

Lean Construction Methodology applied to the planning of urbanization projects and housing solutions: Case Study

Metodología Lean Construction aplicada a la planificación de proyectos de urbanización y soluciones habitacionales Caso de estudio

Autores:

Ing. Navia-Solórzano, Bryan Jimer
Universidad Técnica de Manabí
Maestrante
Portoviejo, Ecuador



bnavia0606@utm.edu.ec



<https://orcid.org/0009-0009-3273-9911>

Ing. Ruíz-Párraga, Wílder Enrique, Mg.Sc.
Universidad Técnica de Manabí
Docente Tutor del área
Portoviejo– Ecuador



wilder.ruiz@utm.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0002-0045-9781>

Fechas de recepción: 10-OCT-2023 aceptación: 22-NOV-2023 publicación: 15-DIC-2023



<https://orcid.org/0000-0002-8695-5005>

<http://mqrinvestigar.com/>



Resumen

La presente investigación muestra de forma descriptiva y ejemplificada la metodología Lean Construction, derivada de la filosofía “Lean” como una solución en cuanto a la disminución de pérdidas en obra de proyectos habitacionales en el país, a través del análisis de ciertos criterios importantes como el “Last Planner System” que permite medir y cuantificar el comportamiento en obra de distintos elementos en varias escalas de tiempo mediante softwares especializados como es el MS Project. Esta metodología se aplicó dentro de un proyecto de vivienda social promovido por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) como parte del programa “Casa para todos” en el Cantón Flavio Alfaro provincia de Manabí, con la planificación de 120 unidades de viviendas. De esta forma, se obtuvieron como resultados tres distintas escalas de planificación de obra, las mismas que sirvieron como herramientas para llevar un mejor control de obra y por ende una disminución considerable en las pérdidas debido a distintos factores. Es importante la aplicación del sistema dentro de proyectos de gran escala en especial cuando se trata de vivienda social en donde la industrialización de procesos reduce la tendencia de sobrepresos. Adoptando así un nuevo enfoque en la gestión integral de proyectos habitacionales en el contexto regional.

Palabras clave: Lean Construction, Gestión de proyectos habitacionales, Sistemas de Gestión, Modelo productivo.

Abstract

This research shows in a descriptive and exemplified way the Lean Construction methodology, derived from the "Lean" philosophy as a solution in terms of reducing losses in the construction of housing projects in the Country, through the analysis of certain important criteria such as "Last Planner System" that allows measuring and quantifying the on-site behavior of different elements on various time scales using specialized software such as MS Project. This methodology is applied within a social housing project promoted by the Ministry of Urban Development and Housing (MIDUVI) as part of the "House for all" program in the Flavio Alfaro Canton, province of Manabí, with the planning of 120 housing units. In this way, three different scales of work planning were obtained as results, which will serve as tools to have better work control and therefore a considerable decrease in losses due to different factors. The application of the system within large-scale projects is important, especially when it comes to social housing where the industrialization of processes reduces the tendency of overpricing. Thus adopting a new approach in the comprehensive management of housing projects in the regional context.

Keywords: Lean Construction, Housing project management, Management Systems, Production model.



Introducción

En el Ecuador, el proceso de construcción de urbanizaciones y soluciones habitacionales se ha venido desarrollando con metodologías tradicionales en cuanto a la planificación, control y gestión de la producción que induce el incumplimiento consecuente de los cronogramas, resulta complejo el manejo de algunas variables, como lo son el rendimiento humano, rendimiento y selección de tipo de maquinaria, tipo y calidad de materiales, gestión de los recursos (humano, tiempo, materiales, económicos), administrativo, variantes posibles al diseño ocasionado por actividades emergentes y no emergentes no planificadas, por ello es necesario implementar una metodología para la planificación eficiente del proyecto, que gestione de forma integral las variables mencionadas en la planificación del proceso constructivo y que optimice los recursos en general.

Debido a lo anterior existe la necesidad de mejorar el proceso de planificación de los proyectos y en la actualidad muchas empresas ecuatorianas están aplicando una nueva metodología llamada Lean Construction, pero es necesario mostrar cuáles son sus beneficios y como su aplicación puede impactar positivamente en la ejecución de los mismos, y por esta razón se demuestra mediante la elaboración de esta investigación que se puede obtener proyectos más rentables, colaboradores comprometidos y clientes satisfechos.

El programa Casa para Todos forma parte del Plan “Toda una Vida” el mismo que es implementado bajo los lineamientos mínimos para registro y validación de tipologías de vivienda como se estipula en el MIDUVI (2018), con el fin de construir 120.000 nuevas viviendas para familias de escasos recursos económicos o en situación de pobreza en el país. Estas casas normalmente incluyen dos a tres dormitorios, servicios básicos, accesibilidad al transporte público y áreas verdes, sin costo para familias vulnerables y con un costo mínimo para familias de pobreza moderada con cuotas de hasta 20 años de plazo. Los sectores beneficiados para este plan son: Atacames, Cotacachi, Santo Domingo, Los Bancos, Flavio Alfaro y Buena Fe.

Lean construction es una filosofía basada en los conceptos de lean production, orientados hacia la administración de la producción en construcción. Introduce principios que cambian la forma de realizar la optimización de la productividad, enfocando su objetivo en concebir flujos de trabajo confiables y sin pérdidas de valor, permitiendo generar coordinación entre actividades, manejar un proyecto como un sistema de producción y estrechar la colaboración entre los participantes de los proyectos.

Según Koskela (1992) expone que cambiando el paradigma que el sistema Lean no era posible implementarlo en la industria de la construcción. Lean Construction apunta a comprender y gestionar las variables asociadas a cada una de las actividades del proyecto con el objetivo de mejorar la productividad, calidad y administración.

La presente investigación se fundamentó en la optimización de los recursos y la disminución de las pérdidas en los procesos constructivos que se generan en los proyectos de urbanización



y soluciones habitacionales, esto se traduce en un ahorro económico significativo tanto para la empresa que ejecuta la construcción, como para las que lo supervisan y administran. En el área de la construcción, una optimización de los recursos y el tiempo significa un margen de utilidad mayor en el negocio.

De la misma manera, la implementación de la metodología Lean Construction en los proyectos de obra civil, representa una reducción en los tiempos de finalización de actividades y de entrega de hitos o del proyecto en general, esto implica que el objetivo social con el cuál se firman los convenios interinstitucionales sean cumplidos antes de los plazos programados.

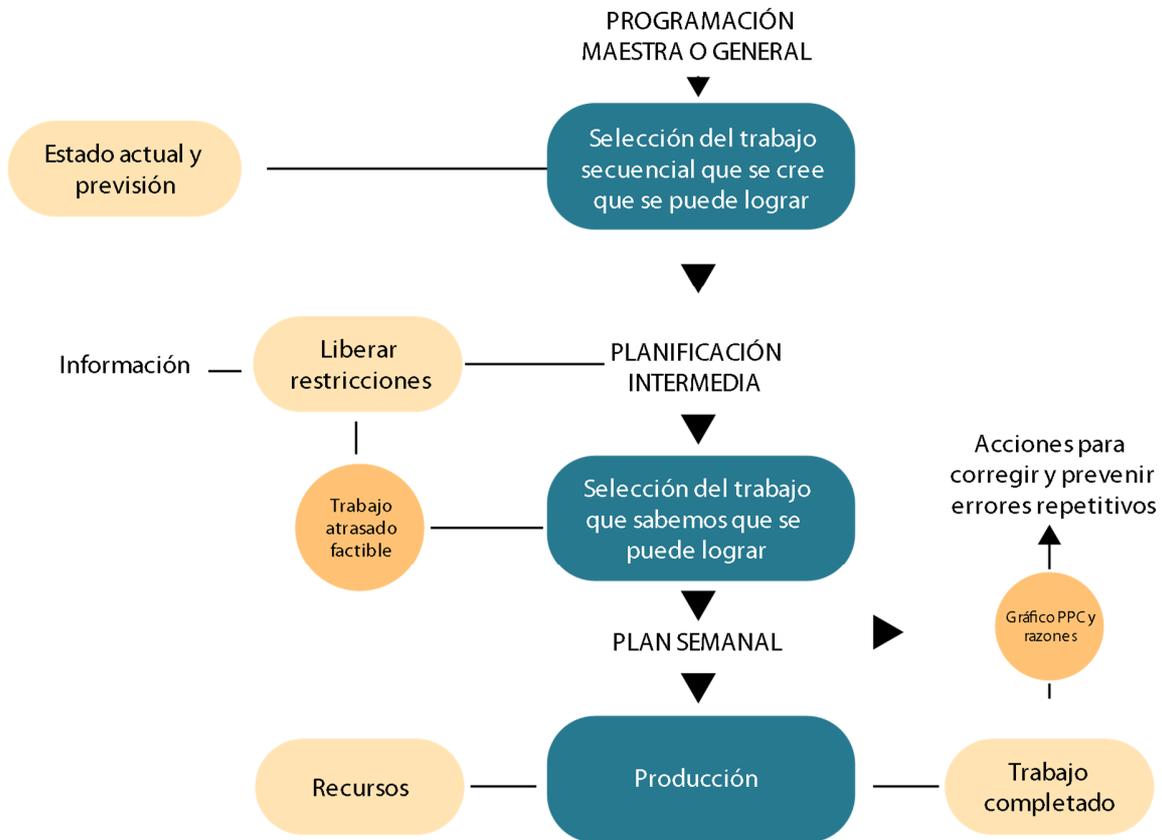
Implementar la metodología Lean Construction a la construcción de estos proyectos mencionados otorga a las empresas constructoras, la facultad de prevenir y resolver muchos de los problemas que les antecede a los procesos constructivos. En el Ecuador es común encontrar retrasos, pérdidas de recursos y procesos inconsistentes en la ejecución de proyectos de urbanización y soluciones habitacionales 'por no aplicar una metodología que, de guía a la planificación inteligente, la programación de las actividades conforme a los índices de productividad y la gestión de los recursos adecuados para reducir los porcentajes de pérdida, cobra gran importancia en la Dirección y Gestión de Proyectos de Obra Civil.

A inicios del siglo XXI, aparece esta filosofía creada por Glenn Ballard considerada actualmente fundamental para la programación de proyectos y para la corriente Lean Construction, esta se crea específicamente para implementarla en la ejecución de proyectos de construcción en obra. Este método trata de mitigar todas las fuentes de desperdicios incluido el tiempo dentro del proceso constructivo que normalmente se relacionan con una menor productividad, mayores costos y menor calidad. Este sistema se traduce como "*último planificador*" y se enfoca en crear un sistema en donde las actividades de producción se desarrollan como flujo de información y de materiales los mismo que deben ser controlados con el fin de conseguir una variabilidad mínima en los recursos. El Last Planner dirige sus esfuerzos a mejorar la credibilidad en cuanto a la planificación cumpliendo con los tiempos establecidos en la línea base y entrega de proyectos (Andrade & Arrieta, 2010).

Otra de las ideas centrales de este sistema es reunir a todas las partes interesadas que se involucran directamente en las diferentes actividades del proyecto de construcción para que colaboren en la fase de planificación de la obra, a través de los puntos de vista de cada uno y desde su labor, especialización y experiencia, aquí se plantearán tiempos, metas y productividades bajo el liderazgo del gestor o director del proyecto. Este planificador debe materializar todas esas ideas en tres niveles de programación: un programa general, otro intermedio o también conocido como "*Look Ahead*" y por último el semanal. Esta metodología se resume en el siguiente diagrama.



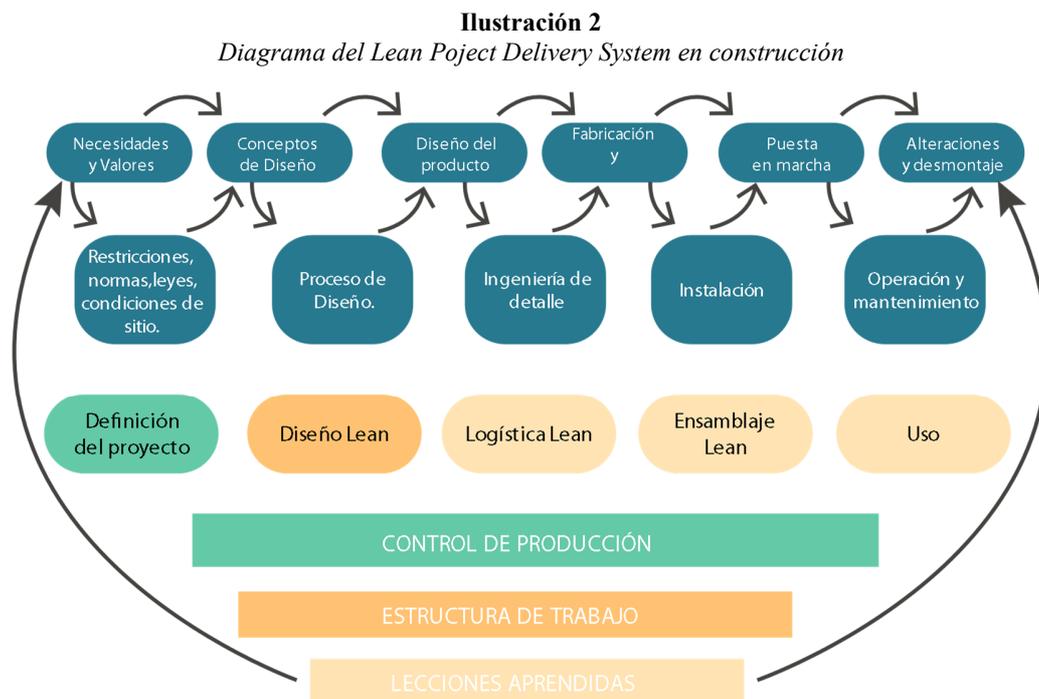
Ilustración 1
 Diagrama del Last Planner System



Nota: Adaptado de Ballard G. (2008)

El Lean Project Delivery System (LPDS) es un sistema que incluye herramientas y principios Lean a lo largo de todas las fases del proyecto hasta su cierre. Se trata de un sistema flexible y adaptativo para definir las entradas y salidas de cada proceso con la facilidad y libertad de escoger tecnologías, técnicas y herramientas de acuerdo con las últimas actualizaciones y tendencias. Para Brioso & Fuentes (2020) el LPDS trabaja con la construcción y el diseño con el objetivo de mitigar desperdicios y brindarle valor a cada elemento, además de trabajar en trece módulos distintos interrelacionados que van desde el desarrollo del proyecto de diseño, logística, instalación, estructuración del trabajo y control de producción, estas dos últimas son desarrolladas y extendidas a todas las fases del proyecto. Dentro del módulo de lecciones aprendidas (evaluación post ocupación) relaciona el final de un proyecto con el inicio del siguiente. Para Andrade & Arrieta (2010) se trata de mejorar los flujos periódicamente en relación con su eficiencia a través de la implementación de nuevos métodos, herramientas y tecnologías respecto a las pérdidas de valor. El sistema representa el resultado de la puesta en práctica los principios filosóficos de Lean Construction en las actividades convencionales de la gestión de la construcción. Asimismo, Martínez, Herrera, & Salazar (2017) mencionan los flujos cuando hacen referencia, que la productividad en la

obra se lo atribuye a los flujos como a las conversiones. De igual forma, las actividades que crean valor al cliente (de conversión) dependen de la capacidad tecnológica, motivación, destrezas entre otras. Al contrario de las actividades de flujo (no crean valor al cliente) están atadas a las cantidades de estas y la efectividad de relacionarse con las conversiones. En el siguiente gráfico se muestra el modelo LPDS aplicado dentro del proceso constructivo.



Nota: Adaptado de Ballard G. (2008)

Caso de estudio.

El caso de estudio se deriva del programa Casa para Todos ubicado en la provincia de Manabí en el cantón Flavio Alfaro con una cantidad de 120 unidades de vivienda (ver ilustración 4) A la fecha el proyecto está en fase de planificación. Ubicado en la zona de Zapallo, este proyecto se asentará sobre una topografía regular y plana, en donde se cuenta con un clima cálido húmedo. La temporada de lluvia es opresiva y nublada, mientras que la temporada seca es parcialmente nublada y bochornosa, además, durante todo el año se siente el calor fuerte. Los meses más cálidos son de agosto a diciembre, mientras que los más frescos llegan a ser enero, febrero, marzo y abril. Asimismo, la temperatura promedio anual es de 30 grados centígrados. En la siguiente tabla se resumen los distintos promedios de las variables del clima en la región según datos recabados del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI.

Tabla 1: Datos del clima del cantón Flavio Alfaro por el INAMHI

VARIABLE	DESCRIPCIÓN
Precipitación	Max. Valor 487.7 mm
	Med. Valor 102.0 mm
	Mín. Valor 0.8mm
Temperatura	Max. Valor anual 35 °C
	Mín. Valor anual 15 °C
	Med. Valor anual 25 °C
Humedad Relativa	Max. Valor anual 86 %
	Mín. Valor anual 73 %
	Med. Valor anual 77%
Periodo seco	143 días de Agosto a Enero
Periodo húmedo seco	47 días de Enero y 11 de julio – 17 de agosto
Periodo semi húmedo	82 días Enero y de mayo a julio
Periodo húmedo	90 días De febrero a mayo

Nota: La temporada con más días según los datos recabados pertenece al periodo seco con 143 días, seguido del periodo húmedo con 90 días al año aproximadamente. Adaptado de INAMHI (2023)

Temperatura media anual y mensual

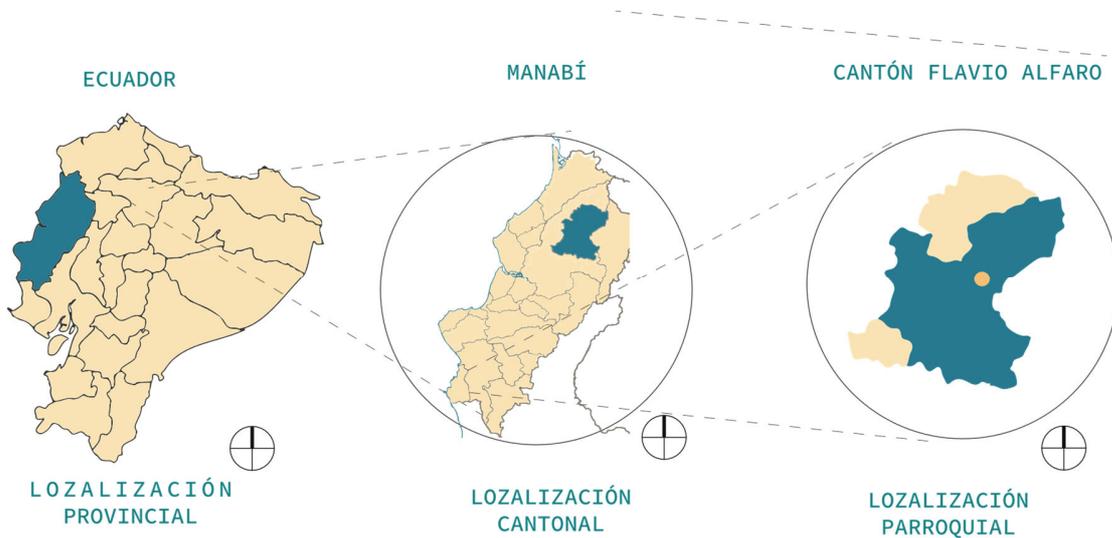
Tabla 2: Datos promedios mensuales de temperatura cantón Flavio Alfaro por el INAMHI

COD	EST.	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
M161	Flavio Alfaro	25	26	26	26	26	26	25	25	26	25	25	25

Nota: Los meses de enero a junio se aprecian con una mayor temperatura que los meses desde julio a diciembre, no obstante, el promedio solo varía en un grado centígrado entre estas dos etapas del año. Adaptado de INAMHI (2023)

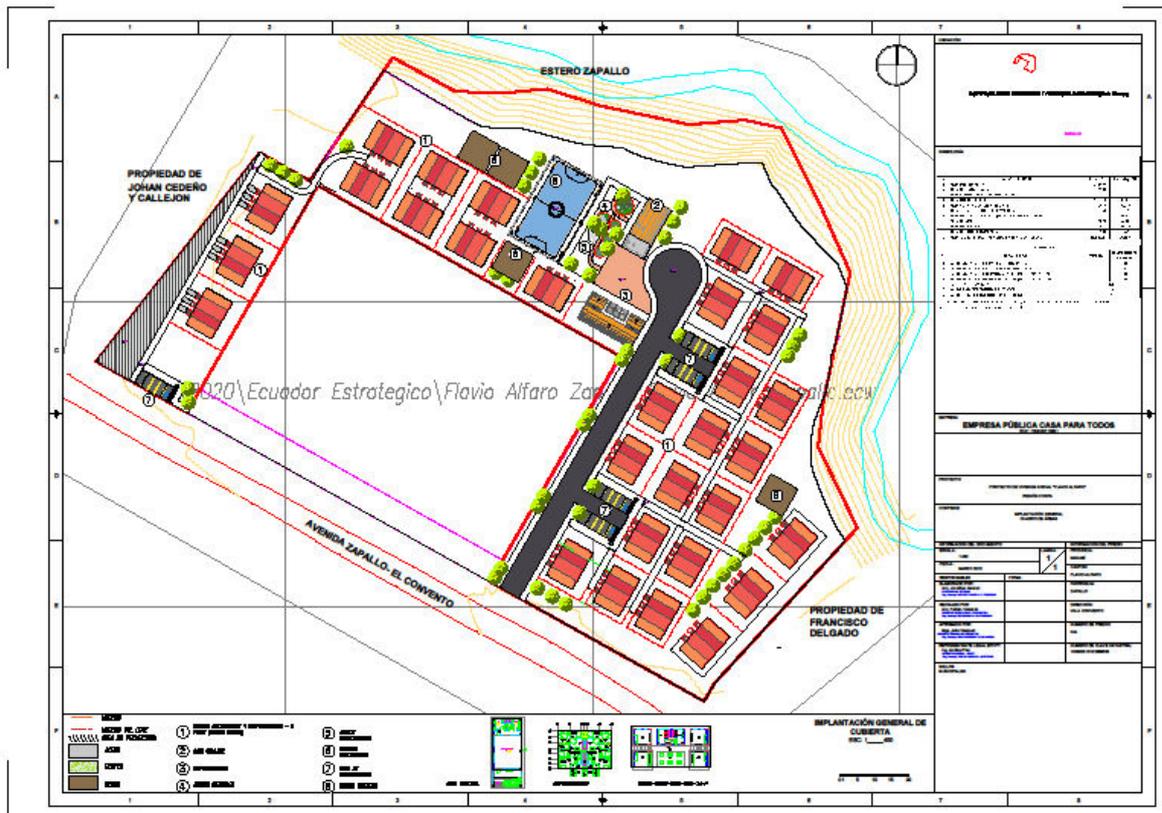
Las 120 unidades de vivienda se contemplan en un terreno con un área de 21.899,87m² con un área útil del 100%. El área construida de vivienda en PB se extiende cerca de 4,000m² correspondiente al 18% de coeficiente de ocupación en PB. Siendo el coeficiente total de construcción del 37.03% llegando a los 7.914,00m² construidos. También contará con áreas verdes, cancha deportiva y áreas comunitarias, aceras y vías, la suma de estas áreas comunes es de 15.145,08m², es decir el 70.85% (ver ilustración 4).

Ilustración 3
 Mapas de ubicación a nivel provincial, cantonal y parroquial



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 4
 Implantación general del proyecto de vivienda Flavio Alfaro



Fuente: Elaboración de Jonathan Álvarez

Material y métodos

Este trabajo presentó un enfoque positivista, debido a que aplica estrategias metodológicas más cuantitativas que cualitativas, porque privilegia técnicas de recolección y análisis de datos para cuantificar los rendimientos y pérdidas en términos de índices y porcentajes, que fundamentan los procesos deductivos y sistémicos para la construcción y aplicación de una metodología para la dirección, gestión y planificación adecuadas que solventen las problemáticas detectadas.

Material

Se establece los criterios a través de una revisión bibliográfica especializada para identificar y comprender los conceptos fundamentales de la metodología Lean Construction en el contexto específico de la planificación de proyectos urbanos y habitacionales. Se analizó las bases teóricas de Lean Construction, incluyendo los principios de reducción de desperdicios, mejora continua y participación colaborativa.

Posteriormente se estructuró el caso de estudio a través del Microsoft Project es una herramienta en los proyectos de forma colaborativa a través del Diagrama de Gantt lo que facilita la visualización de las actividades a manera de barras dentro de un periodo de tiempo establecido. Estableciendo una programación en donde se establezcan además costos, entregables, recursos, calendarios, duración etc. Este software le permitió al trabajo dar seguimiento del proyecto de construcción generando reportes en cada avance realizado. Esto permitió asignar valores y recursos a cada actividad e identificar posibles sobreasignaciones y así optimizar los recursos (Lugo, 2018). En el anexo 1 se encuentra el gráfico que muestra el diagrama de Gantt generado en la plataforma.

Métodos

Como primer punto se realizó un análisis de la literatura especializada para identificar y comprender los conceptos fundamentales de la metodología Lean Construction en el contexto específico de la planificación de proyectos urbanos y habitacionales. Se analizó las bases teóricas de Lean Construction, incluyendo los principios de reducción de desperdicios, mejora continua y participación colaborativa. Además, se exploró las adaptaciones y aplicaciones de estos principios en proyectos de urbanización y soluciones habitacionales. La sistematización de estos fundamentos teóricos proporcionó una base sólida para la implementación y evaluación práctica de la metodología en los proyectos seleccionados.

Luego de revisar la bibliografía se revisó los documentos de 6 obras, de las cuales 2 están culminadas, 3 en etapa de construcción, y 1 en etapa de planificación y programación. Una vez definido esta etapa se analizó los informes emitidos en otros proyectos respecto a la productividad de las cuadrillas tipo, con las diferentes actividades que se ejecutan en las



obras, además, se analizó registros de materiales utilizados y personal técnico empleado para la ejecución, control y seguimiento de actividades, con el fin de cuantificar la productividad y las pérdidas.

La implementación del método intenta optimizar los procesos de construcción de las 120 viviendas distribuidas en 30 módulos del mismo tipo, lo cual consideró las fases de planificación y programación. En esta primera etapa y con el uso de los instrumentos de Last Planner System (LPS) se aplicaron los siguientes elementos: Desglose de Estructura del Trabajo (EDT), Planificación maestra, intermedia, matriz de restricciones y trabajo semanal.

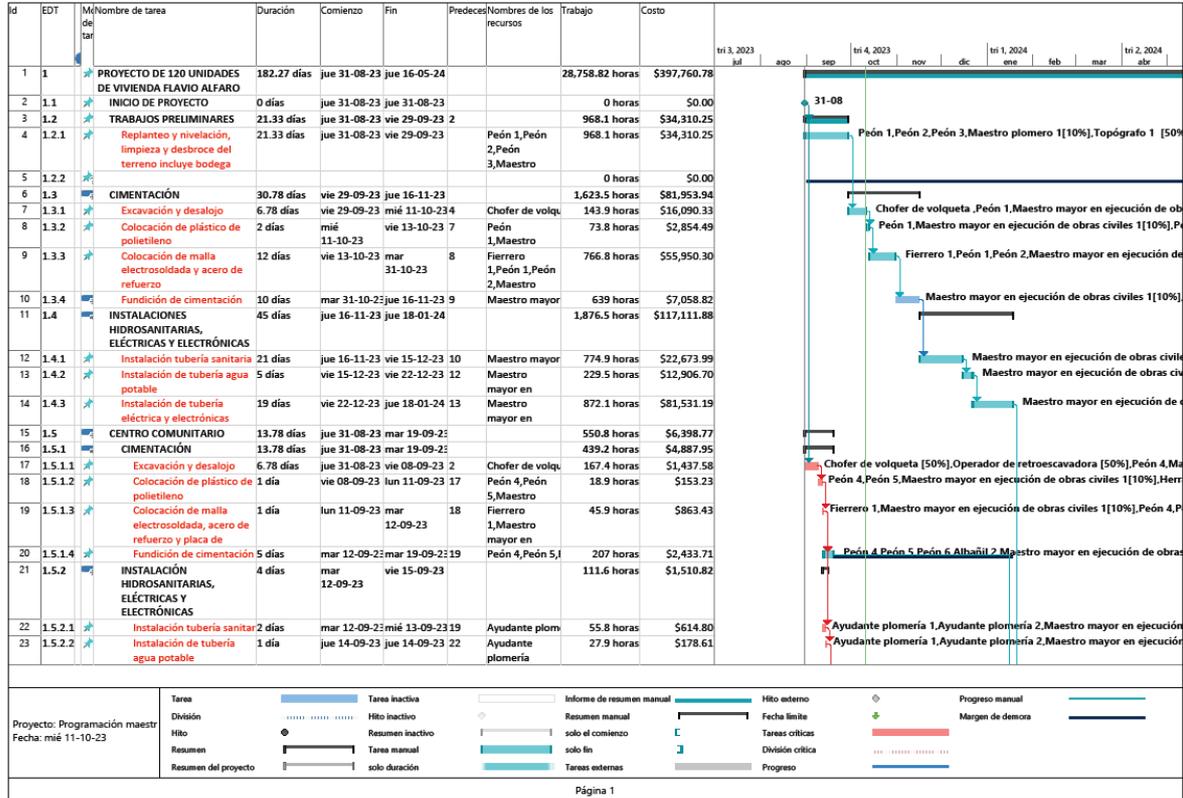
Resultados

El sistema del último planificador “Last Planner” representa el resultado del esfuerzo por incluir los principios de la filosofía Lean en prácticas dentro de la construcción. La filosofía aplicada se dirige a aumentar la fiabilidad de la planificación mejorando los desempeños. Este sistema provee al proyecto de herramientas de control efectivas en especial para aquellos proyectos complejos donde hay mayores rangos de incertidumbre como es el presente caso de estudio. Esta confiabilidad se realizó tomando acciones en varios niveles de programación. Con el uso de esta herramienta se crean procedimientos de alta confiabilidad y la preparación del trabajo para que pueda ser asignado cuando se requiera y lograr de esa manera un flujo de trabajo más confiable entre las cuadrillas. El papel cumplido en este trabajo de planificación tiene un alcance de 4 niveles de programación:

Programa Maestro: Para iniciar esta fase es importante contar con la Estructura del Desglose del Trabajo (EDT), la misma que definió un ordenamiento de cada componente de trabajo de manera general, fácil de rastrear por cada agente interesado, trabajador, director etc. Esto hace más sencillo ubicar cada actividad del proceso y comunicar sus necesidades específicas como se observa el siguiente fragmento de la EDT realizada para el caso de estudio.

En esta fase inicial se generó el cronograma general valorado proporcionando un mapa de coordinación de las actividades que se desarrollan al mismo tiempo. Esta fase se desarrolló en la plataforma MS Project en donde se estableció un desempeño bajo las condiciones y experiencia de la constructora o del profesional a cargo. De esta forma se brinda la validez al sistema del Last Planner bajo el cual se realizó las supervisiones de cada actividad. En el siguiente gráfico se muestra un Diagrama de Gantt con el cronograma valorado del proyecto incluida la ruta crítica de todas las actividades.

Ilustración 5
 Diagrama de Gantt producido con el software MS Project caso de estudio



Fuente: Elaboración propia

Programación por fases: La programación por fases o por hitos representan la subdivisión con mayor detalle al programa general preparadas por el profesional que dirige el proyecto con lo cual se apoya para realizar el cumplimiento de los hitos. Este proceso se lo realiza siempre al inicio de la planificación, en la (ilustración 6) se muestra la clasificación por fases.



Ilustración 6

Programación por fases con el software MS Project caso de estudio



Fuente: Elaboración propia

Programación intermedia o Lookahead: Este nivel de planificación cuenta con ciertas condiciones que pueden contener las actividades dentro de un rango de tiempo de 4 a 6 semanas dependiendo la escala, en este caso en específico se ha realizado cada 4 semanas. Esta fase está relacionada y depende en cierto nivel de la naturaleza o entorno al que se encuentra el proyecto y a la sensibilidad de los proveedores. Una vez ingresadas las actividades iniciales al sistema lookahead pasarán a la siguiente semana siempre y cuando no existan restricciones. El fin de esto es mantener un programa de inventario que sea ciertamente ejecutables.

En esta etapa de la planificación se van estableciendo rubros generales y porcentajes de avance del proyecto, así como un desglose de trabajo (EDT) a manera de tabla lo que permite relacionar cada actividad con el mapa del desglose del trabajo expuesto anteriormente. Otra ventaja de realizar una programación intermedia es la subdivisión en tareas más pequeñas que las de la programación general, cada una de ellas cuenta con el presupuesto estipulado en las líneas base además de los metrajes y ratios de horas hombre, lo que genera otra herramienta de control en cuanto a los rendimientos en cada una de las actividades.



Ilustración 7

Programación intermedia con el software MS Project caso de estudio

EDT	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Metrado	Unidad	RatioHH	Trabajo	Incidencia	Costo
1	PROYECTO URBANIZACIÓN SANTO DOMINGO	162	31/8/2023	17/4/2024				28074 HH		\$397.760,78
1.2	TRABAJOS PRELIMINARES	21,33	31/8/2023	29/9/2023				958 HH		\$34.310,25
1.2.1	Replanteo y nivelación, limpieza y desbroce del terreno, cerramiento y campamento provisional (incluye bodega, oficinas, baños, comedor y gabinetes)	19	31/8/2023	29/9/2023	28182,58	m2	0,0343	968 HH	100%	\$34.310,25
1.2.1 A	Replanteo, nivelación y desbroce + bodega y baños fase1	4	31/8/2023	5/9/2023	5933,17	m2	0,0343	204 HH	21%	\$7.213,22
1.2.1 B	Replanteo, nivelación y desbroce + bodega y baños fase2	3	6/9/2023	10/9/2023	4449,88	m2	0,0343	153 HH	16%	\$5.409,92
1.2.1 C	Replanteo, nivelación y desbroce + bodega y baños fase3	5	11/9/2023	17/9/2023	7416,46	m2	0,0343	254 HH	26%	\$9.016,53
1.2.1 D	Replanteo, nivelación y desbroce + bodega y baños fase4	7	18/9/2023	26/9/2023	10383,05	m2	0,0343	356 HH	37%	\$12.623,15

Fuente: Elaboración propia

Estas restricciones se las toma en cuenta en cada una de las actividades como pueden ser: diseño, metraje, rendimiento, materiales y prerequisites en ciertos casos. Para el siguiente caso se realizó una tabla para identificar si cada actividad cuenta o no con los recursos necesarios para ser completada como se visualiza a continuación. En la tabla se ejemplifica una de las actividades del proyecto con sus respectivas restricciones, este método es parte de la planificación Lookahead y se lo realiza para todas las actividades que se establecen en el EDT, una vez liberadas las restricciones se proceden a pasarlas a la planificación semanal

Tabla 3: Cuadro de restricciones para el Lookahead

Actividades	Diseño	Material	Mano de obra	Equipos	Prerreq uisito
1.2.1A	SI	SI	SI	NO	SI
1.2.1 B	SI	SI	SI	SI	SI
1.2.1 C	SI	NO	SI	SI	SI
1.2.1 D	SI	SI	SI	SI	SI

Programación semanal: Aquí se presenta mayores niveles de detalle antes de la ejecución. Es realizada por supervisores y maestros entre otras los cuales participan directamente en cada actividad de la construcción y viene a ser el compromiso especificado de la planificación. En esta fase se comprometió solo el trabajo que se puede realizar en cuanto a



las unidades productivas preparadas para la variabilidad e incertidumbre. Esto engrandece la fiabilidad del plan aumentando los rendimientos.

En esta escala de planificación el último planificador sabe que la primera semana se deberá cumplir con 4 actividades conforme a los metrajes establecidos junto con presupuesto definido para cada una de estas actividades. En el siguiente gráfico se observa la planificación de la primera semana una vez liberada las restricciones, es ahí donde se evalúa el avance en metraje y porcentaje.

Ilustración 8
Programación semanal caso de estudio

EDT	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Metraje	Unidad	Ratio HH	Trabajo	Incidencia	Costo	SEMANA01							Metraje	
											L	M	M	J	V	S	D		
1	PROYECTO URBANIZACIÓN SANTO DOMINGO	162	31/8/2023	17/4/2024				28074 HH		\$397.760,78									
1.2	TRABAJOS PRELIMINARES	21,33	31/8/2023	29/9/2023				958 HH		\$34.310,25									
1.2.1	Replanteo y nivelación, limpieza y desbroce del terreno, cerramiento y campamento provisional (incluye bodega, oficinas, baños, comedor y gabinetes)	19	31/8/2023	29/9/2023	28182,58	m2	0,0343	968 HH	100%	\$34.310,25									
1.2.1 A	Replanteo, nivelación y desbroce + bodega y baños fase I	4	31/8/2023	5/9/2023	5933,17	m2	0,0343	204 HH	21%	\$7.213,22									2966,58
1.5.1	CIMENTACIÓN	13	31-08-23	18-09-23	140	m2	3,13	439 HH	80%	\$4.887,95			1483,29	1483,29					0
1.5.1.1	Excavación y desalojo	6,78	31-08-23	08-09-23	21	m3	7,95	167 HH	38%	\$1.437,58				1,8	3				4,8

HH Planificación semanal avance teórico	139,91
% de Avance planificado lookahead 1era semana	0%
% Planificado en el cronograma de obra	0%

Fuente: Elaboración propia

Discusión

Para realizar la comparación entre el LPS y la gestión de la construcción tradicional se revisó en primer lugar las características del enfoque tradicionalista. Esta palabra se utiliza con frecuencia para referirse a aquellas técnicas de construcción lineal en las que se aborda una perspectiva sistemática, paso a paso para crear una estructura. Este proceso de construcción consta de seguir varios pasos, con la condición de que se debe finalizar el primero para seguir con el segundo, con el objetivo de garantizar que la estructura se construya con precisión y sin fallas. Por lo cual dentro de una gestión organizacional convencional todos los trabajadores siguen una cadena de mando, en donde la profesional entrega el diseño a los directores de obra para que puedan elaborar un plan. Es donde este plan acarrea una falta de coordinación y transparencia provocando retrasos, errores e ineficiencias. Si bien su implementación por años ha priorizado los estándares de eficiencia, calidad y seguridad hace falta brindar un mayor nivel de adaptabilidad necesaria para reaccionar rápidamente ante sucesos imprevistos o cambios en el alcance de la obra. Por lo que se realizó la comparación entre las dos metodologías tomando en cuenta la planificación semanal expuesta

anteriormente y el caso de estudio con herramientas utilizadas en proyectos de características similares como es él.

A continuación, se detalla la herramienta Program Evaluation and Review Technique (PERT) la misma que representa de manera visual el cronograma valorado con el desglose de tareas y además usa tres puntos de estimación de tiempo para su realización: optimista, pesimista y más probable. El siguiente ejemplo fue utilizado en el programa de viviendas de interés social de Buena Fe, como parte de la planificación general. La siguiente imagen muestra cada uno de estos temas expuestos.

Ilustración 9
Programación PERT caso Buena Fe

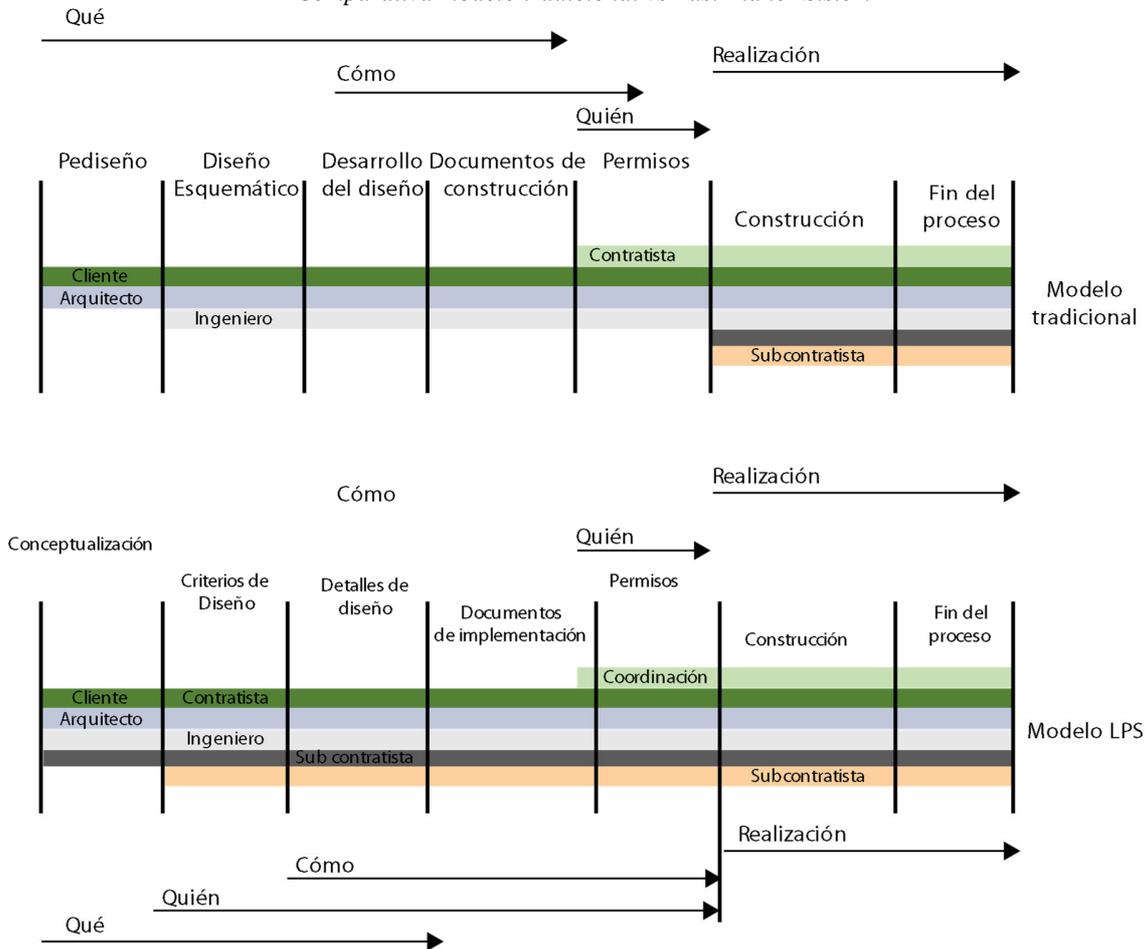
TAREA	EDT	DESCRIPCIÓN	PRECEDENCIAS	DURACIÓN EN DÍAS		
				OPTIMISTA	MAS PROBABLE	PESMISTA
1	1	TRABAJOS PRELIMINARES				
2	1.1	Nivelación y replanteo	2	90	98	105
3	2	EMPRENDIMIENTO				
4	2.1	Movimiento de tierras para cimentación		3	7	10
5	2.2	Estructura	6FC-7 días	15	19	35
6	2.3	Estructura metálica para cubierta	7FC-14 días	15	19	35
7	2.4	Cubierta de galvalumen	8FC-7 días	3	6	12
8	2.5	Albañilería	8FC-7 días	12	20	35
9	2.6	Revestimientos	10FC-14 días	17	20	28
10	2.7	Puertas	11	5	6	15
11	2.8	Ventanas	11	5	6	15
12	2.9	Instalaciones sanitarias	7,12FF	28	33	50
13	2.1	Aparatos sanitarios	14FC-7 días	3	7	11
14	2.11	Instalaciones agua potable	7	28	33	50
15	2.12	Instalaciones eléctricas	7	28	33	50
16	3	CENTRO COMUNITARIO				

Fuente: Recuperado de Casa para toda empresa pública (2021).

El resultado de este análisis realizado deriva en una estimación de tres circunstancias basadas en criterios y experiencias de expertos, lo equivalente a la planificación semanal en la LPS, sin embargo, en este análisis PERT no se registra restricciones y las actividades se las realiza esperando que entren dentro de estas tres estimaciones y que el peor escenario se encuentre cerca de la línea pesimista. Asimismo, para estimar el tiempo total de la construcción se calcula la duración media de tiempo general y por actividad, sin concretar un proceso de retroalimentación durante la obra. Esta metodología se apega al proceso tradicional, es decir, a la implementación de la ruta: diseño – licitación – construcción. En la (ilustración 10) puede observar los contrastes de las dos metodologías.

Ilustración 10

Comparativa modelo tradicional vs Last Planer Sistem



Fuente: Adaptado de Porras, Sánchez, & Glavis (2014)

Por tanto, la investigación se enfocó en rescatar los beneficios de incorporar la metodología que ya ha producido beneficios en industrias manufactureras. De acuerdo con el gráfico anterior se establecen más relaciones entre los interesados del proyecto en la fase de planificación. Esto sugiere que la ejecución más eficiente y eficaz de la obra depende de lo que se haya definido dentro de la fase de planificación maestra e intermedia, por lo cual, es necesaria una aproximación de lo que se anhela obtener en cuanto a productividad y rendimiento en obra, para que la diferencia entre lo planificado y lo ejecutado sea lo menos posible. Esta claro que si dicha diferencia se traduce como reducciones del tiempo establecido resulta un aspecto deseable que suma a los objetivos.

Conclusiones

La metodología Lean Construction aplicada al caso de estudio mostró un proceso crecidamente planificado y programado en los tres niveles que sugiere el Sistema del Último Planificador, el cual se lo ha introducido al contexto de un proyecto de vivienda social en el país, pretendiendo optimizar los procesos constructivos a través de la planeación y retroalimentación.

La metodología Lean Construction ayuda organizar toda la información y secuenciarla convirtiéndose en una herramienta de gran relevancia para gerenciar los proyectos constructivos con altos niveles de incertidumbre. El enfoque de la metodología está en aquellas actividades que generan valor al producto final y al cliente, y restarles recursos a las que no lo hacen. Si bien es cierto, este proceso ocupa tiempo representa ciertamente un nivel de garantía mayor al que hacerlo bajo otra metodología más tradicional.

Existe un punto conflictivo que se encontró en la fase intermedia, ya que la planificación en esta etapa llega con algún tipo de filtro o revisión, esto hace que en proyectos de gran envergadura que poseen muchas actividades en el EDT las tareas que quedan segregadas en este punto puedan ser descuidada y por ende no permite crear un óptimo flujo de trabajo, en este sentido quedaría en manos del planificador filtrar al Lookahead en este caso solo las actividades que a su criterio tengan alta probabilidad de empezar a ejecutarse dentro del cronograma establecido. Este fenómeno también dependerá del tipo de actividad, si ésta pertenece al grupo de ruta crítica podría traer mayores retrasos que una que no lo esté.

Referencias bibliográficas

Andrade, M., & Arrieta, B. (2010). Last Planner en subcontrato de empresa constructora. *Revista de la construcción*, 36-52. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.scielo.cl/pdf/rconst/v10n1/art05.pdf

Ballard, G. (2008). The lean Project Delivery System: An Update. *Lean Costruction Journal*, 1-19. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://lean-construction-gcs.storage.googleapis.com/wp-content/uploads/2022/08/08161001/Lean_Project_Delivery_System_An_Update-1.pdf

Ballard, G. (2008). The Lean Project Delivery System: An Update. *Lean Construction Journal*, 1-19. Obtenido de chrome-



extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://lean-construction-gcs.storage.googleapis.com/wp-content/uploads/2022/08/08161001/Lean_Project_Delivery_System_An_Update-1.pdf

Botero, L. (2021). *Principios, herramientas e implantación de Lean Construction*. Medellín: EAFIT, 2021. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://editorial.eafit.edu.co/index.php/editorial/catalog/download/95/133/437?inline=1

Brioso, X., & Fuentes, D. (2020). Adaptando el Lean Project Delivery System a la elaboración o actualización de un plan de estudios de ingeniería civil incorporando BIM, Realidad Virtual y Fotogrametría. *Advance in Building Education / Innovación Educativa en Edificación*, 35-47. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/348767372_Adaptando_el_Lean_Project_Delivery_System_a_la_elaboracion_o_actualizacion_de_un_plan_de_estudios_de_ingenieria_civil_incorporando_BIM_Realidad_Virtual_y_Fotogrametria_Adapting_Lean_Project_Delivery_S

Cedar Lake Ventures Inc . (30 de Agosto de 2023). *Weather Spark* . Obtenido de https://es.weatherspark.com/y/18309/Clima-promedio-en-Chone-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o

García, O. (2012). Aplicación de la Metodología Lean Construction en la Vivienda de Interés Social. *Tesis de Maestría*. Universidad EAN Facultad de Postgrados Especialización en Gerencia de Proyectos, Bogotá.

Journal of Constrction Engineering and Management . (1970). U.S. Constrctions Labor Productivity Trends, 1970-1998. *Journal of Constrction Engineering and Management* .

Lugo, S. (2018). *Alpha Consultoría* . Obtenido de https://www.alpha-consultoria.com/que-es-microsoft-project-y-para-que-sirve/#:~:text=Microsoft%20Project%20te%20permite%20ver,uso%20optimizado%20de%20estos%20recursos.



MIDUVI. (2018). *Lineamientos mínimos para el registro y validación de tipologías de viviendas*. Quito, Ecuador. Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/09/LINEAMIENTOS-MINIMOS-PARA-REGISTRO-Y-VALIDACION-DE-TIPOLOGIAS-DE-VIVIENDA.pdf>

Orduz, E. (2007). Aplicación de la metodología de planeación Last Planner en el mejoramiento de la productividad, efectividad y eficiencia en el sistema constructivo aporticado (Lean Construction). *Tesis de Grado*. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga.

Pellicer, E., Yepes, V., Texeira, J., Mouera, H., & Catalá, J. (2014). *Construction Management*. Chichester: Willwy Blackwell. Obtenido de <https://dokumen.tips/download/link/construction-management-pellicer.html>

Pons, J. (2014). Introducción a Lean Construction. *Fundación Laboral de la Construcción*, 1-72. Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www.juanfelipepons.com/wp-content/uploads/2017/02/Introduccion-al-Lean-Construction-1.pdf>

Ponz, J. (2010). GRCPSP Robusto basado en Producción para Proyectos de Edificación y Construcción. *Grado de Doctor*. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.

Valencia, S. (2013). La filosofía LEAN aplicada en la gerencia de proyectos. *Tesis de Maestría*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/20387?show=full>

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento:

N/A

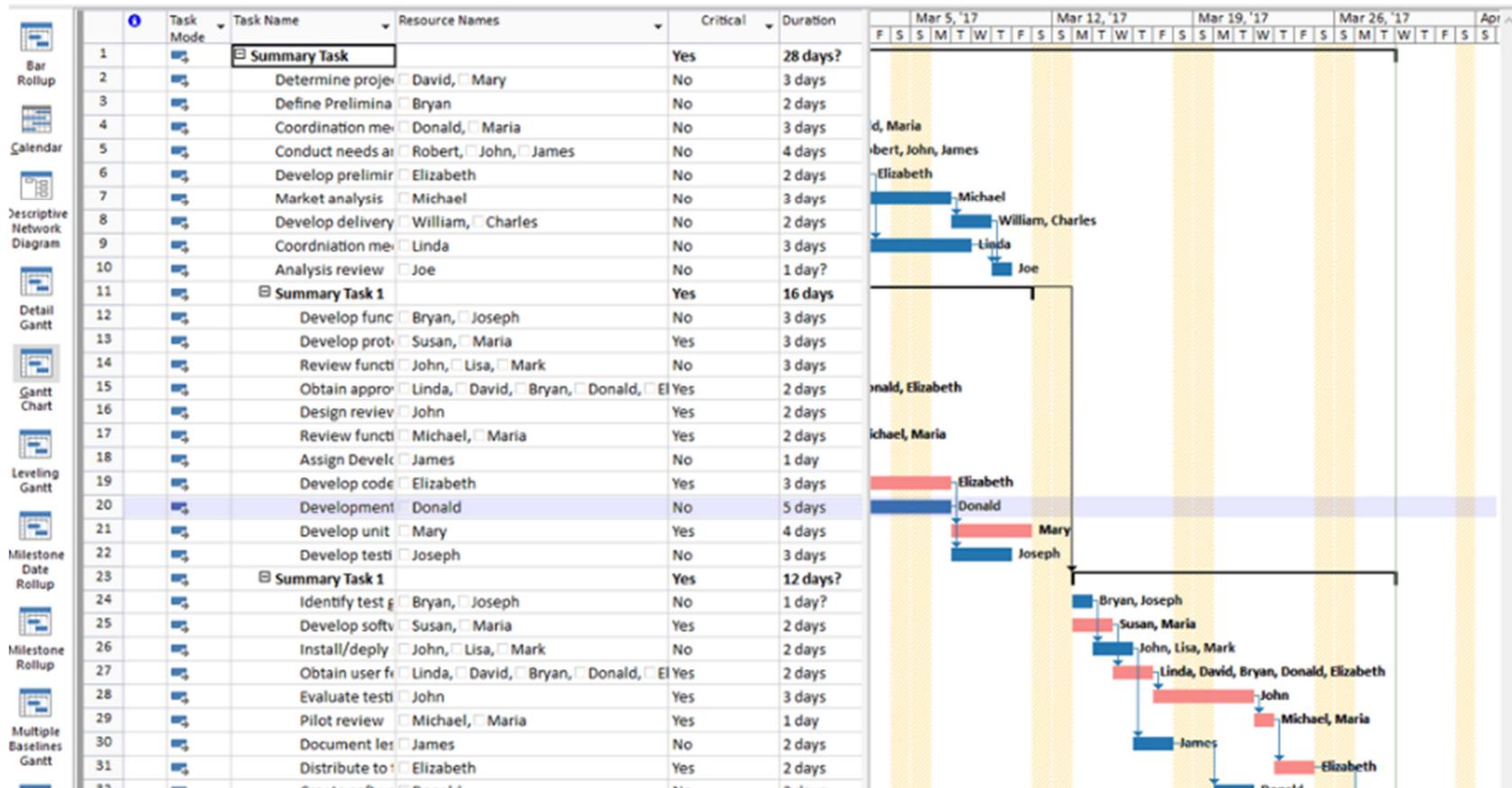
Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.

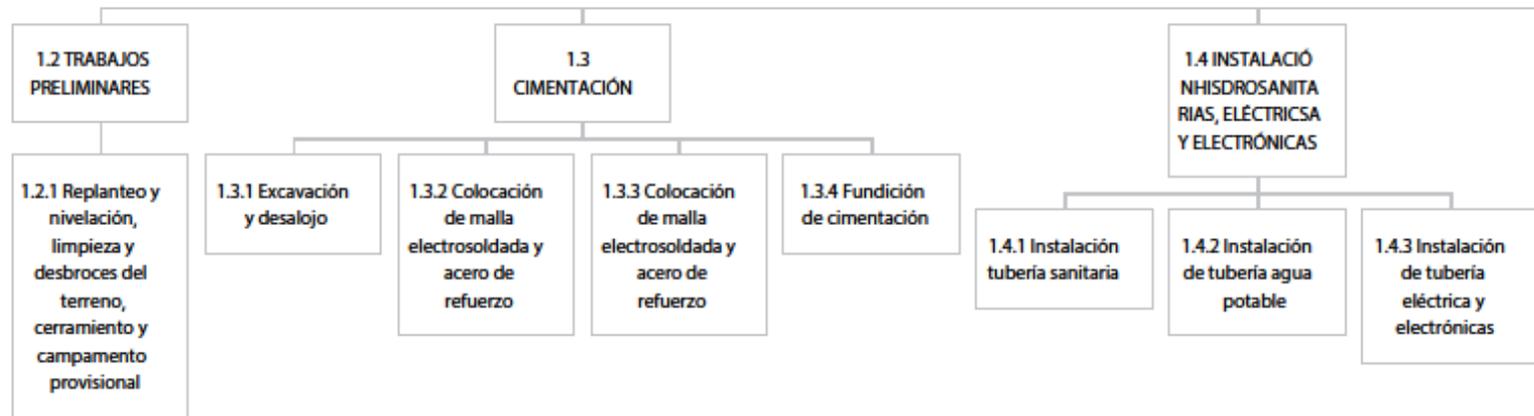


Anexos

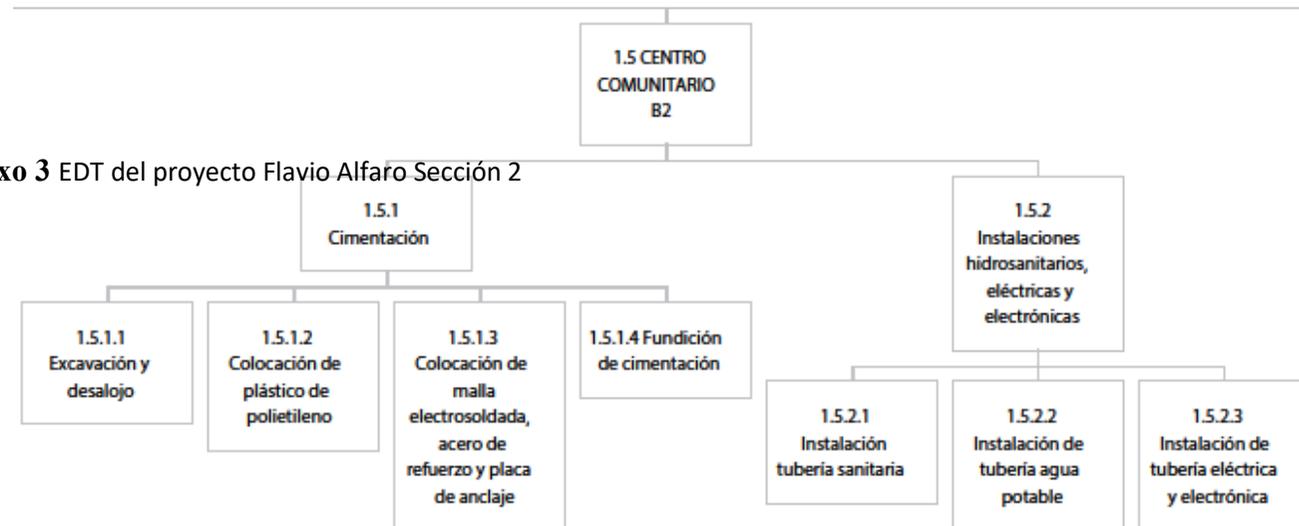
Anexo 1 Diagrama de Gantt producido con el software MS Project



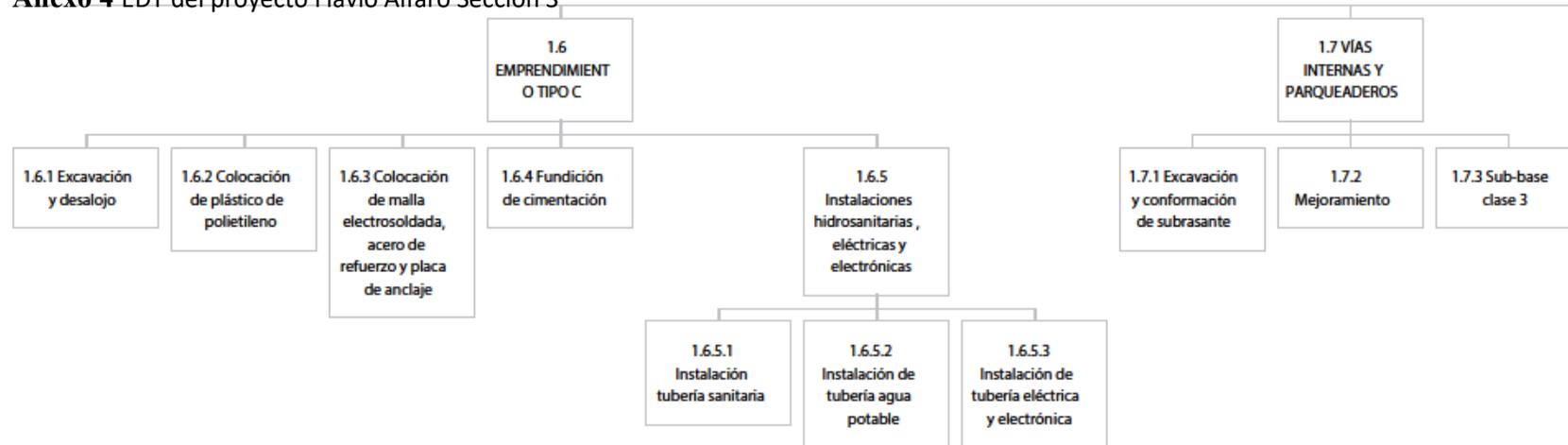
Anexo 2 EDT del proyecto Flavio Alfaro Sección 1



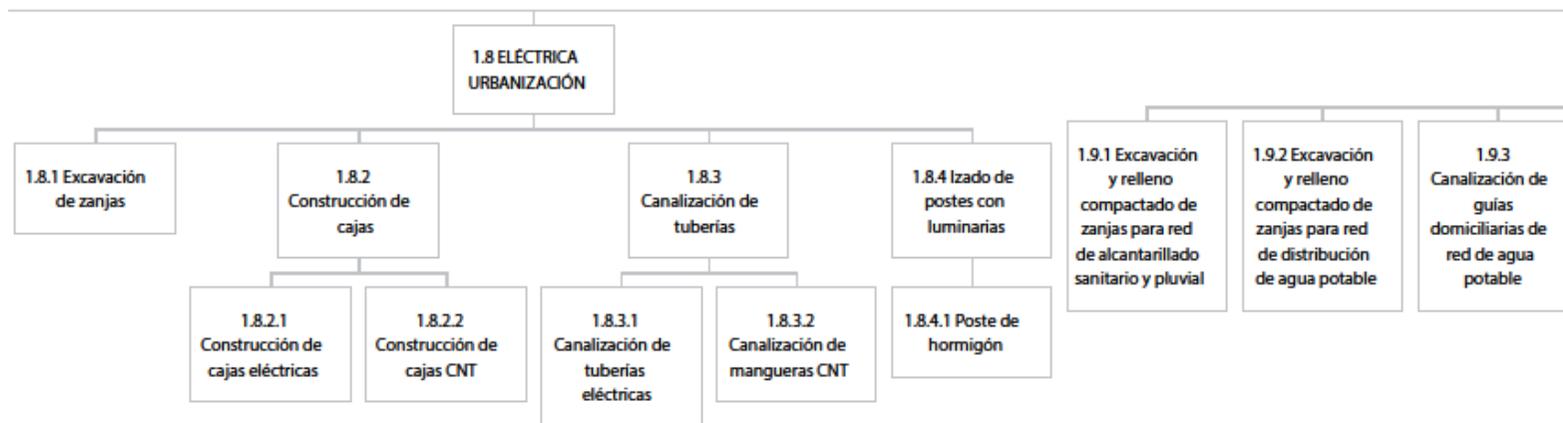
Anexo 3 EDT del proyecto Flavio Alfaro Sección 2



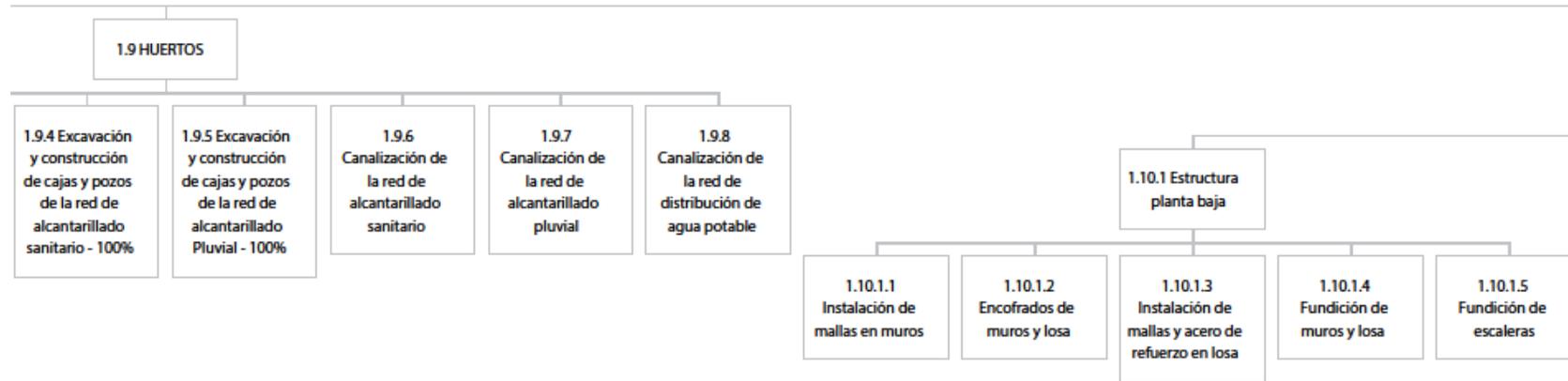
Anexo 4 EDT del proyecto Flavio Alfaro Sección 3



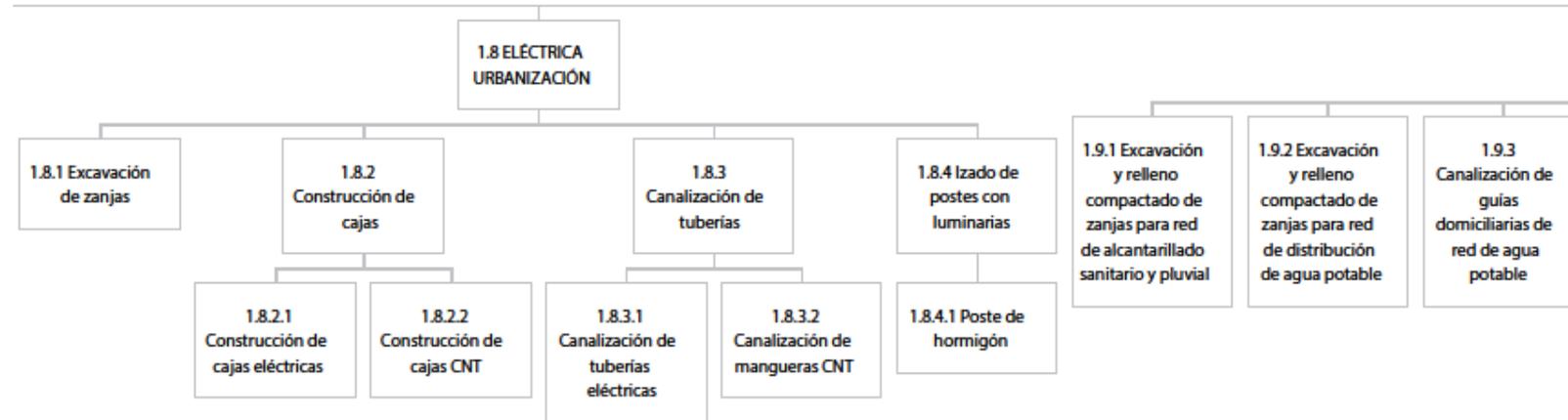
Anexo 5 EDT del proyecto Flavio Alfaro Sección 4



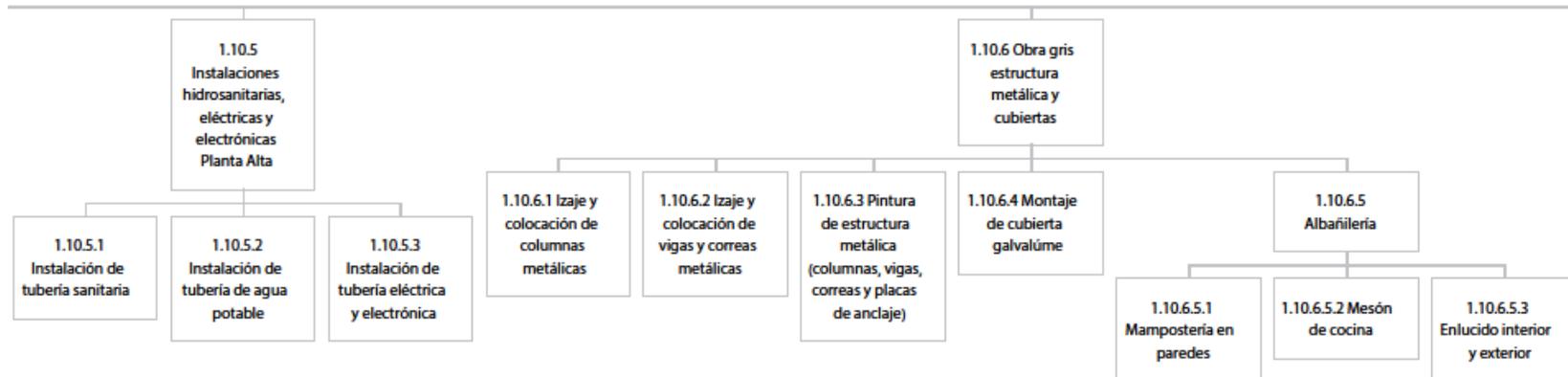
Anexo 6 EDT del proyecto Flavio Alfaro Sección 5



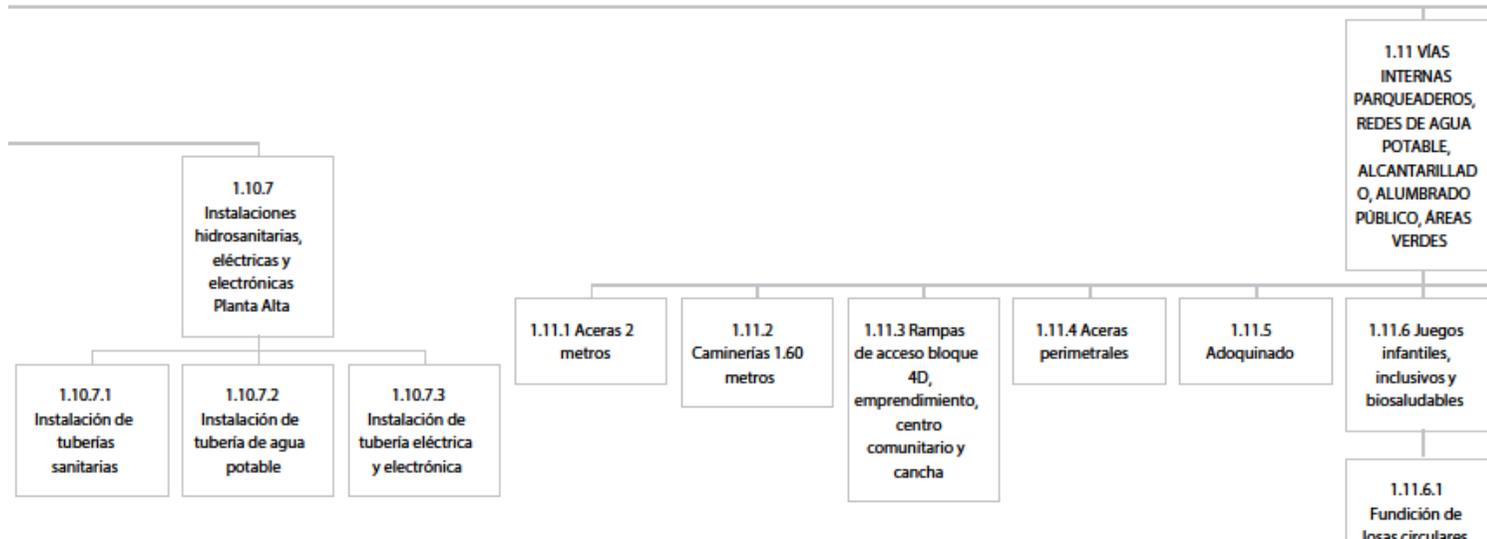
Anexo 7 EDT del proyecto Flavio Alfaro Sección 6



Anexo 8 EDT del proyecto Flavio Alfaro Sección 7



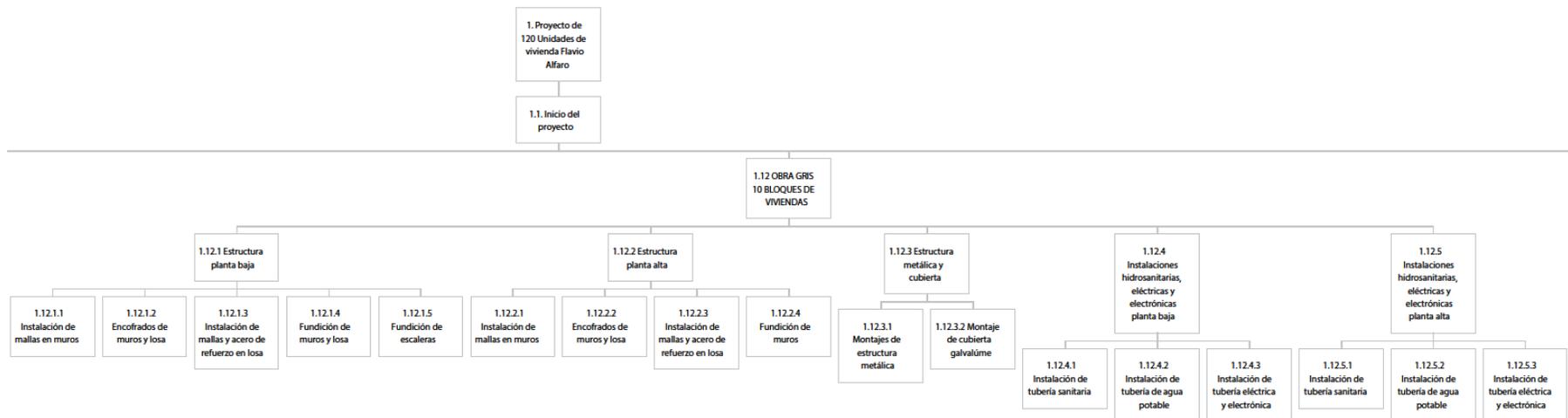
Anexo 9 EDT del proyecto Flavio Alfaro Sección 8



Anexo 10 EDT del proyecto Flavio Alfaro Sección 9



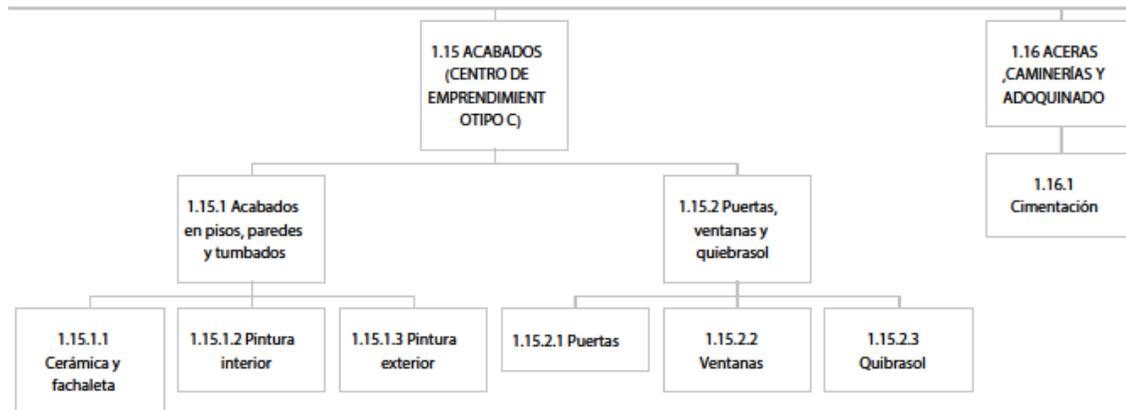
Anexo 11 EDT del proyecto Flavio Alfaro Sección 10



Anexo 12 EDT del proyecto Flavio Alfaro Sección 11



Anexo 13 EDT del proyecto Flavio Alfaro Sección 12



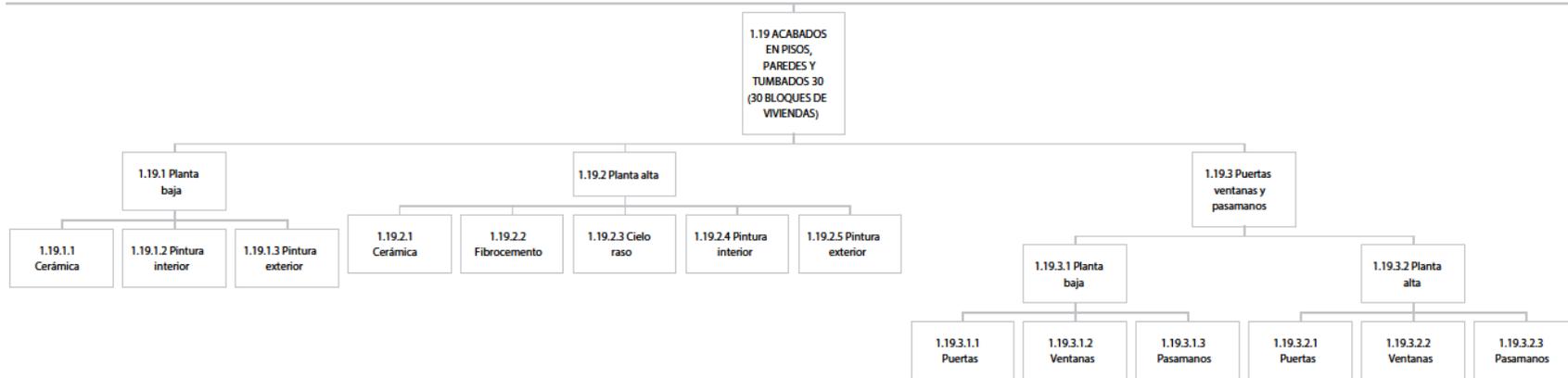
Anexo 14 EDT del proyecto Flavio Alfaro Sección 13



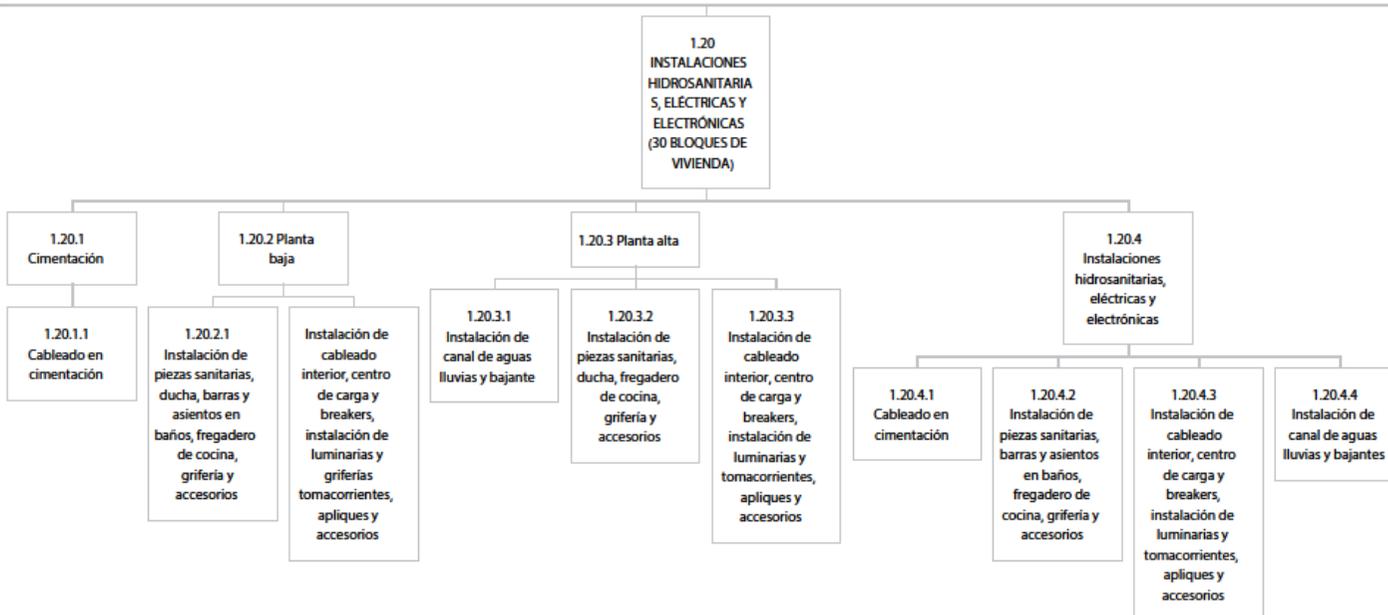
Anexo 15 EDT del proyecto Flavio Alfaro Sección 14



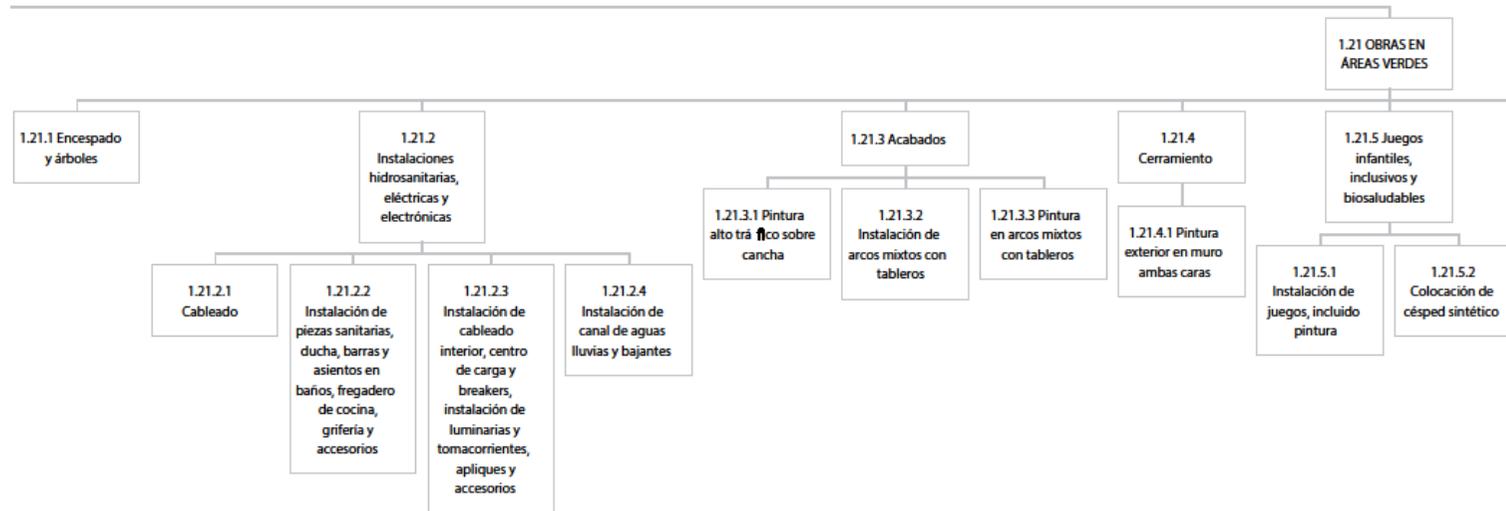
Anexo 16 EDT del proyecto Flavio Alfaro Sección 15



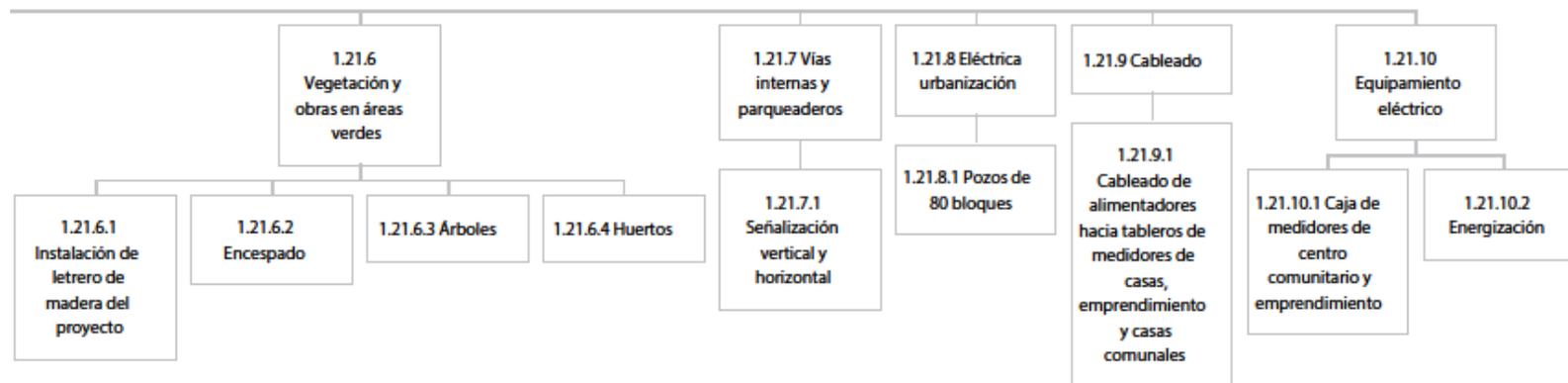
Anexo 17 EDT del proyecto Flavio Alfaro Sección 16



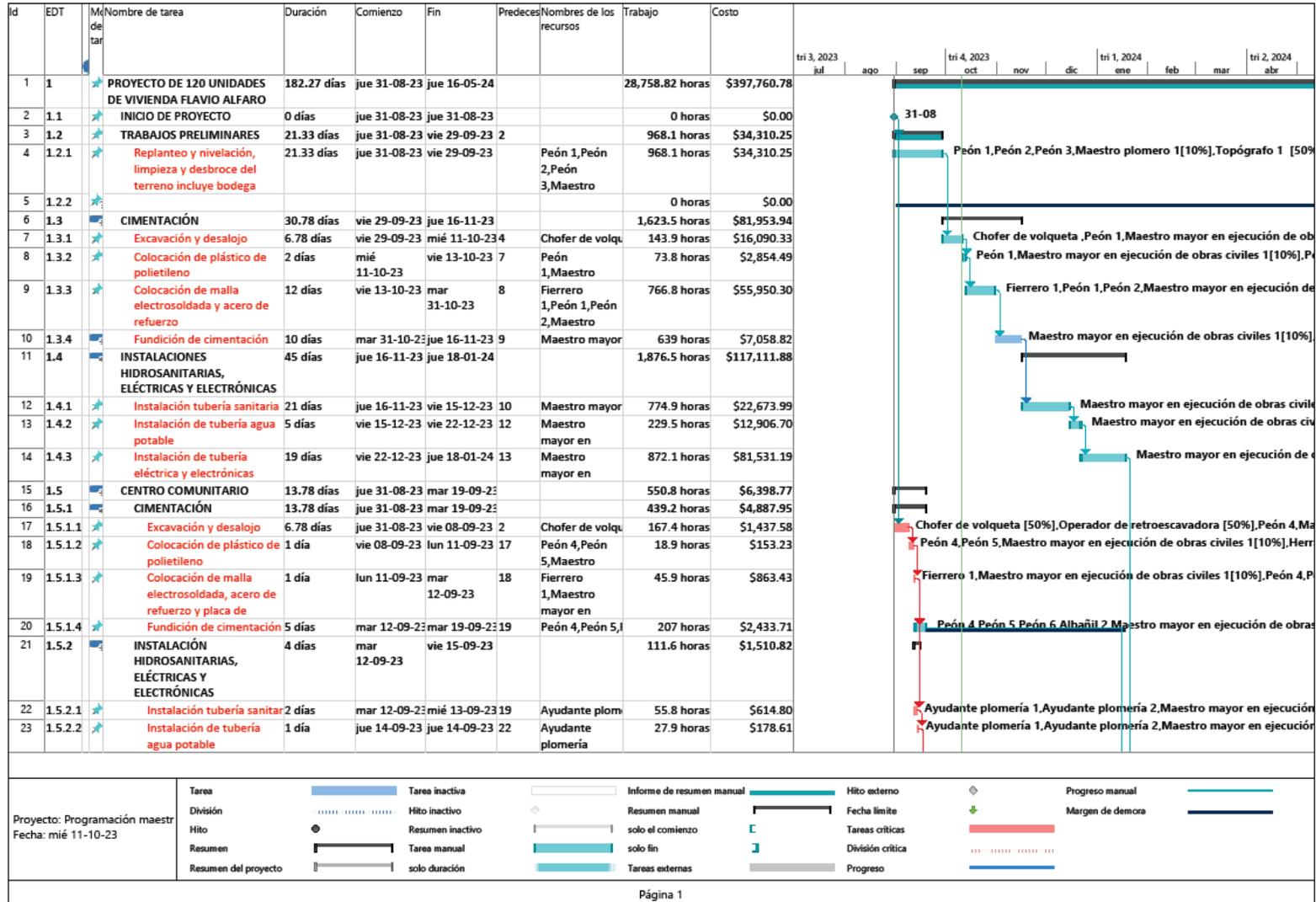
Anexo 18 EDT del proyecto Flavio Alfaro Sección 17



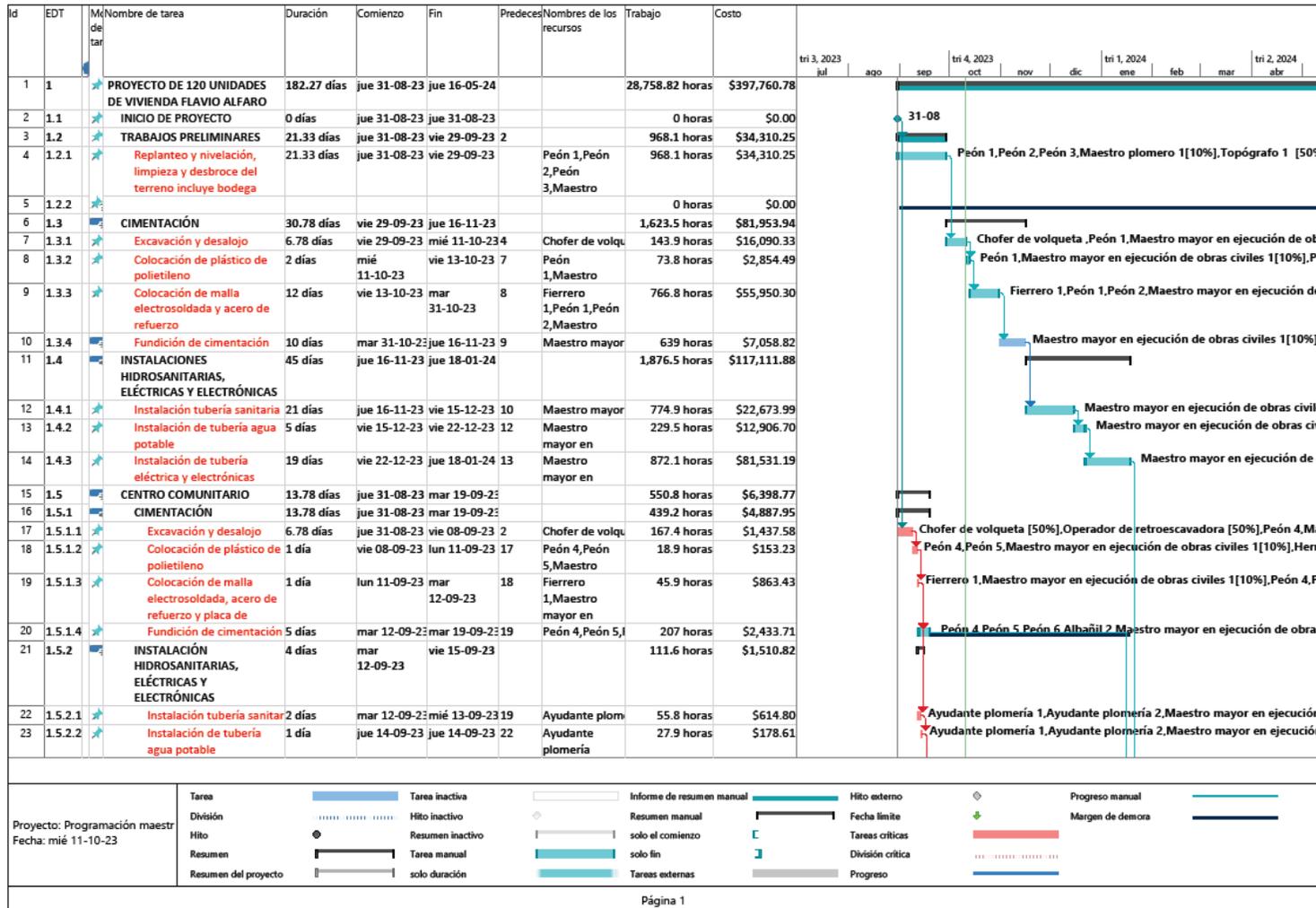
Anexo 19 EDT del proyecto Flavio Alfaro Sección 18



Anexo 20 Diagrama de Gantt producido con el software MS Project Caso de Estudio



Anexo 21 Planificación por fases producido con el software MS Project Caso de Estudio



Anexo 22 Planificación intermedia MS Project

EDT	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Metrado	Unidad	RatioHH	Trabajo	Incidencia	Costo
1	PROYECTO URBANIZACIÓN SANTO DOMINGO	162	31/8/2023	17/4/2024				28074 HH		\$397.760,78
1,2	TRABAJOS PRELIMINARES	21,33	31/8/2023	29/9/2023				958 HH		\$34.310,25
1.2.1	Replanteo y nivelación, limpieza y desbroce del terreno, cerramiento y campamento provisional (incluye bodega, oficinas, baños, comedor y gabinetes)	19	31/8/2023	29/9/2023	28182,58	m2	0,0343	968 HH	100%	\$34.310,25
1.2.1 A	Replanteo, nivelación y desbroce + bodega y baños fase1	4	31/8/2023	5/9/2023	5933,17	m2	0,0343	204 HH	21%	\$7.213,22
1.2.1 B	Replanteo, nivelación y desbroce + bodega y baños fase2	3	6/9/2023	10/9/2023	4449,88	m2	0,0343	153 HH	16%	\$5.409,92
1.2.1 C	Replanteo, nivelación y desbroce + bodega y baños fase3	5	11/9/2023	17/9/2023	7416,46	m2	0,0343	254 HH	26%	\$9.016,53
1.2.1 D	Replanteo, nivelación y desbroce + bodega y baños fase4	7	18/9/2023	26/9/2023	10383,05	m2	0,0343	356 HH	37%	\$12.623,15

Anexo 23 Planificación semanal

EDT	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Metrado	Unidad	Ratio HH	Trabajo	Incidencia	Costo	SEMANA01							Metrado	
											L	M	M	J	V	S	D		
											28-ago	29-ago	30-ago	31-ago	1-sep	2-sep	3-sep		
1	PROYECTO URBANIZACIÓN SANTO DOMINGO	162	31/8/2023	17/4/2024				28074 HH		\$397.760,78									
1,2	TRABAJOS PRELIMINARES	21,33	31/8/2023	29/9/2023				958 HH		\$34.310,25									
1.2.1	Replanteo y nivelación, limpieza y desbroce del terreno, cerramiento y campamento provisional (incluye bodega, oficinas, baños, comedor y gabinetes)	19	31/8/2023	29/9/2023	28182,58	m2	0,0343	968 HH	100%	\$34.310,25									
1.2.1 A	Replanteo, nivelación y desbroce + bodega y baños fase I	4	31/8/2023	5/9/2023	5933,17	m2	0,0343	204 HH	21%	\$7.213,22				1483,29	1483,29				2966,58
1.5.1	CIMENTACIÓN	13	31-08-23	18-09-23	140	m2	3,13	439 HH	80%	\$4.887,95									0
1.5.1.1	Excavación y desalojo	6,78	31-08-23	08-09-23	21	m3	7,95	167 HH	38%	\$1.437,58				1,8	3				4,8