCRETO $f_c=210$ Kg/cm ²
01.02.03.04.02	PLACAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO TIPO CARAVISTA
01.02.03.04.03	CURADO DE CONCRETO CON CURADOR QUIMICO
01.02.03.04.04	ACERO DE REFUERZO $f_y=4200$ kg/cm ²
01.02.03.05	COLUMNAS
01.02.03.05.01	COLUMNAS: CONCRETO $f_c=210$ Kg/cm ²
01.02.03.05.02	COLUMNAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO TIPO CARAVISTA
01.02.03.05.03	CURADO DE CONCRETO CON CURADOR QUIMICO
01.02.03.05.04	ACERO DE REFUERZO $f_y=4200$ kg/cm ²
01.02.03.07	VIGAS
01.02.03.07.01	VIGAS: CONCRETO $f_c=210$ Kg/cm ²
01.02.03.07.02	VIGAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO TIPO CARAVISTA
01.02.03.07.03	CURADO DE CONCRETO CON CURADOR QUIMICO
01.02.03.07.04	ACERO DE REFUERZO $f_y=4200$ kg/cm ²
01.02.03.09	LOSAS ALIGERADAS
01.02.03.09.01	LOSA ALIGERADA: CONCRETO $f_c=210$ kg/cm ²
01.02.03.09.02	LOSA ALIGERAD: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO
01.02.03.09.03	LOSA ALIGERADA: LADRILLO DE TECHO DE 15X30X30
01.02.03.09.04	ACERO DE REFUERZO $f_y=4200$ kg/cm ²
01.02.03.10	LOSA MACIZA

01.02.03.10.01	LOSA MACIZA: CONCRETO $f_c=210$ kg/cm ²
01.02.03.10.02	LOSA MACIZA: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO
01.02.03.10.03	ACERO DE REFUERZO $f_y=4200$ kg/cm ²
01.02.03.11	ESCALERAS
01.02.03.11.01	ESCALERAS: CONCRETO $f_c=210$ Kg/cm ²
01.02.03.11.02	ESCALERAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO
01.02.03.11.03	ACERO DE REFUERZO $f_y=4200$ kg/cm ²

Nota, La tabla muestra la estructura de desglose de trabajo para esta investigación. Fuente expediente técnico del proyecto.

2.5. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Técnicas de recolección de datos

Se realizará a través de análisis documental, según Díaz y Sime (2009), es una técnica empleada para estudiar y analizar comunicaciones (escritas o visuales) de forma sistemática y objetiva. Pueden ser documentos producidos por personas, organizaciones o culturas, como documentos oficiales y públicos (leyes, reglamentos, actas de reuniones, memorias, planes, periódicos, libros, revistas, material informativo, material académico, murales, dibujos, cartas oficiales, fichas de trabajo, software, entre otros), así como documentos privados o personales (diarios, fotografías, cartas personales, correos electrónicos, entre otros), se recolectarán los datos de fuentes para las variables indicadas en esta investigación. Además, se realizará por medio de entrevistas que según Díaz & Sime (2009), permite recoger información, desde la perspectiva del sujeto, a través de la interrogación (la narración, el diálogo o la conversación), descripciones, explicaciones, significados, percepciones, opiniones o creencias que tienen sobre un determinado objeto de estudio. Esta técnica exige prever el lugar, la hora y los recursos más adecuados, seleccionar a sujetos claves y dispuestos a dar información relevante, así como poseer —por parte del investigador— habilidades de comunicación, escucha y confianza. Asimismo, se necesita la grabación y la transcripción de

la información para su posterior análisis. Se realizará, para esta investigación, entrevistas al personal involucrado con la planificación estratégica del proyecto de infraestructura educativa.

De acuerdo con King y Horrocks, 2009. La entrevista cualitativa es más íntima, flexible y abierta. Ésta se define como una reunión para conversar e intercambiar información entre una persona (el entrevistador) y otra (el entrevistado) u otras (entrevistados).

Instrumentos de recolección de datos

Según, Arias (2006) “las técnicas de recolección de datos son las distintas formas o maneras de obtener la información”, usare el análisis documental y las entrevistas. Arias (2006) indica que los instrumentos “son los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información” para esta investigación usare la ficha resumen de la información o ficha de resumen o formatos, que nos permitirá recolectar los datos más representativos provenientes de las fuentes bibliográficas. Se utilizará la guía de entrevistas, para recolectar los datos resultados de la entrevista al personal sobre sus procesos de planificación estratégica y datos relevantes de rendimientos.

Tabla 2:

Recolección de datos

RECOLECCIÓN DE DATOS					
Título de tesis: APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE LÍNEAS DE BALANCE EN LA GESTIÓN DEL CRONOGRAMA EN LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA N° 80010 RICARDO PALMA, TRUJILLO – TRUJILLO – LA LIBERTAD, 2023.					
Variable	Tipo	Fuente	Técnica	Instrumento	Herramienta
Gestión del cronograma.	Independiente.	Guía PMBook, Last Planner System.	Análisis de documento. Entrevistas.	Ficha resumen de la información. Guía de entrevistas.	Sectorización, balance de trabajo, tren de actividades, líneas de balance.

Aplicación Líneas de balance.	Dependiente.	Método líneas de balance	Análisis de documento. Entrevistas.	Ficha resumen de la información. Guía de entrevistas.	Software de ofimática (Excel, Word)
-------------------------------	--------------	--------------------------	-------------------------------------	---	-------------------------------------

Nota, La tabla muestra los componentes para el desarrollo de la recolección de datos.. Tabla elaborada por el investigador.

2.6. Análisis de datos

El análisis de los datos e información y su procesamiento se realizará por medio cuantitativo y estadístico descriptivo, nos permitirán conocer los principales datos que se obtendrán de la revisión de documentos (Expediente técnico, libros, revistas, etc.), lluvia de ideas, para después ser revisados y aprobados apoyándonos en un programa de ofimática.

- El análisis crítico: Se utilizará para aclarar qué elementos de la información recopilada pueden servir y facilitar la inclusión en modelos analíticos.

- La Digitación: Los datos recibidos se ingresarán en una computadora para su procesamiento adecuado. Se utilizará el software Microsoft Excel.

Para el Procesamiento, el análisis e interpretación de los datos se realizará mediante:

- Cuadros y gráficos de los datos recolectados.

La presentación y publicación de los resultados de los datos se realizará mediante:

- Cuadros y gráficos comparativos de los datos recolectados.

Figura 5

Proceso de análisis de datos, procesamiento y presentación de resultados.



Nota, La figura muestra el proceso de procesamiento de los datos recolectados para la investigación. Figura elaborada por el investigador.

2.7. Aspectos éticos

Para el estudio de la presente de investigación se han considerado las citas con autores referenciados debidamente, así como también se siguieron con las Normas APA 7ma ed. vigentes para este fin. Las tablas y graficas provenientes de diversas fuentes cuentan con las referencias debidas, respetando los derechos de autor. Además, se cumple con los protocolos, formatos y capítulos de las guías de investigación establecidas por la Universidad Privada del Norte. Por otro lado, luego de la recolección de los datos, se respeta la confidencialidad de la información recolectada ya que no tiene intención de perjudicar a la empresa.

2.8. Procedimiento

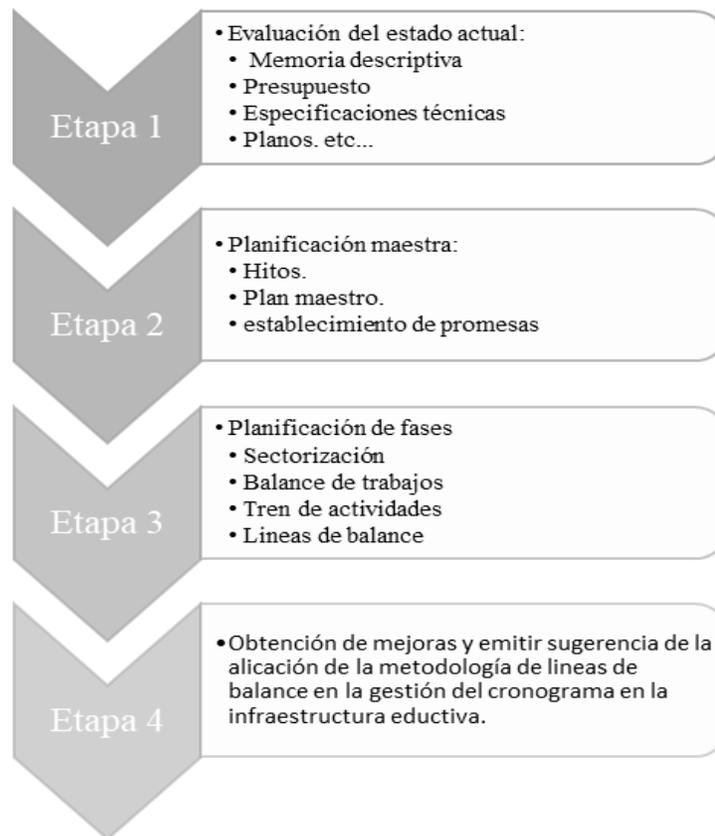
La presente tesis se enfoca en la elaboración de la gestión del cronograma de una infraestructura educativa, con la aplicación de la metodología de líneas de balance como herramienta para elaborar el cronograma. El cronograma será desarrollado en

el marco de Last Planner System en sus niveles de programación maestra y la de planificación de fases.

Por otro lado, para la evaluación del estado actual, esta investigación se realizará en la ciudad de Trujillo, de la etapa de planificación estratégica en la infraestructura educativa. Para la última etapa se determinará las mejoras y se emitirá las sugerencias de la aplicación de la metodología de líneas de balance.

Figura 6

Procedimiento de las etapas y herramientas a utilizar.



Nota, La figura muestra las etapas para realizar el procedimiento de la aplicación de Last Planner System y el método de la línea de balance. Figura elaborada por el investigador.

El propósito de esta metodología es describir a través de un proceso claro y detallado utilizando la herramienta de líneas de balance en las etapas de planeación, ejecución y control de un proyecto con procesos repetitivos.

La metodología que se presentará a continuación también pretende ser un recurso adicional para mejorar la gestión del cronograma en la fase de ejecución controlada por el Sistema Last Planner utilizando herramientas tales como la sectorización, trenes de trabajo y visualizando gráficamente por el método de las líneas de balance, para que se pueda realizar un control más preciso de la planificación maestra.

A continuación, se desarrolla la investigación siguiendo las etapas y usando las herramientas para obtener los objetivos de la investigación.

Etapa 1. Evaluación del estado actual

Para el desarrollo de esta primera etapa de la investigación se realizó una revisión de la literatura sobre la metodología de líneas de balance y el sistema Last Planner System, además de la revisión del expediente técnico y sus componentes, como son la memoria descriptiva, las especificaciones técnicas, los planos, los cronogramas contractuales, los presupuestos y sus APU, entre otros. Esta información fue tabulada en fichas resumen de la información.

Se detalla los datos relevantes para usarlo en la presente investigación:

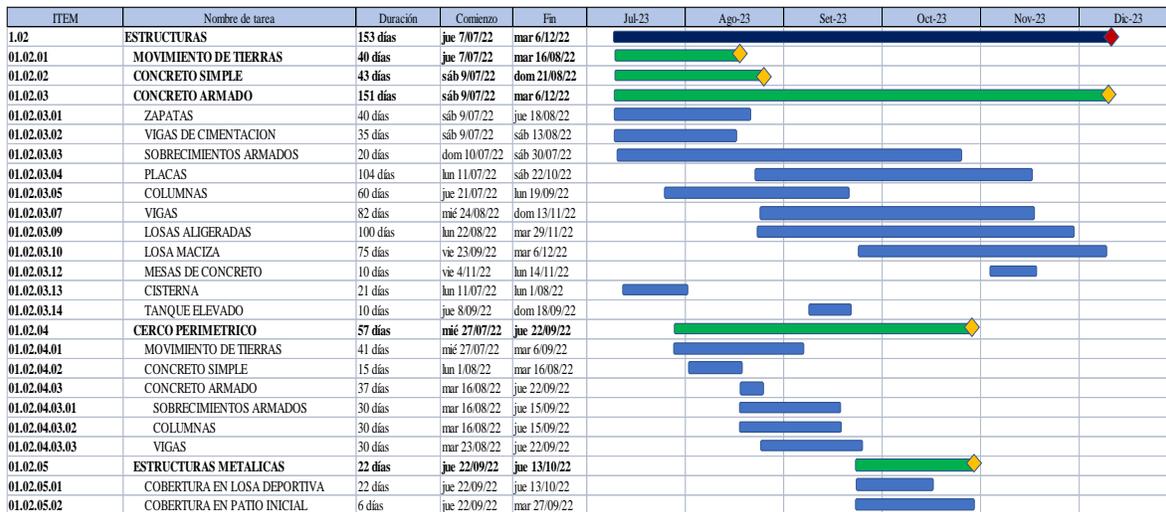
a. Plazo de ejecución contractual del proyecto

El plazo para la ejecución del proyecto denominado: “REHABILITACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA IE N° 80010 RICARDO PALMA DE NIVEL

INICIAL, PRIMARIA Y SECUNDARIA, DISTRITO DE TRUJILLO, PROVINCIA DE TRUJILLO, REGIÓN LA LIBERTAD”, está programado para **210 días calendarios**. Para la etapa de la fase de estructuras, donde enmarcamos la investigación, está programado realizarlo en **153 días calendario**. Ver Figura 7.

Figura 7

Cronograma Gantt, fase de estructuras.



Nota, La figura muestra el cronograma Gantt contractual del proyecto, para la fase de estructuras tiene una duración de 153 días calendario. Figura elaborada por el investigador.

b. Resumen de presupuesto analítico del proyecto

Tabla 4

Resumen de presupuesto analítico del proyecto

COMPONENTE	MONTO S/
1. MEJORAMIENTO DE INFRAESTRUCTURA DE EDUCACION	6,601,977.53
2. ADQUISICION DE MOBILIARIO	440,585.00

3. ADQUISICION DE EQUIPOS	298,370.00
4.GESTION Y ADMINISTRACION (PLAN DE CONTINGENCIA)	380,121.98
5.SUPERVISION Y LIQUIDACION DE OBRAS	347,447.45
MONTO DE INVERSION	S/. 8,068,501.96

Nota. Resumen del presupuesto para los diferentes componentes del proyecto.

Fuente expediente técnico de la obra.

c. Cronograma contractual del proyecto

Tabla 5

Cronograma contractual del proyecto

ITEM	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
ITEM	"REHABILITACION DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA I.E. N° 80010 RICARDO PALMA DE NIVEL INICIAL, PRIMARIA Y SECUNDARIA, DISTRITO DE TRUJILLO, PROVINCIA DE TRUJILLO, REGION LA LIBERTAD"	210 días	lun 4/07/22 09:00	dom 29/01/23 15:35
01	OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES Y ESTRUCTURAS	195 días	lun 4/07/22 09:00	sáb 14/01/23 15:45
01.01	OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES	195 días	lun 4/07/22 09:00	sáb 14/01/23 15:45
01.01.01	OBRAS PROVISIONALES	195 días	lun 4/07/22 09:00	sáb 14/01/23 15:45
01.01.02	OBRAS PRELIMINARES	15 días	jue 7/07/22 09:00	vie 22/07/22 08:50
01.01.03	DESMONTAJES	3 días	lun 4/07/22 09:00	jue 7/07/22 09:00
01.01.04	DEMOLICIONES	2 días	jue 7/07/22 09:00	sáb 9/07/22 09:00
01.01.05	SEGURIDAD Y SALUD	194 días	lun 4/07/22 09:00	vie 13/01/23 15:45
01.02	ESTRUCTURAS	153 días	jue 7/07/22 09:00	mar 6/12/22 16:10
01.02.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS	40 días	jue 7/07/22 09:00	mar 16/08/22 08:30

01.02.02	CONCRETO SIMPLE	43 días	sáb 9/07/22 09:00	dom 21/08/22 08:30
01.02.03	CONCRETO ARMADO	151 días	sáb 9/07/22 09:00	mar 6/12/22 16:10
01.02.04	CERCO PERIMETRICO	57 días	mié 27/07/22 08:45	jue 22/09/22 08:05
01.02.05	ESTRUCTURAS METALICAS	22 días	jue 22/09/22 08:05	jue 13/10/22 16:50
02	ARQUITECTURA	159 días	mar 9/08/22 08:35	sáb 14/01/23 15:45
02.01	MURO DE ALBAÑILERIA	70 días	mar 9/08/22 08:35	lun 17/10/22 16:45
02.02	REVOQUES Y ENLUCIDOS	90 días	sáb 3/09/22 08:20	jue 1/12/22 16:15
02.03	CIELORRASOS	50 días	sáb 17/09/22 08:10	sáb 5/11/22 16:35
02.04	PISOS, VEREDAS Y RAMPAS	87 días	dom 2/10/22 17:00	mié 28/12/22 15:55
02.05	REVESTIMIENTOS	10 días	vie 21/10/22 16:45	lun 31/10/22 16:35
02.06	ZOCALOS Y CONTRAZOCALOS	60 días	vie 21/10/22 16:45	mar 20/12/22 16:00
02.07	CUBIERTAS	89 días	jue 13/10/22 16:50	mar 10/01/23 15:45
02.08	CARPINTERIA DE MADERA	20 días	jue 15/12/22 16:05	mié 4/01/23 15:50
02.09	CARPINTERIA METALICA	113 días	jue 22/09/22 08:05	jue 12/01/23 15:45
02.10	CERRAJERIA	3 días	jue 15/12/22 16:05	dom 18/12/22 16:05
02.11	VIDRIOS, CRISTALES Y SIMILARES	35 días	dom 30/10/22 16:40	dom 4/12/22 16:15
02.12	PINTURA	102 días	dom 2/10/22 17:00	jue 12/01/23 15:45
02.13	VARIOS	114 días	vie 23/09/22 08:05	sáb 14/01/23 15:45
02.14	REHABILITACION DE MODULOS EXISTENTES	20 días	mié 14/12/22 16:05	mar 3/01/23 15:50
03	INSTALACIONES SANITARIAS	184 días	jue 14/07/22 08:55	vie 13/01/23 15:45
04	INSTALACIONES ELECTRICAS Y MECANICAS	183 días	jue 14/07/22 08:55	jue 12/01/23 15:45
05	SEÑALIZACION, SEGURIDAD Y SALUD	152 días	lun 4/07/22 09:00	vie 2/12/22 16:15
01	PLAN DE CONTINGENCIA	15 días	vie 1/05/20 09:00	sáb 16/05/20 08:50

02	MOBILIARIO	30 días	jue 15/12/22 16:05	sáb 14/01/23 15:45
03	EQUIPAMIENTO	30 días	jue 15/12/22 16:05	sáb 14/01/23 15:45

Nota. estructura de desglose de trabajo del cronograma del proyecto de investigación. Contiene 05 etapas principales: obras provisionales, trabajos preliminares y estructuras, arquitectura, instalaciones sanitarias, instalaciones eléctricas y mecánicas, y señalización, seguridad y salud, además de 3 etapas complementarias plan de contingencia, mobiliario y equipamiento. Fuente expediente técnico de la obra.

d. Rendimientos contractuales del proyecto

Tabla 6

Rendimientos contractuales del proyecto.

MS	ITE	DESCRIPCION	Und.	RENDIMI ENTO	CUADRI LLA	INDICE
	1.02	ESTRUCTURAS				
2.03	01.0	CONCRETO ARMADO				
2.03.01	01.0	ZAPATAS				
2.03.01.01	01.0	CONCRETO PARA ZAPATAS $f_c=280$ kg/cm ²	3	5	2 4	4 .48000
2.03.01.02	01.0	ACERO DE REFUERZO $f_y=4200$ kg/cm ²	g	300	2	0.05333
2.03.02	01.0	VIGAS DE CIMENTACION				
2.03.02.01	01.0	VIGAS DE CIMENTACION : CONCRETO $f_c=280$ Kg/cm ²	3	25	14	4.48000
2.03.02.02	01.0	VIGAS DE CIMENTACION : ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	2	12	2	1.33333
2.03.02.03	01.0	ACERO DE REFUERZO $f_y=4200$ kg/cm ²	g	300	2	0.05333
2.03.03	01.0	SOBRECIMENTOS ARMADOS				
2.03.03.01	01.0	SOBRECIMIENTO ARMADO: CONCRETO $f_c=175$ kg/cm ²	3	25	12	3.84000
2.03.03.02	01.0	SOBRECIMIENTO ARMADO: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	2	15	2	1.06667
2.03.03.03	01.0	ACERO DE REFUERZO $f_y=4200$ kg/cm ²	g	300	2	0.05333

2.03.04	01.0	PLACAS				
2.03.04.01	01.0	PLACAS: CONCRETO $f_c=210$ Kg/cm ²	3	12.5	12	7.68000
2.03.04.02	01.0	CARAVISTA PLACAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO TIPO	2	9.5	2	1.68421
2.03.04.03	01.0	QUIMICO CURADO DE CONCRETO CON CURADOR	2	12	1	0.66667
2.03.04.04	01.0	ACERO DE REFUERZO $f_y=4200$ kg/cm ²	g	300	2	0.05333
2.03.05	01.0	COLUMNAS				
2.03.05.01	01.0	COLUMNAS: CONCRETO $f_c=210$ Kg/cm ²	3	15	12	6.40000
2.03.05.02	01.0	TIPO CARAVISTA COLUMNAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	2	10	2	1.60000
2.03.05.03	01.0	QUIMICO CURADO DE CONCRETO CON CURADOR	2	12	1	0.66667
2.03.05.04	01.0	ACERO DE REFUERZO $f_y=4200$ kg/cm ²	g	300	2	0.05333
2.03.07	01.0	VIGAS				
2.03.07.01	01.0	VIGAS: CONCRETO $f_c=210$ Kg/cm ²	3	20	14	5.60000
2.03.07.02	01.0	CARAVISTA VIGAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO TIPO	2	12	2	1.33333
2.03.07.03	01.0	QUIMICO CURADO DE CONCRETO CON CURADOR	2	12	1	0.66667
2.03.07.04	01.0	ACERO DE REFUERZO $f_y=4200$ kg/cm ²	g	300	2	0.05333
2.03.09	01.0	LOSAS ALIGERADAS				
2.03.09.01	01.0	LOSA ALIGERADA: CONCRETO $f_c=210$ kg/cm ²	3	22	16	5.81818
2.03.09.02	01.0	DESENCOFRADO LOSA ALIGERADA: ENCOFRADO Y	2	20	2	0.80000
2.03.09.03	01.0	15X30X30 LOSA ALIGERADA: LADRILLO DE TECHO DE	nd.	1600	9	0.04500
2.03.09.04	01.0	ACERO DE REFUERZO $f_y=4200$ kg/cm ²	g	300	2	0.05333
2.03.10	01.0	LOSA MACIZA				
2.03.10.01	01.0	LOSA MACIZA: CONCRETO $f_c=210$ kg/cm ²	3	20	12	4.80000
2.03.10.02	01.0	DESENCOFRADO LOSA ARMADA: ENCOFRADO Y	2	18	2	0.88889
2.03.10.03	01.0	ACERO DE REFUERZO $f_y=4200$ kg/cm ²	g	300	2	0.05333
2.03.11	01.0	ESCALERAS				
2.03.11.01	01.0	ESCALERAS: CONCRETO $f_c=210$ Kg/cm ²	3	12	12	8.00000

2.03.11.02	01.0	ESCALERAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	2	7.5	2	2.13333
2.03.11.03	01.0	ACERO DE REFUERZO fy=4200 kg/cm2	g	300	2	0.05333

Nota. Cuadro de rendimientos de unidad/día, personas por cuadrilla e incidencia de la mano de obra en las partidas, todos los datos son contractuales. Fuente expediente técnico de la obra.

e. Metas físicas del proyecto

En el siguiente cuadro se detalla las áreas a: REHABILITAR (RESTITUIR):

Tabla 7

Metas físicas de la intervención a restituir.

METAS FISICAS DE LA INTERVENCIÓN DE RESTITUCIÓN			
MÓDULOS	NIVEL	AMBIENTE	ÁREA NETA (M2)
MÓDULO 1A	PRIMER NIVEL	SUB DIRECCIÓN PRIMARIA Y SECUNDARIA	19.51
		ALMACÉN DE ARCHIVOS DOCUMENTARIOS	6.73
		PSICOLOGÍA	13.34
		S.H. HOMBRES	3.4
		S.H. MUJERES	3.34
		COORDINACIÓN ADMINISTRATIVA	10.27
		T.O.E.	10.27
		DIRECCIÓN	10.4
		SALA DE REUNIONES	17.5
		DEPÓSITO DE MATERIAL PEDAGÓGICO	6.15
		DEPÓSITO DE MATERIAL DE OFICINA	5.89
	SECRETARÍA, SALA DE ESPERA Y CIRCULACIÓN	39.62	
	SEGUNDO NIVEL	AULA 12: 3° "A" SEC.. / 3° "C" SEC.	60.6
AULA 13: 3° "B" SEC.. / 4° "C" SEC.		60.88	
DEPÓSITO DE EDUCACIÓN FÍSICA		30.38	
MÓDULO 1B	PRIMER NIVEL	AULA 11: 2° "B" SEC.. / 2° "D" SEC.	60.9
		ZONA DE ATENCIÓN DE CAFETERÍA	29.97
		COCINA DE CAFETERÍA	20.22
		DESPENSA DE CAFETERÍA	9.95

	SEGUNDO NIVEL	AULA 14 4° "A" SEC.. / 4° "D"SEC.	60.9	
		AULA 15 4° "B" SEC. / 5° "C"SEC.	60.9	
	TERCER NIVEL	TALLER DE ARTESANIA	60.9	
		AULA 17: 5° "B" SEC.	60.9	
MÓDULO 1C	PRIMER NIVEL	ESCALERA + INC. VESTIBULO	30.87	
	SEGUNDO NIVEL	ESCALERA + INC. VESTIBULO	30.87	
	TERCER NIVEL	VESTÍBULO ESCALERA	10.47	
MÓDULO 1D	PRIMER NIVEL	VESTÍBULO SSHH	5.67	
		S.H. DISCAPACITADOS	6.15	
		SS.HH. ALUMNOS	15.75	
		VESTÍBULO SSHH	7.14	
		S.H. PROF. M.	3.63	
		SS.HH. ALUMNAS	13.16	
		DEPÓSITO DE LIMPIEZA	3.7	
	SEGUNDO NIVEL	VESTÍBULO SSHH	4.58	
		S.H. PROF. H.	3.63	
		SS.HH. ALUMNOS	19.5	
		VESTÍBULO SSHH	7.14	
		S.H. PROF. M.	3.63	
		SS.HH. ALUMNAS	13.16	
		DEPÓSITO DE LIMPIEZA	3.7	
	TERCER NIVEL	VESTÍBULO SSHH	4.58	
		S.H. PROF. H.	3.63	
		SS.HH. ALUMNOS	19.5	
		VESTÍBULO SSHH	7.14	
		S.H. PROF. M.	3.63	
		SS.HH. ALUMNAS	13.16	
		DEPÓSITO DE LIMPIEZA	3.7	
	MÓDULO 1E	PRIMER NIVEL	CIRCULACIÓN DE QALI WARMA PRIMARIA	10.12
			COCINA DE QALI WARMA PRIMARIA	20.27
			DESPENSA DE QALI WARMA PRIMARIA	14.56
CENTRO DE RESPUESTA A EMERGENCIA			14.39	
S.U.M.			123.23	
SEGUNDO NIVEL		SALA DE PROFESORES PRIMARIA Y SECUNDARIA	30.06	
		DEPÓSITO DE BIBLIOTECA	30.01	
		BIBLIOTECA	122.72	
TERCER NIVEL		LABORATORIO DE CIENCIA	91.89	
		TALLER DE EDUCACIÓN POR EL TRABAJO	91.73	
MODULO 1F	PRIMER NIVEL	ESCALERA + INC. VESTIBULO	30.87	
	SEGUNDO NIVEL	ESCALERA + INC. VESTIBULO	30.87	
	TERCER NIVEL	VESTÍBULO ESCALERA	10.47	

MODULO 02	PRIMER NIVEL	AULA 18 : INICIAL 3 AÑOS	60.66
		DEPÓSITO 3 AÑOS	5.9
		AULA 19: INICIAL 4 AÑOS	60.66
		DEPÓSITO 4 AÑOS	5.9
		SS.HH. INICIAL	16.18
	SEGUNDO NIVEL	ESCALERA	14.12
		AULA 16: 5° "A" SEC../ 5° "D"SEC.	75.28
		AULA 20: INICIAL 5 AÑOS	60.66
		DEPÓSITO 5 AÑOS	5.9
		SS.HH. INICIAL	7.77
MODULO 03	PRIMER NIVEL	COCINA DE QALI WARMA INICIAL	18.1
		DESPENSA DE QALI WARMA INICIAL	11.17
		S.U.M. INICIAL/ PSICOMOTRICIDAD	60.46
	SEGUNDO NIVEL	AULA DE INNOVACIÓN PEDAGÓGICA PRIMARIA	90.98
		MÓDULO DE CONECTIVIDAD	8.88
	TERCER NIVEL	AULA DE INNOVACIÓN PEDAGÓGICA SECUNDARIA	90.98
		MÓDULO DE CONECTIVIDAD SECUNDARIA	8.88
MODULO 04	PRIMER NIVEL	VIGILANCIA	6.76
		CUARTO TABLERO ELÉCTRICO	5.69
EXTERIORES	PRIMER NIVEL	CASETA DE GRUPO ELECTRÓGENO	5.88
AREA NETA			2143.01
MUROS Y CIRCULACIONES 10.55%			225.97
VOLADIZO DE MODULOS(PISO 1,2,3)			568
VEREDA			226.28
(A) AREA CONSTRUIDA TECHADA DE MATERIAL NOBLE(M2)			3163.26
LOSA DEPORTIVA			402.8
VEREDA PERIMETRICA LOSA DEPORTIVA			105.49
PATIO DE JUEGOS			65.72
(B) AREA CONSTRUIDA TECHADA- MATERIAL LIVIANO (M2)			574.01
(C) AREA CONSTRUIDA TOTAL TECHADA MATERIAL NOBLE Y LIVIANO (M2)			3737.27
PATIO DE FORMACION 1			585.18
HALL PATIO			61.84
PATIO DE FORMACION 2			484.7
PATIO			145.6
VEREDAS, RAMPAS Y CIRCULACIONES			180.4
(D) AREA CONSTRUIDA SIN TECHAR			1457.72
(E) AREA CONSTRUIDA TOTAL TECHADA Y IN TECHAR (M2)			5194.99
CERCO PERIMETRICO (ML)			186.72

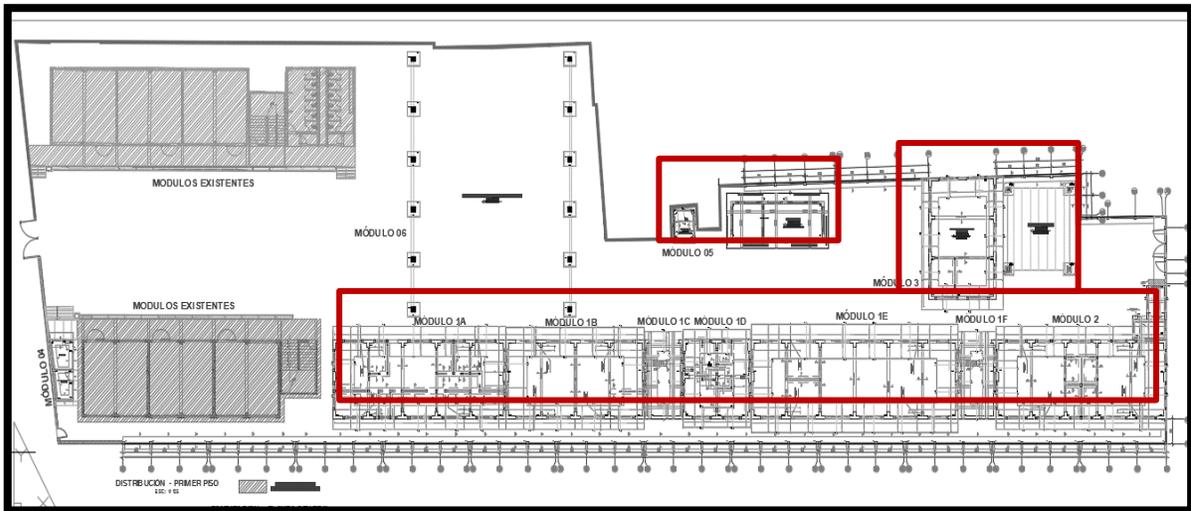
Nota, se presenta la tabla de áreas del planteamiento arquitectónico de la IE

N°80010 Ricardo Palma, donde se contempla la restitución de 10 aulas pedagógicas, además de ambientes complementarios y la restitución de ambientes preexistentes.

f. Revisión de planos del proyecto

Figura 8

Plano de Planta de módulos a restituir de proyecto



Nota, se presenta el plano de planta general del planteamiento arquitectónico de la IE N°80010 Ricardo Palma, donde se localiza las áreas a restitución de 10 aulas pedagógicas, además de ambientes complementarios y la restitución de ambientes preexistentes.

g. Metrados general del proyecto

Tabla 8

Metrados de componente fase de estructuras contractual del proyecto según

partidas

METRADO ESTRUCTURAS - RESUMEN			
“REHABILITACION DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA I.E. N°			
PRO	80010 RICARDO PALMA DE NIVEL INICIAL, PRIMARIA Y		
YECTO	SECUNDARIA, DISTRITO DE TRUJILLO, PROVINCIA DE TRUJILLO,		
	REGIÓN LA LIBERTAD”		
ACIÓN	UBIC	LA LIBERTAD-TRUJILLO	
ALIDAD	ESPE	ESTRUCTURAS	
HA	FEC	JULIO 2022	
ITEM	DESCRIPCION	nd.	Total
01.02	ESTRUCTURAS		
01	01.02. MOVIMIENTO DE TIERRAS		
01.01	01.02. CORTE Y NIVELACION DE TERRENO NATURAL A NIVEL DE SUB RASANTE	3	1,286.12
01.02	01.02. EXCAVACION Y PERFILADO DE TERRENO EN ZANJA, ZAPATAS, VIGAS DE CIMENTACION CON MAQUINARIA	3	982.48
01.03	01.02. EXCAVACION Y PERFILADO PARA CISTERNA CON MAQUINARIA	3	180.15
01.04	01.02. EXCAVACION CON HERRAMIENTAS MANUALES	3	108.54
01.05	01.02. RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO CON MAQUINARIA	3	385.52
01.06	01.02. RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE PRESTAMO-MATERIAL GRANULAR	3	1,049.47
01.07	01.02. ELIMINACIÓN MATERIAL EXCEDENTE C/MAQUINA DPROM.= 15KM	3	858.69
02	01.02. CONCRETO SIMPLE		
02.01	01.02. SOLADO C:H 1:10, e=10cm	2	94.49
02.02	01.02. CIMIENTO CORRIDO - CONCRETO F'C=175KG/CM2 + 30%PG	3	54.99
02.03	01.02. CONCRETO PARA FALSO PISO f'c=140 kg/cm2, INC. CURADO	2	82.41
03	01.02. CONCRETO ARMADO		
03.01	01.02. ZAPATAS		
03.01.01	01.02. CONCRETO PARA ZAPATAS f'c=280 kg/cm2	3	542.61

03.01.02	01.02.	ACERO DE REFUERZO $f_y=4200$ kg/cm ²	g	34,194.95
03.02	01.02.	VIGAS DE CIMENTACION		
03.02.01	01.02.	VIGAS DE CIMENTACION: CONCRETO $f_c=280$ Kg/cm ²	3	26.18
03.02.02	01.02.	VIGAS DE CIMENTACION: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	2	204.44
03.02.03	01.02.	ACERO DE REFUERZO $f_y=4200$ kg/cm ²	g	9,034.53
03.03	01.02.	SOBRECIMIENTOS ARMADOS		
03.03.01	01.02.	SOBRECIMIENTO ARMADO: CONCRETO $f_c=175$ kg/cm ²	3	53.81
03.03.02	01.02.	SOBRECIMIENTO ARMADO: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	2	698.76
03.03.03	01.02.	ACERO DE REFUERZO $f_y=4200$ kg/cm ²	g	2,383.65
03.04	01.02.	PLACAS		
03.04.01	01.02.	PLACAS: CONCRETO $f_c=210$ Kg/cm ²	3	348.68
03.04.02	01.02.	PLACAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO TIPO CARAVISTA	2	3,013.49
03.04.03	01.02.	CURADO DE CONCRETO CON CURADOR QUIMICO	2	3,013.49
03.04.04	01.02.	ACERO DE REFUERZO $f_y=4200$ kg/cm ²	g	63,549.55
03.05	01.02.	COLUMNAS		
03.05.01	01.02.	COLUMNAS: CONCRETO $f_c=210$ Kg/cm ²	3	45.71
03.05.02	01.02.	COLUMNAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO TIPO CARAVISTA	2	398.11
03.05.03	01.02.	CURADO DE CONCRETO CON CURADOR QUIMICO	2	398.11
03.05.04	01.02.	ACERO DE REFUERZO $f_y=4200$ kg/cm ²	g	5,271.18
03.06	01.02.	COLUMNETAS		
03.06.01	01.02.	COLUMNETAS: CONCRETO $f_c=210$ Kg/cm ²	3	65.52
03.06.02	01.02.	COLUMNETAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	2	1,172.67
03.06.03	01.02.	ACERO DE REFUERZO $f_y=4200$ kg/cm ²	g	8,090.94
03.07	01.02.	VIGAS		
03.07.01	01.02.	VIGAS: CONCRETO $f_c=210$ Kg/cm ²	3	242.63

03.07.02	01.02.	CARAVISTA VIGAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO TIPO	2	1,832.65
03.07.03	01.02.	CURADO DE CONCRETO CON CURADOR QUIMICO	2	1,832.65
03.07.04	01.02.	ACERO DE REFUERZO $f_y=4200$ kg/cm ²	g	45,961.48
03.08	01.02.	VIGAS DE CONFINAMIENTO		
03.08.01	01.02.	VIGAS DE CONFINAMIENTO: CONCRETO $f_c=210$ Kg/cm ²	3	15.02
03.08.02	01.02.	VIGAS DE CONFINAMIENTO: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	2	221.11
03.08.03	01.02.	ACERO DE REFUERZO $f_y=4200$ kg/cm ²	g	3,096.57
03.09	01.02.	LOSAS ALIGERADAS		
03.09.01	01.02.	LOSA ALIGERADA: CONCRETO $f_c=210$ kg/cm ²	3	188.48
03.09.02	01.02.	LOSA ALIGERADA: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	2	2,205.68
03.09.03	01.02.	LOSA ALIGERADA: LADRILLO DE TECHO DE 15X30X30	nd.	18,373.30
03.09.04	01.02.	ACERO DE REFUERZO $f_y=4200$ kg/cm ²	g	10,797.26
03.10	01.02.	LOSA MACIZA		
03.10.01	01.02.	LOSA MACIZA: CONCRETO $f_c=210$ kg/cm ²	3	9.12
03.10.02	01.02.	LOSA ARMADA: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	2	45.60
03.10.03	01.02.	ACERO DE REFUERZO $f_y=4200$ kg/cm ²	g	2,202.71
03.11	01.02.	ESCALERAS		
03.11.01	01.02.	ESCALERAS: CONCRETO $f_c=210$ Kg/cm ²	3	30.28
03.11.02	01.02.	ESCALERAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	2	112.26
03.11.03	01.02.	ACERO DE REFUERZO $f_y=4200$ kg/cm ²	g	2,092.21
03.12	01.02.	MESAS DE CONCRETO		
03.12.01	01.02.	MESA DE CONCRETO $f_c=175$ Kg/cm ²	3	7.45
03.12.02	01.02.	MESA DE CONCRETO: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL	2	104.64
03.12.03	01.02.	ACERO DE REFUERZO $f_y=4200$ kg/cm ²	g	178.21
03.13	01.02.	CISTERNA		

03.13.01	01.02.	CISTERNA: CONCRETO f'c=280 Kg/cm ² , CON IMPERMEABILIZANTE	3	27.75
03.13.02	01.02.	CISTERNA : ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	2	164.64
03.13.03	01.02.	ACERO DE REFUERZO fy=4200 kg/cm ²	g	7,790.87
03.14	01.02.	TANQUE ELEVADO		
03.14.01	01.02.	TANQUE ELEVADO:CONCRETO f'c=280 kg/cm ² CON IMPERMEABILIZANTE	3	27.78
03.14.02	01.02.	TANQUE ELEVADO:ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	2	240.10
03.14.03	01.02.	ACERO DE REFUERZO fy=4200 kg/cm ²	g	466.46
04	01.02.	CERCO PERIMETRICO		
04.01	01.02.	MOVIMIENTO DE TIERRAS		
04.01.01	01.02.	EXCAVACION MANUAL (H=1.60m), EN CERCO PERIMETRICO	3	202.45
04.01.02	01.02.	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO ZARANDEADO CON MAQUINARIA	3	57.70
04.01.03	01.02.	ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE C/MAQUINARIA	3	188.95
04.02	01.02.	CONCRETO SIMPLE		
04.02.01	01.02.	CIMIENTO CORRIDO - CONCRETO F'C=175KG/CM ² + 30% PG	3	113.88
04.03	01.02.	CONCRETO ARMADO		
04.03.01	01.02.	SOBRECIMENTOS ARMADOS		
04.03.01.01	01.02.	SOBRECIMIENTO ARMADO:CONCRETO f'c=175 kg/cm ²	3	26.81
04.03.01.02	01.02.	SOBRECIMIENTO ARMADO : ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	2	266.86
04.03.01.03	01.02.	ACERO DE REFUERZO fy=4200 kg/cm ²	g	833.11
04.03.02	01.02.	COLUMNAS		
04.03.02.01	01.02.	COLUMNAS : CONCRETO f'c=210 Kg/cm ²	3	23.73
04.03.02.02	01.02.	COLUMNAS : ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	2	335.07
04.03.02.03	01.02.	ACERO DE REFUERZO fy=4200 kg/cm ²	g	2,133.60
04.03.03	01.02.	VIGAS		
04.03.03.01	01.02.	VIGAS : CONCRETO f'c=210 Kg/cm ²	3	16.25

04.03.03.02	01.02.	VIGAS : ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	2	65.00
04.03.03.03	01.02.	ACERO DE REFUERZO $f_y=4200$ kg/cm ²	g	1,218.55
05	01.02.	ESTRUCTURAS METALICAS		
05.01	01.02.	COBERTURA EN LOSA DEPORTIVA		
05.01.01	01.02.	TIJERAL EN ARCO TIPO T-1	nd	6.00
05.01.02	01.02.	VIGA METALICA TIPO VM-1		780.00
05.01.03	01.02.	ARRIOSTRES PARA VIGUETA AL-1		87.25
05.01.04	01.02.	ARRIOSTRE DIAGONAL PARA CUBIERTA		150.60
05.02	01.02.	COBERTURA EN PATIO INICIAL		
05.02.01	01.02.	ARMADURA TIPO T-1		15.80
05.02.02	01.02.	VIGA METALICA TIPO VIG. VM-1		83.00
05.02.03	01.02.	COLUMNA METALICA 6"x6"x3/8" (h=4.50m)	nd.	4.00

Nota, En la Tabla se presenta los metrados para la fase de estructuras y sus componentes, se tomarán únicamente los relacionados al muestreo de la investigación.
Fuente expediente técnico del proyecto.

Etapa 2. Planificación maestra

El proyecto de investigación se enmarca en el estudio de una infraestructura educativa con módulos de dos a tres pisos, en la ciudad de Trujillo, Perú. En este caso, el área a intervenir es de 238 m²/piso aproximadamente. Los procesos de construcción son altamente repetitivos en cada piso. Los trabajos de estructuras para el concreto armado incluyen: (1) acero de refuerzo vertical, (2) instalación de tubería sanitaria vertical, (3) instalación eléctrica vertical, (4) encofrado vertical, (5) vaciado

de concreto vertical, (6) desencofrado horizontal, (7) curado de estructura, (8) encofrado horizontal, (9) acero de refuerzo horizontal, (10) instalación de tuberías horizontales, (11) instalación eléctrica horizontal, (12) vertido de concreto horizontal, (13) curado de estructura, (14) desencofrado horizontal.

Tabla 9

Lista de actividades a desarrollar para la ejecución.

Item	Actividades
1	Acero de refuerzo vertical
2	Instalaciones eléctricas vertical
3	Instalaciones sanitarias vertical
4	Encofrado vertical
5	Vaciado de concreto vertical
6	Desencofrado vertical
7	Curado
8	Encofrado horizontal
9	Acero de refuerzo horizontal
10	Instalaciones eléctricas horizontal
11	Instalaciones sanitarias horizontal
12	Vaciado de concreto horizontal
13	Curado
14	Desencofrado horizontal

Nota, En la Tabla se presenta la secuencia de proceso constructivo a desarrollar en el cronograma de ejecución. Estos datos fueron proporcionados por los responsables de la ejecución. Tabla elaborada por el investigador.

De acuerdo con el procedimiento indicado en la Figura 6, se desarrolla esta etapa para la planificación maestra. Según los pasos siguientes:

a. Hitos

Consiste en plantear los hitos que se requieren para cumplir con los objetivos contractuales. Se trabaja a nivel de grupos (fases) y se hace la programación para todo el proyecto. Este plan de hitos puede estar sujeto a modificaciones y ajustes de acuerdo con el estado del proyecto (inicio, secuencia, dimensiones, etc.). La figura 9 esquematiza los hitos para este proyecto de investigación en la fase de estructuras.

Figura 9

Plan de hitos del proyecto a ejecutar.

ITEM	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Jul-23	Ago-23	Set-23	Oct-23	Nov-23	Dic-23
1.02	ESTRUCTURAS	153 días	jue 7/07/22	mar 6/12/22						
01.02.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS	40 días	jue 7/07/22	mar 16/08/22	◆	◆				
01.02.02	CONCRETO SIMPLE	43 días	sáb 9/07/22	dom 21/08/22	◆	◆				
01.02.03	CONCRETO ARMADO	151 días	sáb 9/07/22	mar 6/12/22	◆					◆
01.02.04	CERCO PERIMETRICO	57 días	mié 27/07/22	jue 22/09/22	◆		◆			
01.02.05	ESTRUCTURAS METALICAS	22 días	jue 22/09/22	jue 13/10/22			◆	◆		
01.02.05.01	COBERTURA EN LOSA DEPORTIVA	22 días	jue 22/09/22	jue 13/10/22			◆	◆		
01.02.05.02	COBERTURA EN PATIO INICIAL	6 días	jue 22/09/22	mar 27/09/22			◆	◆		

Nota, se presenta la figura con los días calendario para el plan maestro para la fase de estructuras de 153 d. y de concreto armada de 151 d. calendario para la planificación.

b. Plan maestro

Dependiendo de la zona o país en el que se encuentra el proyecto se deben de identificar las fechas importantes como los días feriados, domingos, entre otros con el fin de identificar solamente los días hábiles de trabajo y que de esta manera la planeación del proyecto sea lo más acertada posible. Además, se considera un buffer de tiempo generado por la gerencia para garantizar el termino contractual.

Tabla 10

Días para ejecución contractual y fase de estructuras, días hábiles.

Días de ejecución del proyecto fase estructuras:

Días contractuales: 153 d.

Domingos: 22 d.

Días feriados: 6 d.

Días hábiles: 125 d.

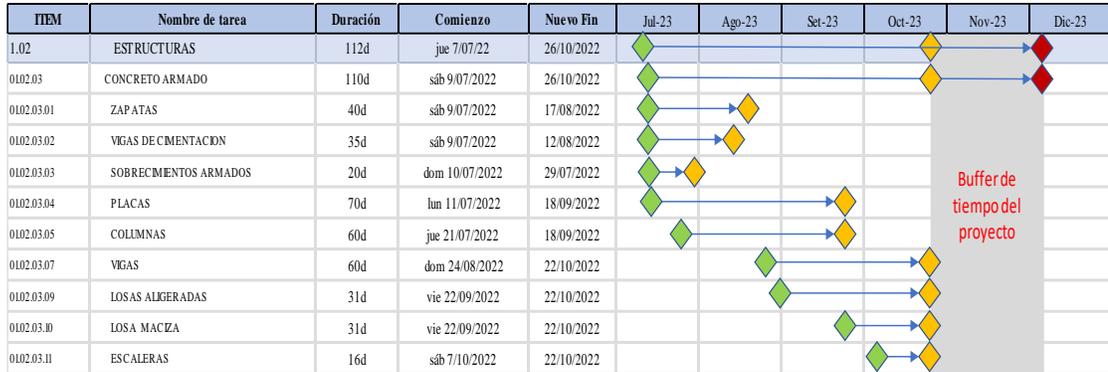
Buffer del proyecto (10%): 13 d.

Días ejecución del proyecto: 112 d.

Nota, se presenta la tabla con los días hábiles para el plan maestro para la fase de estructuras de 153d. calendario para la planificación y 112d. hábiles para la programación con un 10% de aseguramiento del cronograma.

Figura 10

Plan maestro en fase de estructuras.



Nota, se presenta la figura con el plan maestro para la fase de estructuras de concreto armado con 110 d. calendario para la planificación. Además, se muestra el buffer de tiempo del proyecto para asegurar el plazo contractual de 153d. En amarillo se muestra los nuevos hitos para los compromisos de entrega.

c. Establecimiento de promesas

Los responsables de ejecución plantearon y otorgaron la conformidad a los siguientes ajustes:

Las actividades correctas para el proyecto en su fase de estructuras para concreto armado se realizará según la Tabla 12. En la tabla 13 se detalla la secuencia de actividades de producción, así mismo en la Figura 10 se preséntalos hitos y el buffer de tiempo comprometido respetando para el nuevo cronograma de ejecución lo indicado. Además, en la Tabla 11 se entregan los nuevos rendimientos comprometidos para la ejecución.

Tabla 11

Nuevos rendimientos para la ejecución, basada en compromiso.

ACTIVIDAD	Und.	RENDIMIENTO
CONCRETO	m3/día	32
ENCOFRADO	m2/día	30
ACERO	kg/día	500

Nota, se presenta la Tabla con los nuevos rendimientos para la ejecución, con ello lograr los hitos contractuales, cabe indicar que estos rendimientos provienen de los compromisos de los responsables de la ejecución.

Tabla 12

Listado de actividades por estructura.

Estructuras								
Actividades	Zapatatas	Vigas de cimentación	Sobrecimientos armados	Placas y columnas	Vigas y Losas	Cisterna	Tanque elevado	Cerco perimétrico
Acero de refuerzo vertical	X	X	X	X		X	X	X
Instalaciones eléctricas vertical		X	X	X		X	X	X
Instalaciones sanitarias vertical		X	X	X		X	X	X
Encofrado vertical		X	X	X		X	X	X
Vaciado de concreto vertical	X	X	X	X		X	X	X
Desencofrado vertical		X	X	X		X	X	X
Curado	X	X	X	X		X	X	X
Encofrado horizontal					X	X	X	X
Acero de refuerzo horizontal					X	X	X	X
Instalaciones eléctricas horizontal					X	X	X	X
Instalaciones sanitarias horizontal					X	X	X	X

Vaciado de concreto horizontal					X	X	X	X
Curado					X	X	X	X
Desencofrado horizontal					X	X	X	X

Nota, se presenta en la tabla las actividades a desarrollar en el planeamiento según las estructuras seleccionadas para la investigación.

Tabla 13

Secuencia de actividades para la fase de estructura y buffer de tiempo.

Secuencia	Actividades	Buffer de tiempo
1	Acero de refuerzo vertical	
2	Instalaciones eléctricas vertical	X
3	Instalaciones sanitarias vertical	X
4	Encofrado vertical	
5	Vaciado de concreto vertical	
6	Desencofrado vertical	
7	Curado	X
8	Encofrado horizontal	
9	Acero de refuerzo horizontal	
10	Instalaciones eléctricas horizontal	X
11	Instalaciones sanitarias horizontal	X
12	Vaciado de concreto horizontal	
13	Curado	X
14	Desencofrado horizontal	

Nota, se presenta en la tabla la secuencia de actividades y el buffer de tiempo para proteger el planeamiento.

Etapa 3. Plan de fases

a. Sectorización

Tabla 14

Hoja de cálculo de sectores por rendimiento en concreto vertical y horizontal

BASE DE SECTORIZACIÓN					
ACTIVIDAD	Und.	VERTICAL	HORIZONTAL	RENDIMIENTO	SECTORES
CONCRETO	m3	1016.99	470.51	32	14.7034
ENCOFRADO	m2	4314.8	4196.19	30	139.8730
ACERO	kg	114433.86	61053.66	500	122.1073

Nota, Se presenta en la tabla el cuadro de base de sectorización que basado en los metrados de elementos horizontales de la actividad concreto y divididos por el rendimiento se haya la cantidad de 14 sectores para realizar el cronograma de ejecución. Tabla elaborada por el investigador.

b. Balance de trabajos

Tabla 15

Módulos y sectores del plan sectorización

PLAN DE SECTORIZACIÓN				
MÓDULOS	NIVEL	ÁREA (M2)	NETA	SECTORES
MÓDULO 1A	PRIMER NIVEL		146.42	1.00 SEC 04
	SEGUNDO NIVEL		151.86	1.04 SEC 09
MÓDULO 1B	PRIMER NIVEL		121.04	0.83 SEC 01
	SEGUNDO NIVEL		121.8	0.84 SEC 06

	TERCER NIVEL	121.8	0.84	SEC 11
MÓDULO 1C	PRIMER NIVEL	30.87	0.21	SEC 01
	SEGUNDO NIVEL	30.87	0.21	SEC 06
	TERCER NIVEL	10.47	0.07	SEC 11
MÓDULO 1D	PRIMER NIVEL	55.2	0.38	SEC 03
	SEGUNDO NIVEL	55.34	0.38	SEC 08
	TERCER NIVEL	55.34	0.38	SEC 13
MÓDULO 1E	PRIMER NIVEL	182.57	1.25	SEC 02
	SEGUNDO NIVEL	182.79	1.25	SEC 07
	TERCER NIVEL	183.62	1.26	SEC 12
MODULO 1F	PRIMER NIVEL	30.87	0.21	SEC 03
	SEGUNDO NIVEL	30.87	0.21	SEC 09
	TERCER NIVEL	10.47	0.07	SEC 14
MODULO 02	PRIMER NIVEL	163.42	1.12	SEC 05
	SEGUNDO NIVEL	149.61	1.03	SEC 10
MODULO 03	PRIMER NIVEL	89.73	0.62	SEC 03
	SEGUNDO NIVEL	99.86	0.69	SEC 08
	TERCER NIVEL	99.86	0.69	SEC 13
MODULO 04	PRIMER NIVEL	12.45	0.09	SEC 04
EXTERIORES	PRIMER NIVEL	5.88	0.04	SEC 04
AREA NETA		2143.01	145.75	14

Nota, se presenta en la tabla la incidencia de los sectores en los módulos y sus respectivas áreas de incidencia. Tabal elaborado por el investigador.

Tabla 16

Módulos y sectores balanceado para el plan de fases

MÓDULOS Y SECTORES					
NIVEL	MÓDULOS		SECTORES		
PRIMER NIVEL	MÓDULO 1B	MÓDULO 1C	SEC 01	1.04	5%
		MÓDULO 1E	SEC 02	1.25	
		MÓDULO 1D	SEC 03	1.21	
		MÓDULO 1A	SEC 04	1.13	
		MODULO 02	SEC 05	1.12	
SEGUNDO NIVEL	MÓDULO 1C		SEC 06	1.05	3%

	MÓDULO 1E		SEC 07	1.25	
	MODULO 03	MÓDULO 1D	SEC 08	1.06	
	MÓDULO 1A	MODULO 1F	SEC 09	1.25	
	MODULO 02		SEC 10	1.03	
TERCER NIVEL	MÓDULO 1C	MÓDULO 1B	SEC 11	0.91	
	MÓDULO 1E		SEC 12	1.26	
	MODULO 03		SEC 13	1.06	%
	MODULO 1F		SEC 14	0.07	

Nota, se presenta en la tabla el balance según módulo, sector y nivel, se evidencia que en los primeros niveles se hará un esfuerzo adicional por cuadrillas de trabajo de 15%, en el segundo nivel de 13% y en el tercer nivel un esfuerzo de 8%. Tabla elaborada por el investigador.

Tabla 17

Secuencia de actividades para ejecutar y cantidad de cuadrillas

Item	Actividades	Und.
1	Acero de refuerzo vertical impar	kg
1	Acero de refuerzo vertical par	kg
2	Instalaciones eléctricas vertical	glb
3	Instalaciones sanitarias vertical	glb
4	Encofrado vertical impar	m2
4	Encofrado vertical par	m2
5	Vaciado de concreto vertical	m3
6	Desencofrado vertical	m2

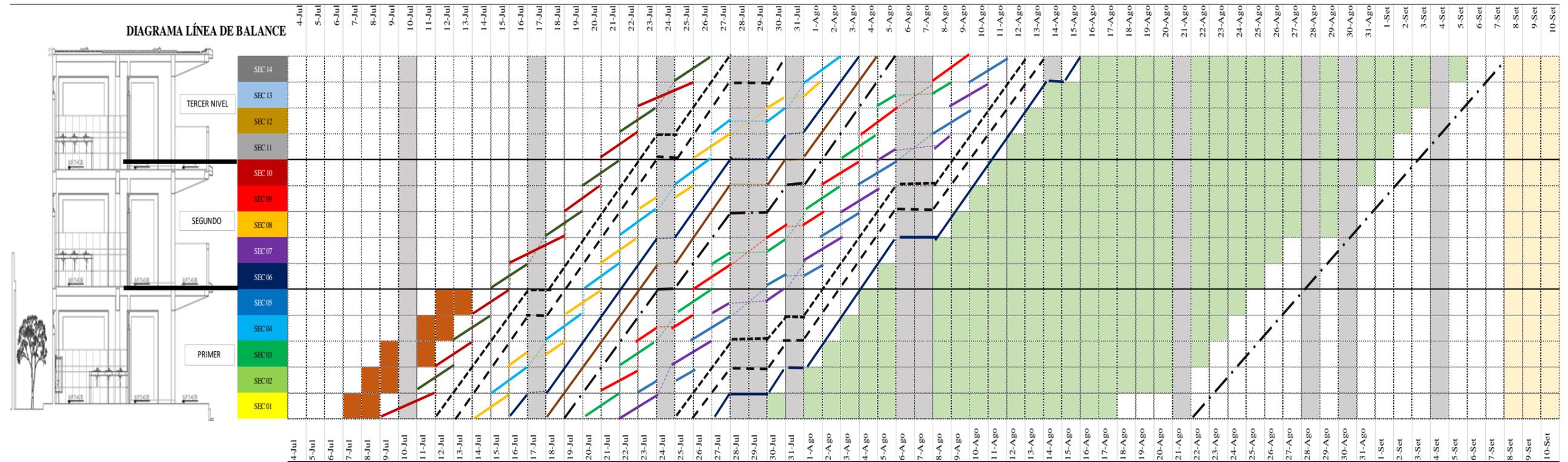
7	Curado	m2
8	impar Encofrado horizontal	m2
8	par Encofrado horizontal	m2
9	horizontal par Acero de refuerzo	kg
9	horizontal impar Acero de refuerzo	kg
10	eléctricas horizontal Instalaciones	glb
11	sanitarias horizontal Instalaciones	glb
12	horizontal Vaciado de concreto	m3
13	Curado	m2
14	horizontal impar Desencofrado	m2
14	horizontal par Desencofrado	m2

Nota, se presenta en la tabla el balance de cuadrillas por actividad a desarrollar, en un esfuerzo por conseguir anticipar las metas planteadas en el Plan maestro. Con esta distribución se garantiza el cumplimiento de las metas y se asegura con buffer de tiempos absolver cualquier variabilidad. Tabla elaborada por el investigador.

Con los datos desarrollados y entregados por los responsables de la ejecución y con la finalidad de garantizar los cumplimientos contractuales, se desarrolla los trenes de actividades y se aplica la metodología de la línea de balance para realizar el cronograma de ejecución de obra.

d. Línea de balance

Figura 12:
Diagrama de línea de balance de ejecución del proyecto



DONDE:

- Concreto cimentaciones
- Acero de refuerzo vertical impar
- Acero de refuerzo vertical par
- Instalaciones eléctricas vertical
- Instalaciones sanitarias vertical
- Encofrado vertical impar
- Encofrado vertical par
- Vaciado de concreto vertical
- Desencofrado vertical
- Curado

- Encofrado horizontal impar
- Encofrado horizontal par
- Acero de refuerzo horizontal par
- Acero de refuerzo horizontal impar
- Instalaciones eléctricas horizontal
- Instalaciones sanitarias horizontal
- Vaciado de concreto horizontal
- Curado
- Desencofrado horizontal impar
- Desencofrado horizontal par

Item	Actividades	Und.	Metrado	N (sector)	T (día)	Velocidad	Rendimiento	Und.	cuadrilla	Lag (d)	Duración (d)
1	Acero de refuerzo vertical impar	kg	34410.37	7.00	14.00	0.50	2500.00	kg/día	5.0	1.00	2.00
1	Acero de refuerzo vertical par	kg	34410.37	7.00	14.00	0.50	2500.00	kg/día	5.0	1.00	2.00
2	Instalaciones eléctricas vertical	gb	0	14.00	14.00	1.00	1.00	gb	1.0	1.00	1.00
3	Instalaciones sanitarias vertical	gb	0	14.00	14.00	1.00	1.00	gb	1.0	1.00	1.00
4	Encofrado vertical impar	m2	1194.06	7.00	14.00	0.50	90.00	m2/día	3.0	1.00	2.00
4	Encofrado vertical par	m2	1194.06	7.00	14.00	0.50	90.00	m2/día	3.0	1.00	2.00
5	Vaciado de concreto vertical	m3	394.39	14.00	14.00	1.00	32.00	m3/día	1.0	1.00	1.00
6	Desencofrado vertical	m2	1023.48	14.00	14.00	1.00	75.00	m2/día	2.5	1.00	1.00
7	Curado	m2	3411.60	14.00	14.00	1.00	243.69	m2/día	1.0	1.00	1.00
8	Encofrado horizontal impar	m2	1573.57	7.00	14.00	0.50	112.50	m2/día	4.0	1.00	2.00
8	Encofrado horizontal par	m2	1573.57	7.00	14.00	0.50	112.50	m2/día	4.0	1.00	2.00
9	Acero de refuerzo horizontal par	kg	30526.83	7.00	14.00	0.50	2250.00	kg/día	4.5	1.00	2.00
9	Acero de refuerzo horizontal impar	kg	30526.83	7.00	14.00	0.50	2250.00	kg/día	4.5	1.00	2.00
10	Instalaciones eléctricas horizontal	gb	0	14.00	14.00	1.00	1.00	gb	1	1.00	1.00
11	Instalaciones sanitarias horizontal	gb	0	14.00	14.00	1.00	1.00	gb	1	1.00	1.00
12	Vaciado de concreto horizontal	m3	470.51	14.00	14.00	1.00	32.00	m3/día	1	1.00	1.00
13	Curado	m2	1832.65	14.00	14.00	1.00	130.00	m2/día	1	21.00	1.00
14	Desencofrado horizontal impar	m2	1049.05	7.00	14.00	0.50	75.00	m2/día	2.5	1.00	2.00
14	Desencofrado horizontal par	m2	1049.05	7.00	14.00	0.50	75.00	m2/día	2.5	1.00	2.00

Nota, se presenta figura donde se ha desarrollado el tren de actividades, se evidencia el curado de las estructuras horizontales, además de las secuencias de cuadrillas para sectores impares y pares, con el fin de garantizar cumplimientos más tempranos, y garantizar las metas planteadas en el Plan maestro. Se evidencia los buffers de tiempos que son las actividades de instalaciones eléctricas y sanitarias, para garantizar el cumplimiento de la meta y absolver cualquier retraso. Figura elaborada por el investigador.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

Para poder responder a la pregunta de investigación, propuesta en la justificación, esta investigación tuvo como objetivo general la de aplicar la metodología de líneas de balance en la gestión del cronograma, para ello la planificación se enmarcó en el sistema de Last Planner System en la etapa de Plan maestro y Plan de fases, en una muestra a conveniencia tomada de una infraestructura educativa, para el desarrollo se tomó la fase de estructuras, para las partidas de concreto armado: placas y columnas, vigas, losas aligeradas y losas macizas y escaleras, para las actividades de concreto, acero de refuerzo y encofrado y desencofrado. Luego se desarrolló el método de las líneas de balance para verificar su desempeño del cronograma propuesto con el cronograma contractual. Se obtuvo los siguientes resultados:

3.1. Resultados de la evaluación del estado actual en la gestión del cronograma.

- a. Del desarrollo del cronograma contractual del proyecto,** se evidencia una ruta crítica en la fase de estructuras, este cronograma está realizado con días calendario y no tiene en consideración los rendimientos en el cronograma considerando los días festivos, domingos y feriados que se tenga. Además, el cronograma no cuenta con buffer en el sistema que le permita absolver cualquier tipo de contingencia o variabilidad en la ejecución. El Gantt con el que se cuenta está realizado por el método de CPM y PERT. Este cronograma refiere un desglose de trabajo de actividades macro a realizar y fechas inicio y fin para la entrega de estas, no

evidencia espacio o ubicación en el proyecto a realizar. No se evidencia compromisos sobre la realización del cronograma. No se evidencia la ruta de trabajo a seguir, solo indica actividades y duraciones. Se obtiene las fechas de hitos contractuales en total de 153 días calendarios, para la fase de estructuras y 151 días calendarios para las partidas en estudio de concreto armado, ver figura XX se identificó los hitos contractuales para las diferentes fase y partidas a ejecutar, estas fueron tomada por los responsables de producción para mejorar las fechas y los compromisos.

b. De las actividades y su duración contractual del proyecto, se evidencia en el cronograma que está realizada en fases y estas subdivididas en partidas, cuenta con un desglose de trabajo adecuado al tipo de infraestructura, con un nivel de detalle macro a comparación de lo que se ejecuta normalmente como son los procesos constructivos. Las duraciones asignadas están enmarcadas en los rendimientos contractuales y desarrolladas la duración en la ruta crítica, o la ruta que no tiene holguras.

c. Del control del cronograma, hay que mencionar que el proyecto cuenta con un control de cronograma, pero únicamente económico, curva S, este control solo es monetario, además, evidencia en el cronograma que está realizada en fases y estas subdivididas en partidas, cuenta con un desglose de trabajo adecuado al tipo de infraestructura, con un nivel de detalle macro a comparación de lo que se ejecuta normalmente como son los procesos constructivos. Las duraciones asignadas están enmarcadas en los rendimientos contractuales.

3.2. Resultados de la aplicación del método de la línea de balance en la gestión del cronograma.

Para esta segunda etapa de la investigación realizada, iniciamos la planificación maestra donde se enmarca en el Last Planner System y se usa las herramientas de sectorización y tren de trabajo para luego utilizar la gráfica del método de la línea de balance, teniendo como resultados lo siguiente:

a. Del desarrollo del cronograma de ejecución del proyecto,

Se obtuvieron los nuevos hitos, ver figura 9, con las nuevas fechas fin del proyecto en total de 112 días calendarios, para la fase de estructuras y 110 días calendarios para las partidas en estudio, se considera un buffer de 10% de días útiles en total 13 días, y la cantidad de días feriados, domingos y festivos 28 días, en total 41 días buffer.

Tabla 18

Nuevos hitos de fecha fin y buffer del proyecto

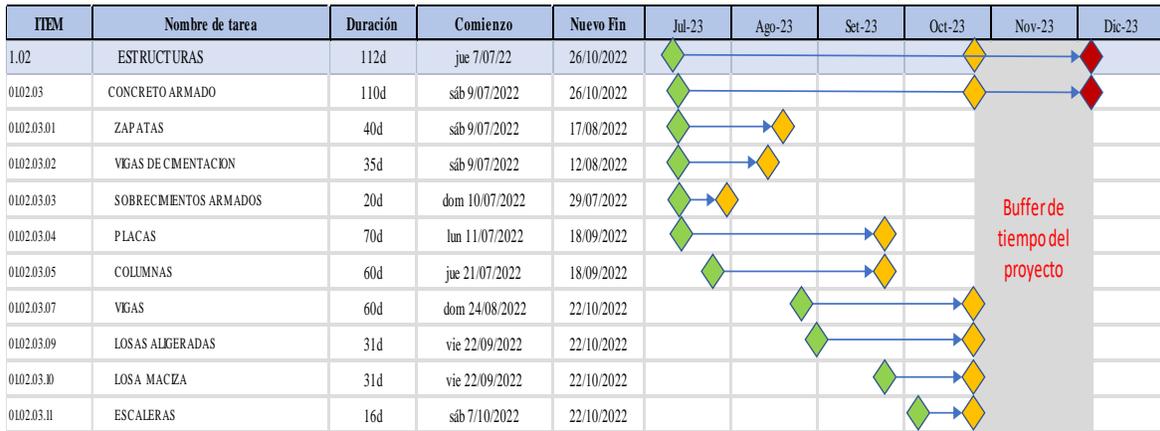
ITEM	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	BUFFER	Duración	Comienzo	Fin
1.02	ESTRUCTURAS	153 días	jue 7/07/22	mar 6/12/22	41 días	112 días	jue 7/07/22	26/10/2022
01.02.03	CONCRETO ARMADO	151 días	sáb 9/07/22	mar 6/12/22	41 días	110 días	sáb 9/07/22	26/10/2022

Nota, se presenta figura los hitos contractuales, los hitos de ejecución para realizar el cronograma y el buffer que se debe tener en consideración para absolver las variabilidades en la ejecución. Tabla elaborada por el investigador.

Estos datos sirvieron para desarrollar el plan maestro, ver figura 20, además se realizaron los compromisos para pasar al plan de fases, donde se desarrolló en mayor detalle el cronograma de ejecución del proyecto.

Figura 20:

Plan maestro de ejecución del proyecto.



Nota, se presenta en la figura los hitos de ejecución del proyecto indicando los hitos de concreto armado con 110 días calendario para la ejecución y un buffer de 41 días.

Los principales compromisos presentados por los responsables de la ejecución se muestran a continuación:

b. De las actividades y su duración de ejecución del proyecto,

Con respecto a los rendimientos, se presenta para concreto 32m³/día, encofrado y desencofrado 30m²/día y para acero de refuerzo 500 kg/día, todo ello para cumplimiento de la entrega del proyecto.

Con respecto al cronograma plan maestro, se comprometen a respetar los hitos de entrega y las fechas fin, además de mantener el buffer proyectado para la ejecución y las duraciones comprometidas.

Con respecto a las actividades, estas se presentaron por los responsables de la ejecución, se dividieron en elementos verticales y elementos horizontales, además incluyeron la duración de cada proceso para el plan de fases, ver Tabla 19.

Tabla 19

Secuencia de procedimiento, actividades y sus duraciones para la ejecución del proyecto.

Ítem	Actividades	Proceso	Duración (días)
PLACAS Y COLUMNAS			
01.02.03.04.04	PLACAS: ACERO DE REFUERZO $f_y=4200$ kg/cm ²	ACERO DE REFUERZO	2
01.02.03.05.04	COLUMNAS: ACERO DE REFUERZO $f_y=4200$ kg/cm ²	VERTICAL	
01.02.03.04.02	PLACAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO TIPO CARAVISTA	ENCOFRADO VERTICAL	2
01.02.03.05.02	COLUMNAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO TIPO CARAVISTA	VERTICAL	
01.02.03.04.01	PLACAS: CONCRETO $f_c=210$ Kg/cm ²	VACIADO DE CONCRETO	1
01.02.03.05.01	COLUMNAS: CONCRETO $f_c=210$ Kg/cm ²	VERTICAL	
01.02.03.05	DESENCOFRADO TIPO CARAVISTA	DESENCOFRADO VERTICAL	1
01.02.03.05.03	CURADO DE CONCRETO CON CURADOR QUIMICO	CURADO	1
VIGAS, LOSAS Y ESCALERA			
01.02.03.07.02	VIGAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO TIPO CARAVISTA		2
01.02.03.09.02	LOSA ALIGERADA: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	ENCOFRADO HORIZONTAL	
01.02.03.10.02	LOSA ARMADA: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO		
01.02.03.11.02	ESCALERAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO		2
01.02.03.09.04	VIGAS: ACERO DE REFUERZO $f_y=4200$ kg/cm ²		
01.02.03.10.03	LOSA ALIGERADA ACERO DE REFUERZO $f_y=4200$ kg/cm ²	ACERO DE REFUERZO	
01.02.03.07.04	LOSA ARMADA: ACERO DE REFUERZO $f_y=4200$ kg/cm ²	REFUERZO HORIZONTAL	
01.02.03.11.03	ESCALERAS: ACERO DE REFUERZO $f_y=4200$ kg/cm ²		

01.02.03.09.01	LOSA ALIGERADA: CONCRETO $f_c=210$ kg/cm ²	VACIADO DE	
01.02.03.10.01	LOSA MACIZA: CONCRETO $f_c=210$ kg/cm ²	CONCRETO	1
01.02.03.11.01	ESCALERAS: CONCRETO $f_c=210$ Kg/cm ²	HORIZONTAL	
01.02.03.07.03	CURADO DE CONCRETO CON CURADOR QUIMICO	CURADO	1
01.02.03.09.04	DESENCOFRADO TIPO CARAVISTA	DESENCOFRADO HORIZONTAL	1

Nota, se presenta en la tabla la compatibilidad de las partidas contractuales y las duraciones de compromiso, para el proceso constructivo del plan de fases. Tabla desarrollada por el investigador.

Para realizar el plan de fases la obra se sectorizo en 14 unidades, estas divididas en áreas casi simétricas, con un grado de distorsión de 12% promedio, como se presenta en la tabla 20.

Tabla 20

Grado de distorsión de los sectores de trabajo.

TABLA DE MÓDULOS Y SECTORES						
NIVEL	MÓDULOS			SECTORES		%
PRIMER NIVEL	MÓDULO 1B	MÓDULO 1C		SEC 01	1.04	15%
	MÓDULO 1E			SEC 02	1.25	
	MÓDULO 1D	MODULO 03	MODULO 1F	SEC 03	1.21	
	MÓDULO 1A			SEC 04	1.13	
	MODULO 02			SEC 05	1.12	
SEGUNDO NIVEL	MÓDULO 1C	MÓDULO 1B		SEC 06	1.05	13%
	MÓDULO 1E			SEC 07	1.25	
	MODULO 03	MÓDULO 1D		SEC 08	1.06	
	MÓDULO 1A	MODULO 1F		SEC 09	1.25	
	MODULO 02			SEC 10	1.03	
TERCER NIVEL	MÓDULO 1C	MÓDULO 1B		SEC 11	0.91	8%
	MÓDULO 1E			SEC 12	1.26	
	MODULO 03			SEC 13	1.06	
	MODULO 1F			SEC 14	0.07	

Nota, se presenta en la tabla la cantidad de sectores y su nomenclatura, estas por cada nivel de módulo, y el porcentaje de incidencia por cada nivel. Tabla desarrollada por el investigador.

Las actividades que se requirió agregar cuadrillas extras son las de acero de refuerzo y encofrado y desencofrado de los elementos verticales y horizontales, manteniendo con una cuadrilla los de vaciado de concreto, curado e instalaciones.

Estas cuadrillas no implicaron mayor número de personas en los sectores, al tener dos días para realizar la labor se mantuvieron cuadrillas básicas según lo indicado en la tabla 21.

Hay que indicar que los Lag son de 1 día para los procesos de acero de refuerzo, encofrado y desencofrado, vaciado de concreto, curado e instalaciones. Además, los curados, por su naturaleza en los elementos horizontales y según los procedimientos de calidad, se otorgó 21 días para poder continuar con el desencofrado y poder entregar a la fase de arquitectura las estructuras.

El buffer de la investigación es de 41 días calendario.

c. Del control del cronograma de ejecución,

Para que los responsables puedan realizar los seguimientos y controles se realizaron los gráficos de tren de actividades, ver figura 11, y el cronograma gráfico de la línea de balance, ver figura 12, con ello poder tener un control visual de los avances y poder contrastar con lo proyectado en la ejecución. La aplicación de la línea de

balance se realizó mediante el cuadro de velocidades, así se estructuró el gráfico de las líneas de balance.

Tabla 21:

Cuadro de velocidades para graficar las líneas de balance.

Ítem	Actividades	Und.	Metrado	Sectores	Metrado/sector	Rend. Uni.	cuadrilla	Rend. Total	N (sector)	T (día)	Velocidad	Rend / Día	Und.	cuadrilla	Lag (d)	Duración (d)
1	Acero de refuerzo vertical impar	kg	34410.37	7	4915.77	500.00	10	5000.00	7.00	14.00	0.50	2500.00	kg/día	5.0	1.00	2.00
1	Acero de refuerzo vertical par	kg	34410.37	7	4915.77	500.00	10	5000.00	7.00	14.00	0.50	2500.00	kg/día	5.0	1.00	2.00
2	Instalaciones eléctricas vertical	glb	0	14	0.00	1.00	1	1.00	14.00	14.00	1.00	1.00	glb	1.0	1.00	1.00
3	Instalaciones sanitarias vertical	glb	0	14	0.00	1.00	1	1.00	14.00	14.00	1.00	1.00	glb	1.0	1.00	1.00
4	Encofrado vertical impar	m2	1194.06	7	170.58	30.00	6	180.00	7.00	14.00	0.50	90.00	m2/día	3.0	1.00	2.00
4	Encofrado vertical par	m2	1194.06	7	170.58	30.00	6	180.00	7.00	14.00	0.50	90.00	m2/día	3.0	1.00	2.00
5	Vaciado de concreto vertical	m3	394.39	14	28.17	32.00	1	32.00	14.00	14.00	1.00	32.00	m3/día	1.0	1.00	1.00
6	Desencofrado vertical	m2	1023.48	14	73.11	30.00	2.5	75.00	14.00	14.00	1.00	75.00	m2/día	2.5	1.00	1.00
7	Curado	m2	3411.60	14	243.69	245.00	1	243.69	14.00	14.00	1.00	243.69	m2/día	1.0	1.00	1.00
8	Encofrado horizontal impar	m2	1573.57	7	224.80	30.00	7.5	225.00	7.00	14.00	0.50	112.50	m2/día	4.0	1.00	2.00
8	Encofrado horizontal par	m2	1573.57	7	224.80	30.00	7.5	225.00	7.00	14.00	0.50	112.50	m2/día	4.0	1.00	2.00
9	Acero de refuerzo horizontal par	kg	30526.8	7	4360.98	500.00	9	4500.00	7.00	14.00	0.50	2250.00	kg/día	4.5	1.00	2.00
9	Acero de refuerzo horizontal impar	kg	30526.8	7	4360.98	500.00	9	4500.00	7.00	14.00	0.50	2250.00	kg/día	4.5	1.00	2.00
10	Instalaciones eléctricas horizontal	glb	0	14	0.00	1.00	1	1.00	14.00	14.00	1.00	1.00	glb	1	1.00	1.00
11	Instalaciones sanitarias horizontal	glb	0	14	0.00	1.00	1	1.00	14.00	14.00	1.00	1.00	glb	1	1.00	1.00
12	Vaciado de concreto horizontal	m3	470.51	14	33.61	32.00	1	32.00	14.00	14.00	1.00	32.00	m3/día	1	1.00	1.00
13	Curado	m2	1832.65	14	130.90	130.00	1	130.00	14.00	14.00	1.00	130.00	m2/día	1	21.00	1.00
14	Desencofrado horizontal impar	m2	1049.05	7	149.86	30.00	5	150.00	7.00	14.00	0.50	75.00	m2/día	2.5	1.00	2.00
14	Desencofrado horizontal par	m2	1049.05	7	149.86	30.00	5	150.00	7.00	14.00	0.50	75.00	m2/día	2.5	1.00	2.00

Nota, se presenta en la tabla el cuadro de velocidades, cuadrillas a utilizar, rendimientos día y las duraciones para cada proceso, según los sectores establecidos.

Tabla desarrollada por el investigador.

Como resultado de la investigación realizada, fue posible llegar a una optimización de tiempo de construcción muy agresiva. Además, debido a que se tiene que controlar la planificación, los controles gráficos ayudan para tomar decisiones en tempranos tiempos. Tiempo de compromiso de entrega en 61 días calendario.

3.3. Resultados de las mejoras de la aplicación del método de la línea de balance en la gestión del cronograma.

Con respecto a las mejoras en el cronograma al aplicar el método de la línea de balance enmarcado en el Last Planner System se obtuvieron, ver tabla 21, las siguientes cantidades:

Tabla 22:

Cuadro de mejoras del cronograma para la ejecución.

ITEM	Nombre de tarea	Duración contractual	Duración línea de balance
1.02	ESTRUCTURAS	153 días	112 días
01.02.03	CONCRETO ARMADO INVESTIGACIÓN	151 días	61 días
01.02.03.04	PLACAS	104 días	28 días
01.02.03.05	COLUMNAS	60 días	28 días
01.02.03.07	VIGAS	82 días	50 días
01.02.03.09	LOSAS ALIGERADAS	100 días	50 días
01.02.03.10	LOSA MACIZA	75 días	50 días
01.02.03.11	ESCALERAS	16 días	50 días

Nota, Se presenta en la tabla las mejoras en la duración del cronograma donde indica una reducción agresiva para elementos verticales de 104 días a 28 días, esto sucede porque se tomó dos equipos de trabajo para sectores pares e impares en las actividades de encofrado y desencofrado y acero de refuerzo. Al igual que para elementos horizontales donde se coordinaron dos equipos de trabajo para sectores pares e impares, para los procesos de encofrado y desencofrado y acero de refuerzo para elementos horizontales. Únicamente se respetó una sola cuadrilla para los vaciados de concreto. Tabla desarrollada por el investigador.

Otro resultado importante, como se muestra en la Figura 12, es que muestra los paquetes de trabajos repetitivos desarrollados con la herramienta de Last Planner,

trenes de actividades, además muestra el rendimiento (velocidad) con la que se realizará cada actividad para cumplir con la ejecución del cronograma. Esta aplicación combinada mejora la secuencia de los equipos para realizar las actividades, anticipando posibles colisiones entre las mismas. Permite además una mejor estimación de duraciones del cronograma

Otra mejora encontrada en la aplicación del método de la línea de balance en la gestión del cronograma, como se muestra en la Figura 12, es la presentación visual de la información del cronograma relacionada con el plazo (tiempo), la actividad y la ubicación (espacio) de la ejecución del proyecto. Con esta aplicación de la metodología se puede realizar los seguimientos y controles adecuados para garantizar la ejecución del cronograma.

3.4. Propuesta de método sistemático para la aplicación del método de la línea de balance en la gestión del cronograma.

Se propone el método sistemático desarrollado en la presente tesis, procedimiento según la figura 6: *Procedimiento de las etapas y herramientas a utilizar*, con el fin de poder desarrollar en 4 etapas la aplicación del método de la línea de balance en la gestión del cronograma en el marco de Last Planner System y usando las herramientas de sectorización y tren de actividades, el cual resulta sugerible para cualquier infraestructura con trabajos repetitivos y no repetitivos.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Discusión

Para Riveros y Yate (2018) demostraron una desventaja muy evidente, la cual indica que la línea de balance no cuenta con una ruta crítica, ya que su diseño no permite realizarla, en esta investigación realizada con el apoyo de Last Planner System, hemos evidenciado que todo el sistema es crítico, si alguna actividad se retrasa esta repercute a las sucesoras y predecesoras. Además, al utilizar el sistema Last Planner juntamente con la metodología de Línea de Balance, puede seguir la programación más de cerca y determinar qué actividades comienzan antes y la ubicación del frente de trabajo, esto permite además garantizar todos los recursos necesarios y las acciones de gestión estén disponibles, en esta investigación según las figuras 11 y figura 12, se puede gráficamente anticipar los recursos para las actividades a realizar y los recurso a utilizar.

En su investigación Mauricio (2017), indica que se complementa con el método “Last Planner” con la de “líneas de balance”, las dos utilizan el cálculo de velocidad para la planificación como se ha realizado en esta investigación y se evidencia en las figuras 11 y figura 12, las cuales son desarrolladas por los rendimientos propuestos para la ejecución. Además, Mauricio (2017) destaca como obstáculos para la implementación del método el nivel de comodidad y falta de cultura organizacional en las empresas frente a la práctica tradicional, para esta investigación como limitaciones afirmo lo indicado por el autor citado y que se evidencia en las limitaciones encontradas.

En la investigación nacional realizada por Estebes (2015), para el dimensionamiento objetivo del buffer mostraron un comportamiento suficiente para controlar el flujo y la

variabilidad del proceso de ejecución. Se demostró objetivamente que la reducción del riesgo se logró mediante la inclusión de amortiguadores, logrando una confiabilidad del programa ejecución vs el contractual del 87%. Para nuestra investigación en la etapa de planificación de la ejecución tenemos una confiabilidad esperada de 60% y un buffer de 40%, este buffer está sustentado en los procesos de instalaciones y los rendimientos comprometidos por los responsables de la ejecución.

En el trabajo presentado por Chun y Sevillano (2015), concluyeron que el Plan Maestro utiliza un programa de líneas de balance es de fácil manejo, en la cual se puede ubicar en una gráfica de Actividades vs Tiempo, la cual permite tener una visión global del proyecto, donde se identifican los recursos y la secuencia de actividades; como resultado de esta investigación podemos afirmar que si bien es cierto que se puede graficar la actividad vs tiempo también se debe indicar que la ubicación física plasmada en la gráfica complementa la planificación de la ejecución del proyecto y la vuelve más real.

Limitaciones

Entre las principales limitaciones para el desarrollo de la investigación se tuvo:

El retrasó, por los responsables de la ejecución, en la entrega de las fichas de entrevista para la entrega de los datos. Estos fueron una gran limitante para poder desarrollar oportunamente el cronograma de ejecución.

La falta de un procedimiento estandarizado para de la aplicación de la línea de balance, el investigador no encontró un procedimiento para implementarlo claro, se optó por seguir la secuencia del marco de Last Planner System. En las referencias bibliográficas todas las investigadas eran muy distintas. Además, no se encontró mucha información

internacional referente al tema, siendo una metodología de gran utilización a nivel europeo y de norte América.

La falta de conocimiento para el uso de una metodología de planificación por parte de los responsables de la ejecución, se realizó un esfuerzo por parte del investigador en aclarar las etapas y los compromisos.

La falta de disponibilidad de tiempo para reunir a los responsables de la ejecución de obra y poder presentar los avances de la investigación.

Implicancias

Entre las principales implicancias de esta investigación, permito destacar lo siguiente:

Se realizó mayores búsquedas de literatura sobre la metodología para poder encontrar un procedimiento estandarizado y poder utilizarlo para esta investigación en la aplicación de la línea de balance, implicó tener más horas de análisis documental. Además de retrasar la aplicación de la metodología de la línea balance.

Se realizó un acompañamiento a los responsables de ejecución para que entendieran la aplicación de la metodología de líneas de balance en el cronograma de ejecución, además implicó desarrollar conjuntamente el procedimiento de 4 etapas en el marco de Last Planner System. Esto generó más horas del investigador en obra y fuera de horarios de trabajo.

Se desarrolló los gráficos de tren de actividades y líneas de balance, esto implicó realizar 3 iteraciones para ajustar las cuadrillas de acero de refuerzo y encofrado y desencofrado, por lo que causaba según los rendimientos mayores consumos de tiempo de

buffer, esto implicó tener más horas de análisis con los responsables de ejecución para lograr los compromisos pactados.

Conclusiones

Se ha desarrollado un procedimiento, en el Capítulo 2 Metodología en su índice 2.5, de cómo se debe aplicar la metodología de líneas de balance en la gestión del cronograma en la infraestructura educativa N° 80010 Ricardo Palma, Trujillo – Trujillo – La Libertad, 2023, utilizando el marco de Last Planner System y herramientas como la sectorización y trenes de actividad.

Se realizó la evaluación del estado actual sobre el procedimiento de gestión del cronograma en el proyecto de infraestructura educativa, analizando el expediente técnico y sus componentes (memoria descriptiva, planos, metrados, presupuestos, APU, etc....) con los que se obtuvieron los datos requeridos en los resúmenes documentario para poder realizar el cronograma de ejecución.

Se aplicó el método de líneas de balance en la elaboración de la gestión del cronograma en el marco de Last Planner System en una infraestructura educativa, logrando desarrollar los gráficos de tren de actividades y de líneas de balance, para su control de la planificación.

Se obtuvo mejoras en la gestión del cronograma al aplicar la metodología de líneas de balance, logrando una reducción de tiempos de entrega de 60% a razón del contractual, además se dimensionó lo restante del buffer del proyecto para sostener la planificación de la ejecución. Cabe indicar que se optimizaron las cuadrillas y los rendimientos de ejecución.

Para los controles de la planificación se requiere adicionar procesos de seguimiento como por ejemplo LookAhead y los PPC.

La eficiencia de la metodología de la línea de balance, como un método de programación de la ejecución, recae principalmente en las tres dimensiones que requiere (tiempo, ubicación, actividad), donde, hace visualmente el diagrama de líneas de balance muy potente, a la hora de modificar por interferencias de actividades en la ubicación y por tiempos fuera de lo programado corregir con acciones simultáneas y secuenciales.

En respuesta a la pregunta de investigación las mejoras encontradas al aplicar la metodología de líneas de balance en la gestión del cronograma con respecto a los paquetes de trabajo, estos han sido desglosados en actividades, pasando de partidas contractuales a procedimiento constructivo con la cual la estimación de los recursos resulta mucho más real según lo planificado.

Otro resultado importante, como se muestra en la Figura 12, es que muestra los paquetes de trabajos repetitivos desarrollados con la herramienta de Last Planner, trenes de actividades, además muestra el rendimiento (velocidad) con la que se realizará cada actividad para cumplir con la ejecución del cronograma. Esta aplicación combinada mejora la secuencia de los equipos para realizar las actividades, anticipando posibles colisiones entre las mismas. Permite además una mejor estimación de duraciones del cronograma. Otra mejora encontrada en la aplicación del método de la línea de balance en la gestión del cronograma, como se muestra en la Figura 12, es la presentación visual de la información del cronograma relacionada con el plazo (tiempo), la actividad y la ubicación (espacio) de la

ejecución del proyecto. Con esta aplicación de la metodología se puede realizar los seguimientos y controles adecuados para garantizar la ejecución del cronograma.

Se propone el procedimiento desarrollado, en el Capítulo 2 Metodología en su índice 2.5, como método sistemático para la aplicación de la metodología de línea de balance para futuras investigaciones de otro tipo de infraestructura y complementaria a la mejora del control de la productividad.

Recomendaciones

Implementar modelos de simulación 3D para la gestión del cronograma con el uso de siguiente marco de trabajo: Last Planner System, las herramientas: Sectorización y tren de actividades, y el método de: Líneas de Balance están en desarrollo.

Investigar sobre los beneficios económicos que se logren con la aplicación de la metodología aplicada en esta investigación pueden ser posibilidades de futuras investigaciones.

Dentro de las programaciones contractuales, algunas actividades no se grafican en las barras de Gantt, se recomienda representar esas actividades con el uso de la metodología de Líneas De Balance.

REFERENCIAS

- Arditi, D., Tokdemir, O. B., & Suh, K. (2001). *Scheduling system for repetitive unit construction using line-of-balance technology*. Engineering, Construction and Architectural Management
- Arias, F. (2006). *El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica*. (5ª ed.). Caracas, Venezuela: Editorial EPISTEME.
- Bernardes, M, M, S, (2011) *Planejamento e Controle da Produção Para Empresas de Construção Civil*. First Edition Pages(s)190. LTC, Rio de Janeiro
- Calampa, S. (2014) *Aplicación de la Línea de Balance en el sistema Last Planner en proyectos de edificaciones*. [Tesis de grado para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Católica del Perú.]. Repositorio Institucional de la Pontificia Universidad Católica del Perú. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/5787>
- Camacho Mascareño, Alejandro (2002) *Aplicación de la Técnica "Line of Balance" (L.O.B.) en la Administración de Proyectos de Construcción Repetitiva (Viviendas en Serie)*- [Tesis de grado, Universidad de Chile.]. Repositorio Institucional de la Universidad de Chile.
<https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4218456>
- Cerón, M. C., & Cerâon, M. C. (2006). *Metodologías de la investigación social*. LOM ediciones.
- Chun Torres, L., & Sevillano Sierra, E. (2015). *Planificación maestra aplicando líneas de balance a la obra 'Edificio Multifamiliar Residencial Pedro Urraca' - Trujillo, en*

la mejora de la eficiencia. [Tesis de grado para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Privada Antenor Orrego].

Repositorio Institucional de la Universidad Privada Antenor Orrego.

<https://hdl.handle.net/20.500.12759/1145>

Damci, A., Arditi, D., & Polat, G. (2013). *Resource leveling in line-of-balance scheduling.* Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, 28(9), 679-692.

Diaz Bazo, C. y L. Sime (2009). *Una mirada a las técnicas e instrumentos de investigación* [diapositivas]. Lima. Consulta: 15 de noviembre del 2022.

<http://blog.pucp.edu.pe/blog/wp-content/uploads/sites/184/2009/02/bolet3.pdf>

Estebes Yaranga, D. (2015) *Optimización de la programación y control de obras con la técnica de la línea de balance en proyectos de edificación.* [Tesis de grado para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.]. Repositorio Institucional - UNSCH

<http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2396>

Henrich, G, and Koskela, L, (2006) *Production Management in Construction – Requirements and Methods.* Second Scottish Conference for Postgraduate Researchers of the Built & Natural Environment-PRoBE. Glasgow, Scotland.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2016). *Metodología de la Investigación.* Bogotá: McGraw Hill.

Kenley, R, and Seppänen, O, (2010). *Location-Based Management System for Construction: Planning, Scheduling and Control*. First Edition Pages(s) 584. Spon Press, New York.

Mamani Pérez, Marco Heiner (2018) *Aplicación de la línea de balance para la optimización del método de la ruta crítica en la construcción de las tiendas Tambo + Surco-Lima, 2018*. [Tesis de grado para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Cesar Vallejo.]. Repositorio Institucional de la Universidad Cesar Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/40148>

Mauricio Sepúlveda A. (2017) *Aplicación del Método Líneas de Balance al Sistema Last Planner en Proyectos de Construcción Horizontal*. [Tesis para Maestro En Ingeniería y Administración de la Construcción, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey]. Repositorio Institucional de la Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. <https://repositorio.tec.mx/ortec/bitstream/handle/11285/629750/TESIS%20MAURICIO%20SEPULVEDA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Mendoza Jesús, Katherine; Martínez Palacios, Jonathan Manuel (2017) *Mejoramiento de la productividad en acero y encofrado de placas, mediante la aplicación de diseño de planta y líneas balance bajo un enfoque Lean para optimizar los costos y plazo del “Conjunto residencial Panoramic” – Lima*. [Tesis de grado para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.]. Repositorio Institucional de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC). <http://hdl.handle.net/10757/622314>

Paredes Gutierrez, S., Torres Tacuri, H., & Gómez Minaya, R. (2020). Programación de la construcción del tercer anillo de muros anclados de una edificación aplicando el método de líneas de balance. *Investigación & Desarrollo*, [online]. 20(1), 173-192. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2518-44312020000100013&lng=es&nrm=iso. ISSN 1814-6333.

PMI (2016). *A guide to the project management body of knowledge*. First through Six Edition. Pages(s) 182-506.

Rebolledo, Gustavo (2012). “*Gestión, Calidad y Agregación de valor en información*” [White paper, Universidad de Chile.] Repositorio Institucional de la Universidad de Chile. <https://b3.bibliotecologia.cl/argestion.htm>.

Yate Agudelo, D. L., & Parra Riveros, J. A. (2018). *Programación por el método de líneas de balance, frente a la programación lineal en un caso de estudio* (Bachelor's thesis, Universidad La Gran Colombia). Repositorio Institucional de la Universidad La Gran Colombia. <https://repository.ugc.edu.co/handle/11396/3361>

Sánchez, I. (2015) *Cronograma de Actividades*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Recuperado: https://www.uaeh.edu.mx/division_academica/area_conocimiento.html

Shaikh, G M (2010) Line of Balance (LOB) Scheduling for Projects with Repetitive Work *AACE International Transactions 2010*.

Tamayo, A., & Tamayo, M. (2012). *El proceso de la investigación científica*. México: Limosa.

Tokdemir, OB, Erol, H. y Dikmen, I. (2019). Evaluación del riesgo de retraso de proyectos de construcción repetitivos mediante programación de línea de equilibrio y simulación de Monte Carlo. *Revista de ingeniería y gestión de la construcción*, 145 (2), 04018132. [https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001595](https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001595)

Tsao, C.C.Y. (2005). «*Uso de la estructuración del trabajo para aumentar el rendimiento de los sistemas de producción basados en proyectos*». (Ph.D. Disertación, Universidad de California, Berkeley) <https://www.proquest.com/openview/cb820873ba9789afecb4610536962ee8/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>

Valero Terreros, Mirko Gerson (2016) Optimización Del Método De Ruta Crítica En Una Edificación Con Aplicación De La Línea De Balance En San Isidro En El 2016. [Tesis de grado para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Cesar Vallejo.] Repositorio Institucional de la Universidad Cesar vallejo. <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/5010>

Vargas, R. (2015) Planning in 140 Tweets

Ventura N., J., & Barboza P., M. (2017). *El tamaño de la muestra: ¿Cuántos participantes son necesarios en estudios cualitativos?* CUBA.

ANEXOS

Anexo A: Matriz de consistencia.

Título de tesis: APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE LÍNEAS DE BALANCE EN LA GESTIÓN DEL CRONOGRAMA EN LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA N° 80010 RICARDO PALMA, TRUJILLO – TRUJILLO – LA LIBERTAD, 2023.					
Problema general	Objetivos general	Hipótesis general	Variables	Dimensiones	Metodología
¿Cómo mejora la aplicación de la metodología de líneas de balance en la gestión del cronograma en la infraestructura educativa N° 80010 Ricardo Palma, Trujillo – Trujillo – La Libertad, 2023?	Mostrar la aplicación de la metodología de línea de balance en la gestión del cronograma en la infraestructura educativa N° 80010 Ricardo Palma, Trujillo – Trujillo – La Libertad, 2023.	La aplicación del método de las líneas de balance mejora la gestión del cronograma en la infraestructura educativa N° 80010 Ricardo Palma, Trujillo – Trujillo – La Libertad, 2023.	Independiente: Gestión del cronograma.	Procedimiento de planificación estratégica	Diseño de investigación: Aplicada No Experimental
Problema específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicos			
	Evaluar el estado actual sobre el procedimiento de gestión del cronograma en el proyecto de infraestructura educativa.				Técnica: Entrevistas, análisis de la documentación
	Aplicar el método de líneas de balance en la elaboración de la gestión del cronograma en el marco de Last Planner System.				Instrumento: Guía de entrevistas, guía de análisis de los documentos.
	Determinar las mejoras que se obtiene en la gestión del cronograma al aplicar la metodología de líneas de balance.		Dependiente: Aplicación líneas de balance	Método líneas de balance	Análisis de datos: Análisis Cuantitativo de Datos, Estadística Descriptiva
	Sugerir un método sistemático para la aplicación de la metodología de línea de balance.				Población: Infraestructuras educativas en el distrito de Trujillo, provincia de Trujillo, departamento La Libertad, Región La Libertad.
					Muestra: Infraestructura educativa N° 80010 Ricardo Palma, Trujillo – Trujillo – La Libertad.

Anexo B: Guía y formatos para recolección de datos del análisis documental y fichas resumen.

GUÍA DE ANÁLISIS DOCUMENTAL

Título de la investigación:

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE LÍNEAS DE BALANCIE EN LA GESTIÓN DEL
CRONOGRAMA EN LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA N° 80010 RICARDO PALMA,
TRUJILLO – TRUJILLO – LA LIBERTAD, 2023.

Fecha de la aplicación:

Ene-23

Capítulo de estudio

Marcar (x)

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

- 1.1. Realidad problemática
- 1.2. Formulación del problema
- 1.3. Objetivos
- 1.4. Hipótesis

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

- 2.1. Tipo de investigación
- 2.2. Diseño de investigación
- 2.3. Matriz de operacionalización de variables
- 2.4. Población y muestra
- 2.5. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos
- 2.6. Análisis de datos
- 2.7. Aspectos éticos
- 2.8. Procedimiento

Instrumento para la clasificación de fuentes y análisis del documento

Para lograr un análisis profundo y completo de los documentos, serán revisados la información y recabadas por medio de un formato digital. Ver formato Matriz de revisión.



Ing. German Sagastegui Vasquez
INGENIERO CIVIL
CIP 128049

FORMATO: ANALISIS DOCUMENTAL

N° (código)	Referenc. APA	BASE DE DATOS	REVISTA	AUTOR	AÑO	TIPO DE INVESTIGACIÓN			PALABRAS CLAVE	PAÍS	TÍTULO	VARIABLE		OBJETIVO	MÉTODO	RESULTADOS	TIPO DE INVESTIGACIÓN	CONCLUSIÓN	LINK DE ACCESO		
						TESIS	AC	AR				VARIABLE 1	VARIABLE 2								
1																					
2																					
3																					
4																					
5																					
6																					
7																					
8																					
9																					
10																					
11																					
12																					
13																					
14																					
15																					



FORMATO: FICHA RESUMEN

N° (código)	Referenc. APA	BASE DE DATOS	LIBRO	AUTOR	AÑO	PAÍS	TÍTULO	LINK DE ACCESO	CAPÍTULO O TESIS	TEMA	CITA		RESUMEN DE CITA
											PARAFRASEAR	TEXTUAL	
1													
2													
3													
4													
5													

Anexo C: Guía de entrevista y formatos para recolección de datos en campo.

PLANTILLA DE GUÍA DE ENTREVISTA

Nombre de la empresa

NOMBRE DEL CANDIDATO		REALIZADO POR	
FECHA DE LA ENTREVISTA	HORA DE INICIO DE LA ENTREVISTA	HORA DE FINALIZACIÓN DE LA ENTREVISTA	
ÁREA DE TRABAJO	DEPARTAMENTO DE POSICIÓN		
DESCRIPCIÓN DE			

PREGUNTAS DE LA ENTREVISTA

RELACIÓN PERSONAL CON LA PLANIFICACION DEL CRONOGRAMA
¿Qué metodologías de planificación conoce y utiliza en su día a día?
¿Conoce sobre LAST PLANNER y el método de línea de balance?. ¿Ha utilizado alguna vez?
¿Le gustaría ser parte de la investigación sobre la aplicación del método de línea de balance para mejorar el cronograma?

FIRMA

NOMBRE DEL ENTREVISTADOR	CARGO	FIRMA	FECHA



Ing. German Saporlegui Vázquez
INGENIERO CIVIL
CIP 128049

PLANTILLA DE ENTREGA DE RECOLECCION DE DATOS DE CAMPO

NOMBRE DEL EMPLEADO		REALIZADO POR	
FECHA DE INICIO DEL EMPLEADO	FECHA DE FINALIZACIÓN DEL EMPLEADO	FECHA DE SALIDA DE LA ENTREVISTA	
ÁREA	DEPARTAMENTO		

Etapa 1. Evaluación del estado actual

Entrega de información expediente técnico:

MEMORIA DESCRIPTIVA	PLANOS	CRONOGRAMA GANTT
METAS FÍSICAS DEL PROYECTO	METRADOS	OTROS...
RESUMEN DE PRESUPUESTO	RENDIMIENTOS CONTRACTUALES	

Etapa 2. Planificación maestra

Entrega de información de campo:

F1	LISTA DE ACTIVIDADES Y SECUENCIA	F3	DIAS DE EJECUCIÓN HÁBILES	F2	PLAN MAESTRO
F2	HITOS DEL PROYECTO	F3	BUFFER %	F4	RENDIMIENTOS

FORMATO 1

Item	Actividades	Und.
------	-------------	------

FORMATO 2

ITEM	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Jul-22	Ago-22	Set-22	Oct-22	Nov-22	Dic-22
------	-----------------	----------	----------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------

FORMATO 3

<u>Días de ejecución del proyecto contractual:</u>	<u>Días de ejecución del proyecto fase</u>
Días contractuales:	Días contractuales:
Domingos:	Domingos:
Días feriados:	Días feriados:
Días hábiles:	Días hábiles:
Buffer del proyecto (10%):	Buffer del proyecto (10%):
Días ejecución del proyecto:	Días ejecución del proyecto:

FORMATO 4

ACTIVIDAD	Und.	RENDIMIENTO
-----------	------	-------------

Etapa 3. Plan de fases

Entrega de información expediente técnico:

F5	SECTORES Y BALANCE DE TRABAJO	F7	TREN DE ACTIVIDADES	F8	LÍNEA DE BALANCE
----	-------------------------------	----	---------------------	----	------------------

FORMATO 5

BASE DE SECTORIZACIÓN					
ACTIVIDAD	Und.	VERTICAL	HORIZONTAL	RENDIMIENTO	SECTORES

FORMATO 6

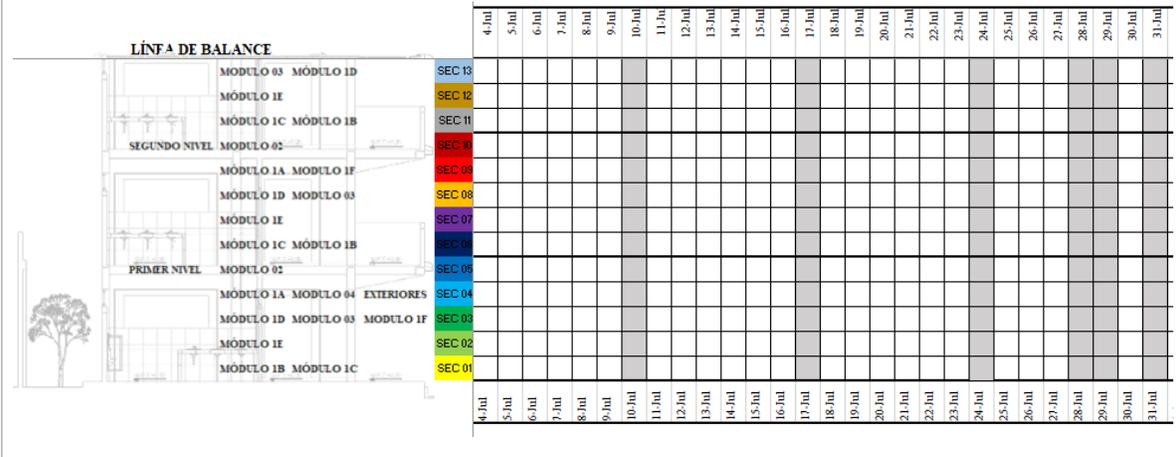
PLAN DE SECTORIZACIÓN				
MÓDULOS	NIVEL	ÁREA (M2)	NETA	SECTORES



FORMATO 7

Tren de Actividades						J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D
Item	Actividades	Uad.	Metrado	Sectores	Metrado/sector	7-Jul	8-Jul	9-Jul	10-Jul	11-Jul	12-Jul	13-Jul	14-Jul	15-Jul	16-Jul	17-Jul

FORMATO 8



Por favor, complete la siguiente evaluación.

	S/N	FECHA REQUERIDA	FECHA ENTREGADA	COMENTARIOS
Entrega oportuna de la información				

FIRMA

NOMBRE DEL ENTREVISTADOR	CARGO	FIRMA	FECHA

Ing. German Sagorzezu Vasquez
INGENIERO CIVIL
CIP 128049

Anexo D: Panel fotográfico – evidencias trabajo en gabinete y campo.



Foto 1: Reunión de coordinación iniciando la investigación, concientización al personal sobre el apoyo a la investigación en las oficinas de la empresa contratista.

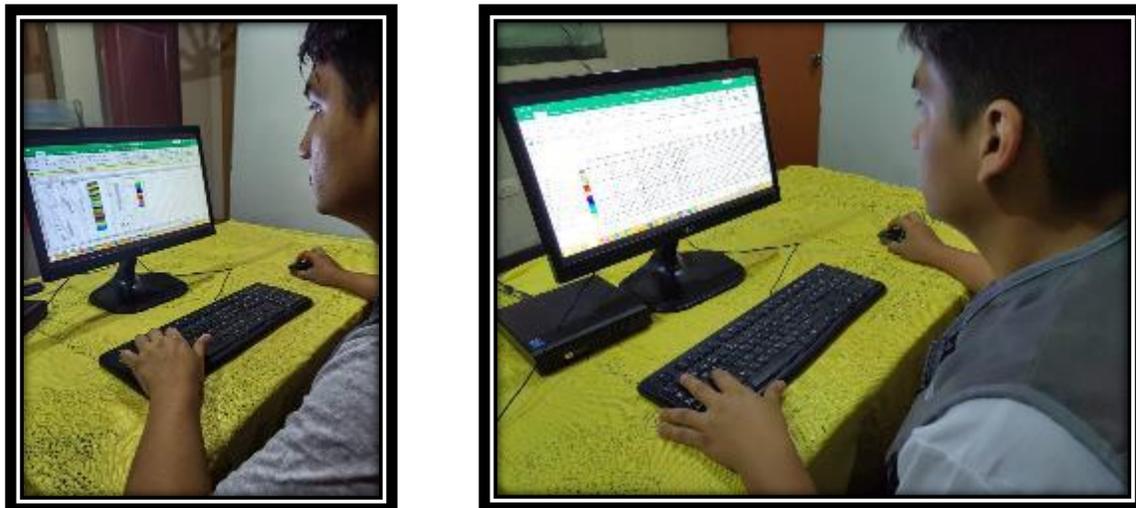


Foto 2: Trabajos de gabinete para el desarrollo de la investigación sobre aplicación de la metodología de línea de balance en la planificación de la obra.



Foto 3: Reunión en campo para verificar lo planeado en gabinete, aplicando línea de balance y Last Planner.