

**APLICACIÓN HERRAMIENTAS PMI Y LEAN CONSTRUCTION PARA CONTROL  
DE OBRAS. JARDINES INFANTILES. LOCALIDAD KENNEDY, BOGOTÁ.**

ANYELA SOFÍA RODRÍGUEZ LEÓN

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

TUNJA

2021

**APLICACIÓN HERRAMIENTAS PMI Y LEAN CONSTRUCTION PARA CONTROL  
DE OBRAS. JARDINES INFANTILES. LOCALIDAD KENNEDY, BOGOTÁ.**

ANYELA SOFÍA RODRÍGUEZ LEÓN

Proyecto de grado en la modalidad de práctica empresarial para optar por el título de  
Ingeniero Civil

Director del proyecto: ING. HÉCTOR MANUEL CASTILLO ARCOS

Ingeniero en Transporte y Vías, Magister en Administración

Codirector: ING. LISANDRO RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

TUNJA

2021

## **AGRADECIMIENTOS**

### **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, doy gracias a Dios por permitirme vivir esta grandiosa experiencia dentro de mi universidad, gracias a mi alma mater por darme la oportunidad de formarme profesionalmente, brindándome los mejores maestros los cuales siempre estuvieron dispuestos a compartirme sus conocimientos y sus experiencias de vida en pro de mi realización profesional. Gracias a toda mi familia que, con su motivación y apoyo, me acompañaron en todo este proceso de formación y me alentaron cada día a seguir adelante para cumplir una meta trazada de hace mucho tiempo.

Gracias también a mis compañeros de carrera quienes influyeron grandemente en mi proceso de formación, ya que se forjaron grandes amistades a través del compañerismo y el trabajo en equipo.

Se llena mi corazón de felicidad al saber que cada momento vivido, cada sonrisa, cada aplauso, cada trasnochada y cada lágrima valieron la pena, pues solo se llega al éxito con esfuerzo, disciplina y compromiso.

## Resumen

En este documento se muestra la aplicación de dos herramientas de costo y tiempo llamadas “Earned Value Management” y “Last Planner System”, mediante el previo ajuste al alcance de las actividades, en el contrato de obra 377 de 2020 con objeto: “CONTRATAR MEDIANTE EL SISTEMA DE PRECIOS FIJOS UNITARIOS Y A MONTO AGOTABLE LAS ACTIVIDADES PARA ADECUAR Y/O REPARAR LA ESTRUCTURA FÍSICA DE TRES (3) JARDINES INFANTILES DE LA SECRETARÍA DISTRITAL DE INTEGRACIÓN SOCIAL PARA LA ATENCION DE LA PRIMERA INFANCIA EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, SEGÚN LOS ESTUDIOS PREVIOS, ANEXO TÉCNICO, PLIEGO DE CONDICIONES Y DEMÁS DOCUMENTOS QUE HACEN PARTE INTEGRAL DEL PROCESO”. El resultado de la aplicación de las dos herramientas, permitió establecer un mejor control relacionado con tiempo, costos, seguimiento, para este tipo de proyectos.

**PALABRAS CLAVE:** herramienta de control, mantenimiento de obra, análisis de costos, control de tiempo, planeación.

### **Abstract**

This document shows the application about the cost and time tools called “Earned Value Management” and “Last Planner System”, through the previous adjustment to the scope of activities, in the work contract 377 of 2020 with object: “TO CONTRACT THROUGH THE SYSTEM OF FIXED UNIT PRICES AND EXHAUSTIBLE AMOUNT THE ACTIVITIES TO ADAPT AND/OR REPAIR THE PHYSICAL STRUCTURE OF THREE (3) KINDERGARTENS OF THE DISTRICT SECRETARIAT OF SOCIAL INTEGRATION FOR THE ATTENTION FOR EARLY CHILDHOOD IN THE KENNEDY LOCALITY, ACCORDING TO THE PREVIOUS STUDIES, TECHNICAL ANNEX, SPECIFICATIONS AND OTHER DOCUMENTS THAT ARE AN INTEGRAL PART OF THE PROCESS”. The result of the application of the two tools, allowed to establish a better control related to time, costs, follow-up, for this type of projects.

**KEY WORDS:** control tool, site maintenance, cost analysis, time control, planning.

## Índice

AGRADECIMIENTOS .....	2
Resumen.....	3
Abstract .....	4
Introducción .....	11
1. Planteamiento del problema.....	12
2. Objetivos .....	14
2.1. Objetivo general .....	14
2.2. Objetivos específicos .....	14
3. Alcance y limitaciones .....	15
4. Justificación y pertinencia.....	16
5. Marco referencial .....	17
5.1. Marco institucional y contextual .....	17
5.2. Marco geográfico.....	19
5.2.1. Jardín Risitas Infantiles .....	20
5.2.2. Jardín Satélite .....	21
5.2.1. Jardín Bella Vista .....	22
6. Generalidades.....	23
6.1. Lean Construction.....	23
6.1.1. Last Planner System .....	24
6.2. Project Management Institute. Inc.....	28

6.2.1.	Earned Value Analysis .....	29
6.3.	Factores que afectan el rendimiento .....	31
7.	Metodología .....	32
7.1.	Fase 1. Preliminares.....	32
7.2.	Fase 2. Durante la ejecución de las actividades.....	32
7.2.1.	Last Planner System, de Lean Construction Institute .....	32
7.2.2.	Earned Value Management de Project Management Institute .....	37
7.3.	Fase 3. Actividades finales .....	38
8.	Análisis y resultados .....	39
8.1.	Fase 1. Preliminares.....	39
8.1.1.	Análisis del presupuesto para cantidades contractuales y reales.....	39
8.2.	Fase 2. Durante la ejecución de las actividades en obra.....	46
8.2.1.	Jardín infantil Satélite.....	46
8.2.2.	Jardín Risitas Infantiles .....	55
8.2.3.	Jardín infantil Bella Vista.....	65
8.2.4.	Factores que afectan el rendimiento de las actividades.....	77
8.3.	Fase 3. Actividades finales .....	79
8.3.1.	Informes semanales .....	79
8.3.2.	Memorias de cálculo para actas .....	79
8.3.3.	Planos récord .....	80

9. Discusión.....	81
10. Conclusiones.....	85
11. Recomendaciones .....	88
12. Bibliografía .....	89
Anexos .....	91

### Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> <i>Ubicación del sector Patio Bonito .....</i>	19
<b>Figura 2</b> <i>Ubicación de los jardines infantiles en la localidad Kennedy.....</i>	20
<b>Figura 3</b> <i>Localización Jardín Risitas Infantiles.....</i>	21
<b>Figura 4</b> <i>Localización Jardín Satélite.....</i>	21
<b>Figura 5</b> <i>Localización Jardín Bella Vista.....</i>	22
<b>Figura 6</b> <i>Gráfica ejemplo de PCC semanal y PPC promedio acumulado.....</i>	26
<b>Figura 7</b> <i>Gráfica ejemplo de PCC semanal y regresión lineal.....</i>	27
<b>Figura 8</b> <i>Gráfica ejemplo de la incidencia de causas de incumplimiento y porcentaje acumulado.....</i>	28
<b>Figura 9</b> <i>Gráfica Curvas “S”. Valor ganado, valor planificado y costos reales .....</i>	31
<b>Figura 10</b> <i>Formato de restricciones registradas a mano .....</i>	33
<b>Figura 11</b> <i>Base de datos en Excel, para el registro de las restricciones .....</i>	34
<b>Figura 12</b> <i>Formato para registrar las restricciones y causas de incumplimiento por semana .....</i>	35
<b>Figura 13</b> <i>Nivel de aceptación del Porcentaje de Plan Cumplido.....</i>	37
<b>Figura 14</b> <i>Cerramiento para bombas. Vista isométrica. Jardín Satélite.....</i>	39



<b>Figura 15</b> <i>Distribución arquitectónica. Vista isométrica. Jardín Risitas Infantiles.</i> .....	40
<b>Figura 16</b> <i>Distribución arquitectónica. Vista isométrica. Jardín Infantil Bella Vista.</i> ..	40
<b>Figura 17</b> <i>Gráfica de avance acumulado programado y ejecutado. Jardín Infantil Satélite</i> .....	47
<b>Figura 18</b> <i>Gráfica de avance de semana a semana, programado y ejecutado. Jardín Infantil Satélite</i> .....	48
<b>Figura 19</b> <i>Gráfica del Porcentaje de Programa Cumplido y el Promedio Acumulado. Jardín Infantil Satélite</i> .....	49
<b>Figura 20</b> <i>Gráfica del Porcentaje de Programa Cumplido. Jardín Infantil Satélite</i> .....	50
<b>Figura 21</b> <i>Gráfica de las causas de incumplimiento. Jardín Infantil Satélite</i> .....	51
<b>Figura 22</b> <i>Gestión del valor ganado. Jardín Infantil Satélite</i> .....	53
<b>Figura 23</b> <i>Gráfica de avance acumulado programado y ejecutado. Jardín Risitas Infantiles</i> .....	56
<b>Figura 24</b> <i>Gráfica de avance de semana a semana, programado y ejecutado. Jardín Risitas Infantiles</i> .....	56
<b>Figura 25</b> <i>Gráfica del Porcentaje de Programa Cumplido y el Promedio Acumulado. Jardín Risitas Infantiles</i> .....	58
<b>Figura 26</b> <i>Gráfica del Porcentaje de Programa Cumplido. Jardín Risitas Infantiles</i> ....	58
<b>Figura 27</b> <i>Gráfica de las causas de incumplimiento. Jardín Risitas Infantiles</i> .....	60
<b>Figura 28</b> <i>Gestión del valor ganado. Jardín Risitas Infantiles</i> .....	63
<b>Figura 29</b> <i>Gráfica de avance acumulado programado y ejecutado. Jardín Infantil Bella Vista</i> .....	66

<b>Figura 30</b> <i>Gráfica de avance de semana a semana, programado y ejecutado. Jardín Infantil Bella Vista</i> .....	67
<b>Figura 31</b> <i>Gráfica del Porcentaje de Programa Cumplido. Jardín Infantil Bella Vista</i>	68
<b>Figura 32</b> <i>Gráfica del Porcentaje de Programa Cumplido. Jardín Infantil Bella Vista</i>	69
<b>Figura 33</b> <i>Gráfica de las causas de incumplimiento. Jardín Infantil Bella Vista</i> .....	71
<b>Figura 34</b> <i>Gestión del valor ganado. Jardín Infantil Bella Vista</i> .....	75
<b>Figura 35</b> <i>Formato para el ingreso de los valores necesarios para calcular las cantidades de obra.</i> .....	79

### Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Resumen ejecutivo de los aspectos contractuales</i> .....	18
Tabla 2 <i>Análisis del Valor Ganado</i> .....	29
Tabla 3 <i>Restricciones</i> .....	33
Tabla 4 <i>Causas de incumplimiento contempladas</i> .....	36
Tabla 5 <i>Costos directos planeados y costos directos ejecutados</i> .....	41
Tabla 6 <i>Costos directos totales según el contrato y costos ejecutados. Jardín infantil Satélite</i> .....	42
Tabla 7 <i>Costos directos totales según el contrato y costos ejecutados. Jardín Risitas Infantiles</i> .....	42
Tabla 8 <i>Costos directos totales según el contrato y costos ejecutados. Jardín infantil Bella Vista</i> .....	43
Tabla 9 <i>Costos directos al realizar el primer ajuste de cantidades para realizar el cronograma y costos ejecutados. Jardín infantil Bella Vista</i> .....	44

Tabla 10 <i>Resumen de las actividades por capítulo. Jardín Infantil Satélite</i> .....	44
Tabla 11 <i>Resumen de las actividades por capítulo. Jardín Risitas Infantiles</i> .....	45
Tabla 12 <i>Resumen de las actividades por capítulo. Jardín Infantil Bella Vista</i> .....	45
Tabla 13 <i>Cálculo de % programado y % ejecutado para cada semana. Jardín Infantil Satélite</i> .....	47
Tabla 14 <i>Cálculo de Porcentaje de Programa Cumplido. Jardín Infantil Satélite</i> .....	49
Tabla 15 <i>Causas de incumplimiento. Jardín Infantil Satélite</i> .....	51
Tabla 16 <i>Gestión del valor ganado. Jardín Infantil Satélite</i> .....	53
Tabla 17 <i>Cálculos para el valor ganado. Jardín Infantil Satélite</i> .....	53
Tabla 18 <i>Cálculo de % programado y % ejecutado para cada semana. Jardín Risitas Infantiles</i> .....	55
Tabla 19 <i>Cálculo de Porcentaje de Programa Cumplido. Jardín Risitas Infantiles</i> .....	57
Tabla 20 <i>Causas de incumplimiento. Jardín Risitas Infantiles</i> .....	59
Tabla 21 <i>Gestión del valor ganado. Jardín Risitas Infantiles</i> .....	62
Tabla 22 <i>Cálculos para el Valor Ganado. Jardín Risitas Infantiles.</i> .....	62
Tabla 23 <i>Cálculo de % programado y % ejecutado para cada semana. Jardín Infantil Bella Vista</i> .....	66
Tabla 24 <i>Cálculo de Porcentaje de Programa Cumplido. Jardín Infantil Bella Vista</i> .....	68
Tabla 25 <i>Causas de incumplimiento. Jardín Infantil Bella Vista</i> .....	70
Tabla 26 <i>Gestión del valor ganado. Jardín Infantil Bella Vista</i> .....	73
Tabla 27 <i>Cálculos para el Valor Ganado. Jardín Infantil Bella Vista.</i> .....	73

## Introducción

El sector de obras civiles afronta riesgos e imprevistos, al desarrollarse en circunstancias impredecibles que hacen difícil la correcta planificación (Rudeli et al., 2018), a tal punto de que se presenten sobrecostos, retrasos en la planeación, desperdicio de materiales, desviaciones en los presupuestos, entre otras. Al ser un sector relevante en el desarrollo del país, es pertinente realizar planeamientos exhaustivos, evitando pérdidas monetarias para el contratista, abandono del proyecto, retrasos en las entregas; e inclusive problemas legales.

Por tal motivo, la necesidad de incrementar la productividad y rentabilidad de un proyecto, ha propiciado la investigación y creación de herramientas, metodologías y filosofías que impidan atravesar por obstáculos en la ejecución. Instituciones como Project Management Institute y Lean Construction Institute, han desarrollado herramientas que permitan controlar el alcance, costo y el plazo del proyecto, con el objetivo de prever inconvenientes y tomar decisiones a tiempo.

Se desarrolla este proyecto usando las herramientas en mención, en respuesta una necesidad de mantener un continuo control en el mantenimiento, como es el caso de tres jardines infantiles en la localidad Kennedy, en Bogotá. Iniciando por recopilar la información necesaria como son las características arquitectónicas para verificar y ajustar el alcance de las condiciones contractuales. Posteriormente, se aplican las herramientas Last Planner System y Earned Value Management, obteniendo resultados para realizar el correspondiente análisis. Finalmente, se anexan los entregables al director de obra, como informes semanales, memorias de cálculo y planos récord.

## 1. Planteamiento del problema

La construcción e intervención en las infraestructuras, buscan mejorar la calidad de vida de las personas y aportar a la sostenibilidad del medio ambiente (Burgos Marín & Vela Ávila, 2015) Además, pertenecen a uno de los factores con mayor relevancia en el desarrollo de un país, siendo así el sector de la construcción. Aunque se realicen planeamientos exhaustivos suelen presentarse imprevistos y riesgos, que dan cabida a demoras, debido a que un proyecto se desarrolla en circunstancias impredecibles, dificultando una correcta planeación (Burgos Marín & Vela Ávila, 2015) (Rudeli et al., 2018).

Un proyecto se ve enfrentado por varios desafíos como, la ejecución de las actividades con las menores probabilidades de retrasos y la distribución de los recursos económicos de manera que no existan sobrecostos. Eventualmente, se opta por implementar metodologías para la administración del riesgo a lo largo de la vida útil del proyecto (García Reyes, Echeverry Campos, & Mesa Hernández, 2017).

Actualmente, en Bogotá se está desarrollando el contrato de obra No 377 de 2020<sup>1</sup>, entre la alcaldía local de Kennedy con la empresa cuya razón social es Adriana Elena Álvarez Rivera, con objeto de la adecuar y/o reparar de la estructura física de tres jardines infantiles de la Secretaría Distrital de Integración Social para la atención de la primera infancia, por el sistema de precios unitarios y a monto agotable de las actividades.

Al presente contrato, por intermedio de la pasantía, se desea apoyar mediante la aplicación de herramientas de la metodología de PMI (Project Management Institute) y de la filosofía Lean

---

<sup>1</sup> OBJETO: contratar mediante el sistema de precios fijos unitarios y a monto agotable las actividades para adecuar y/o reparar la estructura física de tres (3) jardines infantiles de la secretaría distrital de integración social para la atención de la primera infancia en la localidad de Kennedy, según los estudios previos, anexo técnico, pliego de condiciones y demás documentos que hacen parte integral del proceso.

Construction, con el fin de abarcar el alcance del proyecto mediante la ejecución de un sistema que controle costos y tiempo.

## **2. Objetivos**

### **2.1. Objetivo general**

Contribuir en el desarrollo de la planeación administrativa, control de cronograma y presupuesto en los establecimientos educativos infantiles de “Bellavista”, “Risitas infantiles” y “Satélite”, mediante la implementación de herramientas de PMI, Lean Construction Institute, e implementación de software requerido

### **2.2. Objetivos específicos**

Verificar el alcance de cada actividad, mediante la toma de dimensiones en los jardines “Bellavista” y “Risitas”, y su digitalización en AutoCAD 2019 y Revit 2021.

Hacer seguimiento y control a las actividades de programación, mediante las cantidades de obra y análisis de los factores que influyen en la realización en campo.

Desarrollar en obra el sistema de control “Last Planner” (último planificador) de la filosofía de Lean Construction Institute, para realizar el seguimiento al cronograma de actividades.

Desarrollar en obra el sistema de control “Earned Value Management” (Gestión del valor ganado) de la metodología de PMI, para realizar el seguimiento al desempeño de la relación entre la línea base del cronograma y la línea base de costos.

Elaborar y apoyar en la realización de los entregables, donde se reflejen los avances teniendo en cuenta la relación de tiempo y costos.

### **3. Alcance y limitaciones**

El presente proyecto es de tipo cualitativo, el cual se evaluará el proceso técnico, financiero y de control del contrato de obra No 377 de 2020. Se aplicarán herramientas tales como “Last planner” y “Earned Value Management”, con el fin de realizar seguimiento continuo a la relación entre la duración de las actividades y el presupuesto que requieren, además de los factores que influyen en el costo como el equipo necesario, materiales, mano de obra y transporte. De tal manera que, en la vigencia del lapso de tiempo pactado en el contrato, se lleve a cabalidad las actividades requeridas en cada institución educativa.

El proyecto puede requerir de actividades imprevistas, a su vez estas podrían generar cambios en la secuencia de tareas plantada; sin embargo, realizaría la modificación del cronograma, acudiendo a soluciones, como la modificación en actividades que permitan flexibilidad en tiempo, de tal manera que, en lo posible se evite demoras o retrasos en la planeación general. En segundo lugar, se contempla la posibilidad de que las aulas de clase estén ocupadas, de esta manera se necesitaría el permiso y preparación de los espacios para realizar adecuadamente las actividades. Adicionalmente, la situación de salud mundial puede provocar que, se presente dificultades en el equipo de trabajo, como consecuencia se vería afectado el rendimiento de las actividades, por lo tanto, genera alteraciones especialmente en la(s) ruta(s) crítica(s). Lo anterior implica plantear y llevar a cabo las soluciones correspondientes. No obstante, la obra pública es una de las actividades que desde el inicio de la pandemia se ha definido dentro de las excepciones de aislamiento, debido a su importancia y las necesidades que originan los procesos de obra pública.



#### 4. Justificación y pertinencia

Un “retraso” se define como un evento que extiende, pospone o por algún motivo altera el cronograma de una o más actividades, modificando el tiempo especificado en el contrato del proyecto (Rudeli et al., 2018) (Rasheed Mohammed & Jafar, 2011) (Project Management Institute, 2017). La demora se considera como uno de los riesgos destacables en la ejecución de los proyectos, en consecuencia implica costos superiores, disputas entre partes, abandono del proyecto y dificultades legales (Rasheed Mohammed & Jafar, 2011). Según estudios, en países como Corea, Reino Unido, Tailandia, Estados Unidos, Indonesia, Arabia Saudita, entre otros, plantean que, a menudo suelen presentarse retrasos por la ejecución del proyecto, los aspectos administrativos, si el proyecto requiere un diseño para ejecutarse, la mano de obra, la disponibilidad de la maquinaria, los materiales, el clima y otros. (Rudeli et al., 2018).

En Colombia, se presenta la división entre contratación privada y pública, siendo esta última regida por lineamientos jurídicos, procedimientos, leyes. Adicionalmente, según autores, reconocen la dificultad de la administración, gestión de cambios y realización de mejoras para la contratación pública (Schiele & McCue, 2011). Además, en Colombia, bajo el Régimen Contractual, puede llegar a producir demoras en trámites que no son, en materia de actividades, relacionados a la puesta en marcha del contrato. Por tal motivo, se hace relevante utilizar técnicas o herramientas controlen costos y programación, de tal manera que se dé cumplimiento al contrato. El presente proyecto, se plantea el uso de herramientas como, “Last planner” y “Earned Value Management” a un contrato equivalente a \$ 1.427.667.408 (MIL CUATROCIENTOS VEINTICETE MILLONES SEISCIENTOS SESENTA Y SIETE MIL CUATROCIENTOS OCHO PESOS), de tal manera que, se dé seguimiento a las actividades, para evitar la prórroga del plazo final.

## 5. Marco referencial

### 5.1. Marco institucional y contextual

La empresa cuya razón social es Adriana Elena Álvarez Rivera con NIT 00000024050401-1, ejecutó el contrato de obra No 377 de 2020, por medio del proceso de licitación pública LP 02-2020 emitida por el Fondo de Desarrollo Local de Kennedy, Bogotá. En dicho proceso, la contratista Adriana Álvarez Rivera obtiene adjudicación el 30 de diciembre de 2020, con el cual se dan los trámites de legalización de contrato para dar inicio el día 3 de febrero de 2021.

El proyecto consiste en la adecuación de tres jardines infantiles de la localidad Kennedy. La Secretaría Distrital de Integración Social administra los jardines y emite los requerimientos técnicos y de necesidades por suplir, además la alcaldía Local de Kennedy realiza la supervisión.

Las actividades para desarrollar en los jardines infantiles son planteadas para poder optimizar y mejorar las condiciones de los espacios buscando el confort de los ocupantes, que son los niños de primera infancia y el personal administrativo/operativo de cada jardín. En general, las actividades del proyecto buscan intervenir:

- Mantenimiento de fachadas: pintura de fachada, lavado, mejoramiento de andenes.
- Mantenimiento de acabados internos: cambio de pisos, mejoramiento de muros, instalación de esquineros en espuma, mediacañas, etc.
- Mejoramiento en sistemas hidrosanitarios: sondeo de redes, reemplazo de aparatos sanitarios, mesones, remodelación de baterías sanitarias con cambio de enchapes, divisiones, etc.
- Mejoramiento de cubierta: Instalación de policarbonato, cubiertas, canales, bajantes, etc.
- Actividades de obra eléctrica como puntos eléctricos e iluminación.

- Mejora de las zonas exteriores de patio instalando placas de concreto que serán recubiertas con piso reciclado de caucho.
- Actividades de implementación de sistema de detección contra incendios
- Mantenimiento y mejoramiento de la carpintería metálica existente en lo correspondiente a puertas con sistema anti-machucón, pasamanos, etc.
- Mantenimiento de cerramiento exterior, o cerramiento de cuarto del sistema de bombeo.

A continuación, se presenta información acerca del contrato:

### **Tabla 1**

#### *Resumen ejecutivo de los aspectos contractuales*

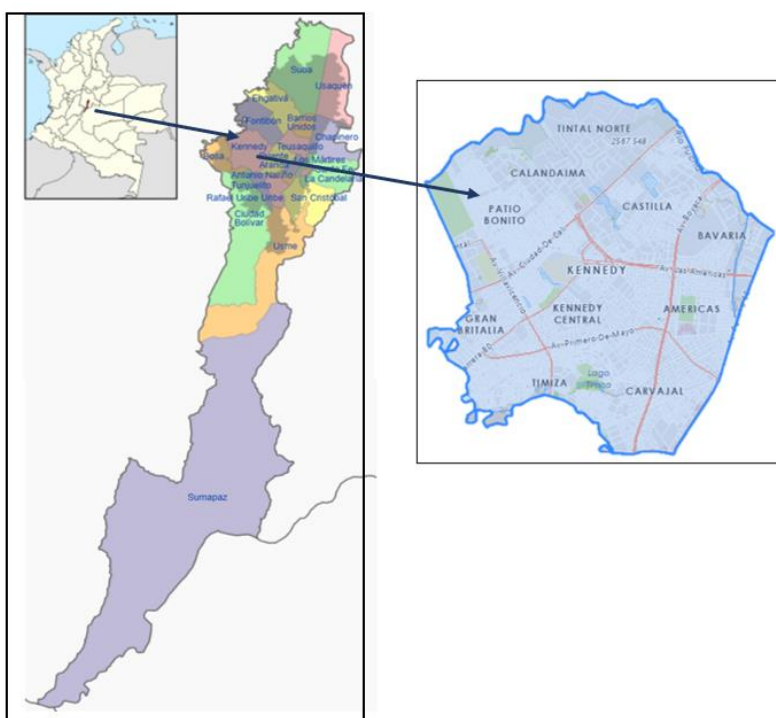
<b>CONTRATO DE OBRA</b>	
Número de Contrato	377 de 2020
Objeto:	“CONTRATAR MEDIANTE EL SISTEMA DE PRECIOS FIJOS UNITARIOS Y A MONTO AGOTABLE LAS ACTIVIDADES PARA ADECUAR Y/O REPARAR LA ESTRUCTURA FISICA DE TRES (3) JARDINES INFANTILES DE LA SECRETARIA DISTRITAL DE INTEGRACION SOCIAL PARA LA ATENCION DE LA PRIMERA INFANCIA EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, SEGÚN LOS ESTUDIOS PREVIOS, ANEXO TECNICO, PLIEGO DE CONDICIONES Y DEMAS DOCUMENTOS QUE HACEN PARTE INTEGRAL DEL PROCESO”
Contratista:	ADRIANA ELENA ALVAREZ RIVERA CONTRATISTA
Nit	24.050.401-1
Representante legal:	ADRIANA ELENA ALVAREZ RIVERA CC 24050401
Valor del Contrato principal:	\$ 1.427.667.408 M/CTE
Plazo del Contrato	Cinco (5) meses
Fecha de Iniciación:	3 de febrero de 2021
Fecha de terminación:	3 de julio de 2021
Fecha de terminación final:	2 de agosto de 2021
Entidad contratante	FONDO DE DESARROLLO LOCAL DE KENNEDY ARQ YANETH ECHEVERRIA BECERRA.
Supervisión de la entidad	INFRAESTRUCTURA – FDLK Profesional de Apoyo
Interventoría	ORTEGA ROLDAN & CIA S.A.S

## 5.2. Marco geográfico

El desarrollo de las actividades administrativas y en campo se desarrollaron en la localidad Kennedy, en Bogotá. Esta localidad se encuentra dividido en unidades de planeamiento zonal (UPZ). Para el caso del contrato, los tres jardines infantiles se encuentran ubicados en la UPZ 82, correspondiente a Patio Bonito. Este sector cuenta con un área de 317 hectáreas, siendo el 8,22% del total de la localidad. (Alcaldía Mayor de Bogotá D.C, 2013).

### Figura 1

*Ubicación del sector Patio Bonito*



*Nota.* Adaptado de *Bogotá y su área urbana* [Fotografía], por (Wikipedia contributors (n.d), 2021),

Wikipedia (<https://es.wikipedia.org/wiki/Bogot%C3%A1>).

**Figura 2**

*Ubicación de los jardines infantiles en la localidad Kennedy*



*Nota.* Adaptado de *Google Earth* [Fotografía], por (Google Earth, 2021).

Las localizaciones específicas de los tres establecimientos son los siguientes:

**5.2.1. Jardín Risitas Infantiles**

Ubicado en la zona urbana, en la KR 86 D N° 39A -05 SUR, en el sector “Patio Bonito”, etapa II.

**Figura 3**

*Localización Jardín Risitas Infantiles.*



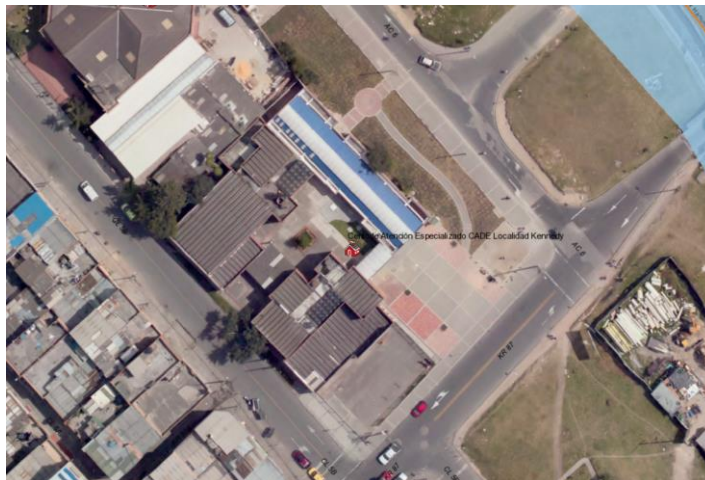
*Nota.* Adaptado de *Sistema de Información de Norma Urbana y Plan de Ordenamiento Territorial* [Fotografía], por (Sinupot, 2021), <https://sinupot.sdp.gov.co/visor/>.

**5.2.2. Jardín Satélite**

Ubicado en la zona urbana, en la KR 57 N° 05B-21SUR

**Figura 4**

*Localización Jardín Satélite.*



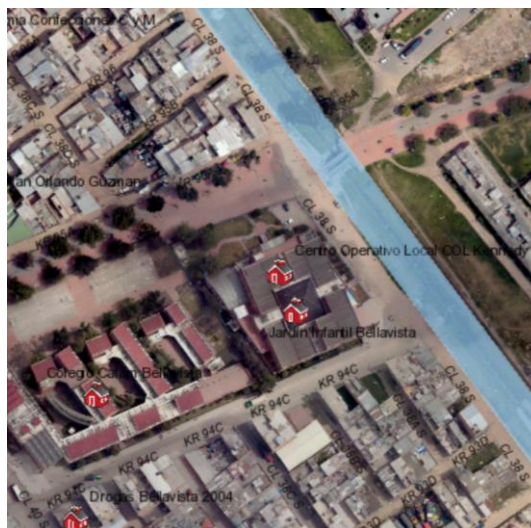
*Nota.* Adaptado de *Sistema de Información de Norma Urbana y Plan de Ordenamiento Territorial* [Fotografía], por (Sinupot, 2021), <https://sinupot.sdp.gov.co/visor/>.

### 5.2.1. Jardín Bella Vista

Ubicado en la zona urbana, en Cl 38 SUR N° 94C-29, en el sector “Galán”.

#### Figura 5

*Localización Jardín Bella Vista.*



*Nota.* Adaptado de *Sistema de Información de Norma Urbana y Plan de Ordenamiento Territorial*

[Fotografía], por (Sinupot, 2021), <https://sinupot.sdp.gov.co/visor/>.

## 6. Generalidades

La administración o gestión de un proyecto conllevan el uso de metodologías que permitan estandarizar, organizar y estructurar el modo en el que se va a trabajar un proyecto de obras civiles durante su ciclo de vida. De modo que, se eviten días adicionales de trabajo o inicio tardío de las actividades (Elganar & Yates, 1997), reflejándose en pérdidas monetarias para el contratista, disputas entre partes, abandono del proyecto e inclusive, inconvenientes legales. (Aibinu & Jagboro). Es pertinente y necesario implementar herramientas que permitan llevar a cabo el proyecto sin consecuencias en el plazo ni en sus costos.

### 6.1. Lean Construction

En 1992, el finlandés Lauri Koskela en su libro “Application of the new production philosophy to construction”, se inspira en los sistemas de producción usados por la fábrica Toyota después de la segunda guerra mundial, también llamadas “Lean Production” (Rodríguez Fernández et al., 2011) (Pons Achell, 2014), en el que plantea como objetivos la reducción de costos, ahorro de tiempo e incremento de valor para el cliente (Patricia & Vanegas, 2013). Koskela aplica los fundamentos teóricos del sistema de Toyota y la filosofía Lean, en la construcción, a la vez, propone los siguientes principios (Porras Díaz et al., 2014):

- Reducción o eliminación de las actividades que no agregan valor.
- Incremento del valor del producto.
- Reducción de la variabilidad.
- Reducción del tiempo del ciclo.
- Simplificación de proceso.
- Incremento de la flexibilidad de la producción.
- Transparencia del proceso.



- Enfoque del control al proceso completo.
- Mejoramiento continuo del proceso.
- Balance de mejoramiento de flujo con mejoramiento de conversión.

En 1997, Glenn Ballard y Greg Howell crearon *Lean Construction Institute* (ILC), el cual definen “Lean construction” como una filosofía que tiene por objetivo administrar la producción en construcción, logrando reducir o eliminar las actividades que no agregan valor al proyecto, y optimizar las que sí lo hacen, además, busca disminuir pérdidas (Porrás Díaz et al., 2014). A su vez, “Lean Construction” cuenta con una herramienta llamada “Last Planner” o “Último Planificador”.

#### **6.1.1. Last Planner System**

Glenn Ballard (2000), en su tesis doctoral desarrolla que Last Planner System se basa en controlar la incertidumbre de la planificación, identificando los obstáculos o restricciones que pueda tener cada actividad, con el fin de no comenzarla hasta que estén satisfechas; y analizar los errores cometidos en esta fase (Botero & Alvarez, 2005) (Porrás Díaz et al., 2014). Lo anterior con el fin de aumentar la fiabilidad de la planificación y mejorar los desempeños.

Según Ballard, la planeación tradicional es limitada al enfrentar la incertidumbre y variabilidad en la construcción, ya que no controla las restricciones que puedan tener las actividades planificadas, por el contrario del Sistema del Último Planificador que permite controlar de manera efectiva la ejecución de las actividades requeridas (Porrás Díaz et al., 2014).

La herramienta plantea que cada tarea tiene tres categorías: debe, puede y se hará. Cada nivel se maneja de la siguiente manera:

### **6.1.1.1. Planificación general o programa maestro**

La primera etapa indica qué se debe realizar. Se hace en forma de diagrama de Gantt, estableciendo los tiempos de todas las tareas necesarias para cumplir con el proyecto (Andrade & Arrieta, 2011). Posteriormente, es pertinente realizar un análisis de Ruta Crítica, para determinar la duración de cuáles actividades no poseen holgura y, por lo tanto, son más propensas a retrasar el proyecto si no se cumplen en el tiempo determinado.

### **6.1.1.2. Planificación intermedia**

La segunda etapa prepara el trabajo y realiza la revisión de las restricciones, mediante el desglose de la programación general para evitar perder tiempo y material, dando relevancia a las actividades que se realizarán en un futuro cercano. Para efectuar esta planificación, es acertado realizar los siguientes procesos (Porrás Díaz et al., 2014):

- Definir el intervalo de tiempo, que depende de las características del proyecto y es medido en semanas. Debe recopilar información sobre materiales, mano de obra y maquinaria.
- Definir las actividades que serán parte de esta planificación.
- Análisis de restricciones.
- Intervalo de trabajo ejecutable, compuesto por todas las tareas que tienen mayor probabilidad de ser ejecutadas, por ejemplo, aquellas que estén con restricciones liberadas que pertenecen al intervalo de trabajo de la semana en curso, que deban ser desarrolladas en la primera, dos o más semanas a futuro.

### 6.1.1.3. Planificación semanal

Esta tercera fase presenta un mayor nivel de detalle, siendo necesario verificar el Porcentaje de Programa Cumplido y las causas de no cumplimiento.

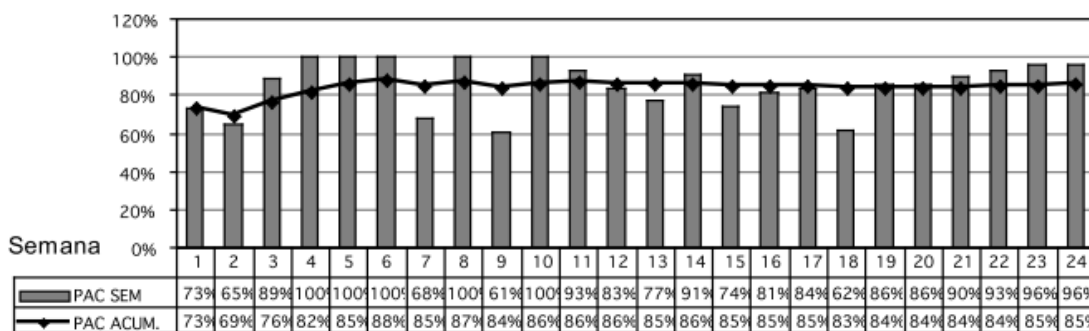
- Actividades Completadas o Porcentaje de Programa Cumplido (PPC). Es el porcentaje que relaciona las actividades cumplidas con respecto al total de las tareas programadas. Si dicho valor no es de 100% se debe verificar las causas de incumplimiento. El PPC se calcula:

$$PPC (\%) = \frac{\text{Total actividades cumplidas}}{\text{Total actividades programadas}} \times 100$$

Los valores de cada semana se pueden graficar, para evidenciar el rendimiento, calculando una media acumulada de los PPC y graficando una función de regresión, con el fin de analizar el PPC y promedio, y en cuánto en promedio aumentó cada semana. En las siguientes gráficas se ejemplifica el tipo de análisis estadístico:

**Figura 6**

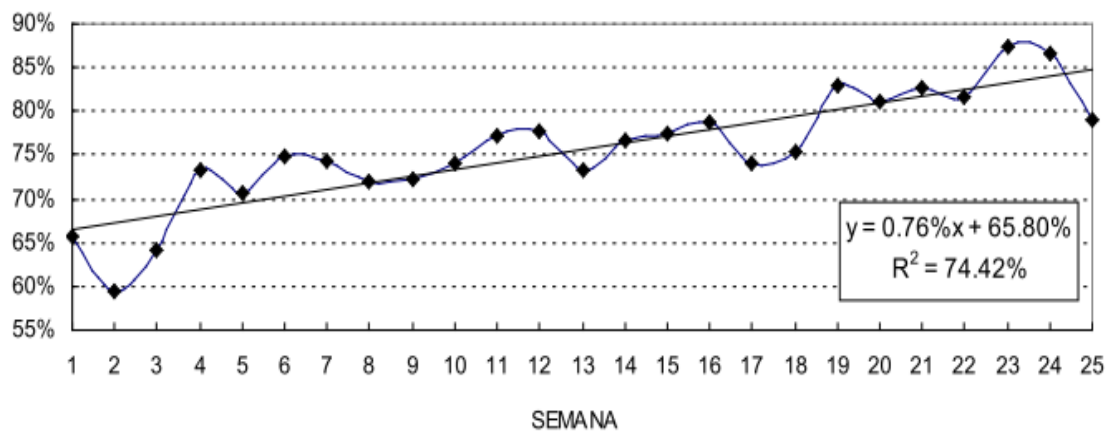
*Gráfica ejemplo de PCC semanal y PPC promedio acumulado*



*Nota.* Adoptado de *Last Planner, un avance en la planificación y control de proyectos de construcción* por (Porrás Díaz et al., 2014).

**Figura 7**

*Gráfica ejemplo de PCC semanal y regresión lineal*

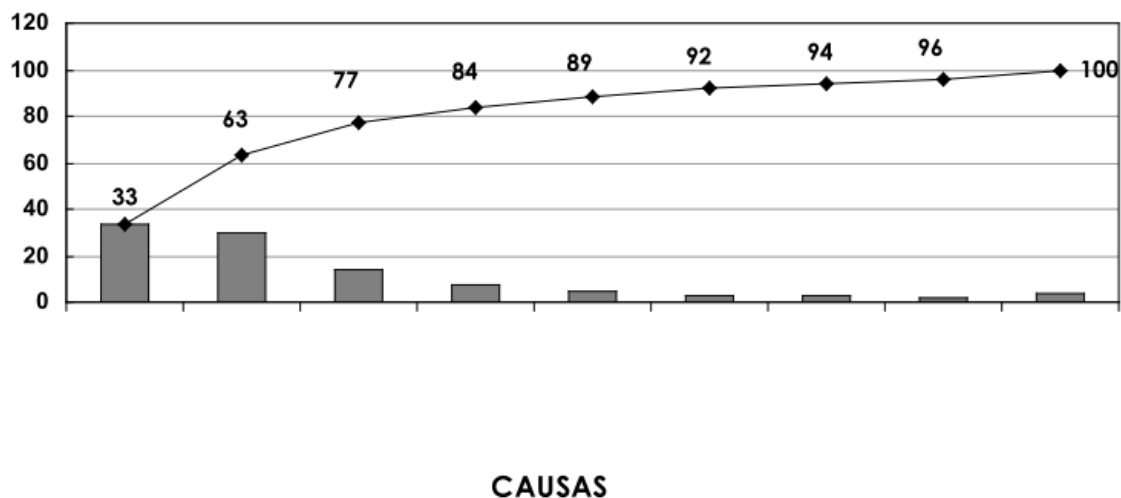


*Nota.* Adoptado de *Last Planner, un avance en la planificación y control de proyectos de construcción* por (Porrás Díaz et al., 2014).

- Causas de no cumplimiento (CNC). Son las razones por el cual el porcentaje del plan cumplido no fue de 100%. Por ejemplo, por errores en ejecución, aspectos administrativos, diseño o aprobación, mano de obra, maquinaria, materiales, clima o imprevistos (Rudeli et al., 2018). Con los valores obtenidos se pueden graficar mediante un diagrama de Pareto, relacionando la causa de incumplimiento, el total de veces presentada en todo el proyecto y el porcentaje de incidencia acumulado.

**Figura 8**

*Gráfica ejemplo de la incidencia de causas de incumplimiento y porcentaje acumulado*



*Nota.* Adoptado de *Last Planner, un avance en la planificación y control de proyectos de construcción* por (Porras Díaz et al., 2014).

- Reuniones semanales. Tienen como objetivo asignar las tareas para cada responsable, evaluar el PPC de la semana anterior, analizar las causas de no cumplimiento y determinar las actividades con restricciones.

## 6.2. Project Management Institute. Inc

Asociación fundada en 1969, por Ned Engman James Synder, Sosa Gallagher, Eric Jenet y J Gordon Davis, enfocada a la gerencia de proyectos (Wideman, 1985). En 1987 se publica por primera vez la Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (PMBOK), el cual define los procesos durante su ciclo de vida: iniciación, planeación, ejecución, seguimiento y control, y cierre (Project Management Institute, 2017) (Pinzón Rincón & Remolina Milla, 2017).

### 6.2.1. Earned Value Analysis

El PMBOK detalla técnicas de análisis de datos que puedan utilizarse para controlar los costos, por ejemplo, el “Earned Value Analysis” (gestión del valor ganado, EVA), el cual compara la línea base del desempeño planeado respecto al desempeño real del cronograma y del costo (Project Management Institute, 2017).

Para realizar el análisis del valor ganado, son necesarios los siguientes conceptos y cálculos:

**Tabla 2**

#### *Análisis del Valor Ganado*

CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	FÓRMULA	INTERPRETACIÓN DEL RESULTADO
Valor planificado (PV)	Valor del trabajo que se planea cumplir hasta un punto en el tiempo.	$PV = \% \text{ programado completado hasta una fecha} \times \text{costo programado}$	
Valor ganado (EV)	Valor planificado de todos los trabajos terminados en un punto de tiempo.	$EV = \% \text{ ejecutado completado hasta una fecha} \times \text{costo programado}$	
Costo real (AC)	Costo real de todos los trabajos terminados en un punto de tiempo.	$AC = \% \text{ ejecutado completado hasta una fecha} \times \text{costo real}$	
Variación del costo (CV)	Monto del déficit o superávit presupuestario entre el valor planificado y el costo real.	$CV = EV - AC$	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Positivo: por debajo del costo planificado.</li> <li>○ Neutral: en el costo planificado.</li> <li>○ Negativa: por encima del costo planificado.</li> </ul>
Variación del cronograma (SV)	Monto de adelanto o retraso según la fecha planificada hasta un punto de tiempo	$SV = EV - PV$	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Positivo: antes de lo previsto.</li> <li>○ Neutral: a tiempo.</li> <li>○ Negativa: retrasado.</li> </ul>
Índice de desempeño del costo (CPI)	Medida que indica eficiencia en función de los costos de los recursos expresados.	$CPI = \frac{EV}{AC}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Mayor de 1,0: antes de lo previsto.</li> <li>○ Exactamente 1,0: a tiempo.</li> <li>○ Menos de 1,0: retrasado.</li> </ul>
Índice de desempeño del cronograma (SPI)	Medida que indica eficiencia del cronograma.	$SPI = \frac{EV}{PC}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Mayor de 1,0: Más difícil de completar.</li> <li>○ Exactamente 1,0: Lo mismo para completar.</li> <li>○ Menos de 1,0: Más fácil de completar.</li> </ul>
Presupuesto hasta la conclusión (BAC)	Presupuesto planeado total.		
Estimación a la conclusión (EAC)	Estimaciones del costo en que se puede incurrir a la próxima semana, hasta la finalización del proyecto. Se contemplan 4 casos.	Si se espera que CPI constante para todo el proyecto: $EAC = \frac{BAC}{CPI}$	

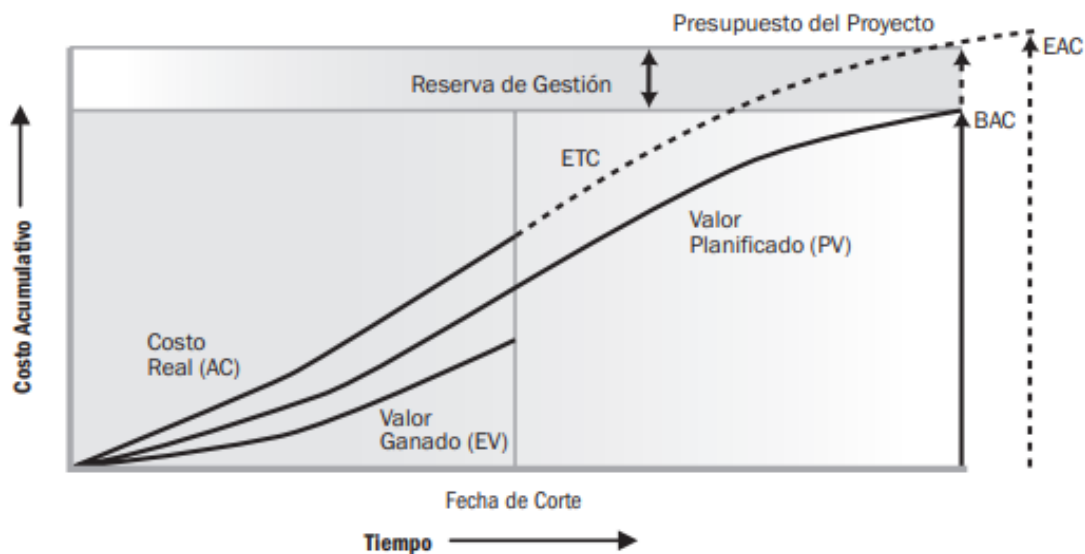
CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	FÓRMULA	INTERPRETACIÓN DEL RESULTADO
		Si se espera que el trabajo futuro sea realizado a un ritmo previsto: $EAC = AC + BAC - EV$	
		Si el plan inicial ya no es válido: $EAC = AC + ETC \text{ ascendente}$	
		Si se espera que CPU sea constante para el resto del proyecto: $EAC = AC + \left[ \frac{(BAC - EV)}{(CPI \times SPI)} \right]$	
Variación a la conclusión (VAC)	Proyección presupuestaria entre el presupuesto y estimación a concluir.	$VAC = BAC - EAC$	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Positiva: por debajo del costo planificado.</li> <li>○ Neutral: al costo planificado.</li> <li>○ Negativa: por encima del costo planificado.</li> </ul>
Estimación hasta la conclusión (ETC)	Costo previsto para terminar el trabajo restante.	$ETC = EAC - AC$	
Índice de desempeño del trabajo por completar (TCPI)	Medida de desempeño del costo que se debe alcanzar con los recursos restantes a fin de cumplir con un objetivo. Se contemplan dos casos:	<p>Si la eficiencia debe ser mantenida para finalizar acorde con lo planificado.</p> $TCPI = \left[ \frac{(BAC - EV)}{(BAC - AC)} \right]$ <p>Si la eficiencia debe ser mantenida para completar la EAC actual.</p> $TCPI = \left[ \frac{(BAC - EV)}{(EAC - AC)} \right]$	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Mayor de 1: más difícil de completar</li> <li>○ Exactamente 1: lo mismo para completar</li> <li>○ Menos de 1: Más fácil de completar</li> </ul>

*Nota.* Adaptado de *A guide to the project management body of knowledge. PMBOK guide. 6th edition*, por (Project Management Institute, 2017).

El Análisis del Valor Ganado se grafica mediante Curvas S, en el cual se representa datos como el costo real, el valor ganado y valor planificado.

**Figura 9**

*Gráfica Curvas “S”. Valor ganado, valor planificado y costos reales*



*Nota.* Adoptado de *A guide to the project management body of knowledge. PMBOK guide. 6th edition*, por (Project Management Institute, 2017).

### 6.3. Factores que afectan el rendimiento

El rendimiento de la mano de obra, es definido como la cantidad de ejecución de una actividad completamente ejecutada por una cuadrilla, compuesta por uno o varios operarios de diferente especialidad por unidad de recurso humano (um/hH).

Al realizar un proyecto de construcción pueden presentarse factores que afectan positiva o negativamente, modificando la ejecución programada inicialmente. Según Fernando & Botero, (2002), los factores se pueden agrupar en economía general, aspectos laborales, clima, actividad, equipamiento, supervisión y trabajador.



## **7. Metodología**

### **7.1. Fase 1. Preliminares**

1. Se realiza una visita de campo para tomar mediciones a las características arquitectónicas de los jardines, con el fin de acercar el presupuesto dado en las condiciones del contrato a cantidades y costo directo reales.
2. Se realiza la modelación en dos y tres dimensiones en software de Autodesk, como Revit y AutoCad.
3. Iniciar con la creación de memorias de cálculo, que están anclados al cálculo de los costos directos, por cada jardín.

### **7.2. Fase 2. Durante la ejecución de las actividades**

#### ***7.2.1. Last Planner System, de Lean Construction Institute***

##### **7.2.1.1. Plan maestro**

1. Análisis de ruta crítica y, durante la ejecución de las actividades, se realizan informes semanales, con información correspondiente al porcentaje de avance programado y físico para cada capítulo y cada frente.
2. Se realiza la verificación de la ruta crítica en Project, utilizando el registro de las fechas de inicio para cada actividad.

##### **7.2.1.2. Plan intermedio**

1. Se analizan las actividades que requieran materiales que se deban pedir con antelación, sea necesaria la toma de decisiones de externos, se requiera un diseño, espacios, mano de obra especializada, decisiones por parte de la supervisión y/o interventoría, entre otras.

2. Posteriormente, se realizan formatos que son registrados a mano, y a partir de ello, se desarrolla una base de datos programada en Excel, con el fin de organizar las restricciones, y agruparlas por categorías; además, a cada tipo de restricción se le representa con una letra, para facilitar el proceso de clasificación. Se tienen en cuenta las siguientes:

**Tabla 3**

*Restricciones*

RESTRICCIÓN	LETRA
DISEÑO O APROBACIÓN	A
MATERIALES	B
CAMBIO DE PROGRAMACIÓN	C
MANO DE OBRA	D
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	E
ESPACIO	F
IMPREVISTOS	G
PRE-REQUISITOS	H

*Nota. Elaborado por el autor*

**Figura 10**

*Formato de restricciones registradas a mano*

CONCEPTO	OBSERVACIÓN
ÍTEM	
DESCRIPCIÓN	
ACTIVIDAD	
FECHA INICIO	
FECHA FIN	
DURACIÓN	
RESTRICCIONES	
RESPONSABLE	

*Nota. Elaborado por el autor*

**Figura 11**

*Base de datos en Excel, para el registro de las restricciones*

UBICACIÓN DEL ÍTEM		RESTRICCIÓN																			
Separación por "":		NÚMERO ÍTEM	LETRA																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>RESTRICCIÓN</th> <th>LETRA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>DISENÑO O APROBACIÓN</td><td>A</td></tr> <tr><td>MATERIALES</td><td>B</td></tr> <tr><td>CAMBIO DE PROGRAMACIÓN</td><td>C</td></tr> <tr><td>MANDO DE OBRA</td><td>D</td></tr> <tr><td>EQUIPOS Y HERRAMIENTAS</td><td>E</td></tr> <tr><td>ESPACIO</td><td>F</td></tr> <tr><td>IMPREVISTOS</td><td>G</td></tr> <tr><td>PRE-REQUISITOS</td><td>H</td></tr> </tbody> </table>		RESTRICCIÓN	LETRA	DISENÑO O APROBACIÓN	A	MATERIALES	B	CAMBIO DE PROGRAMACIÓN	C	MANDO DE OBRA	D	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	E	ESPACIO	F	IMPREVISTOS	G	PRE-REQUISITOS	H	NÚMERO	
RESTRICCIÓN	LETRA																				
DISENÑO O APROBACIÓN	A																				
MATERIALES	B																				
CAMBIO DE PROGRAMACIÓN	C																				
MANDO DE OBRA	D																				
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	E																				
ESPACIO	F																				
IMPREVISTOS	G																				
PRE-REQUISITOS	H																				
		CANTIDAD																			
		UNIDADES																			
		PROVEEDOR																			
		SUBCONTRATO																			
UBICACIÓN EN CADA JARDÍN		OBSERVACIÓN																			
GRABAR		IR A CUADRO DE RESTRICCIONES																			
		LIMPIAR																			

*Nota. Elaborado por el autor*

En la ilustración anterior, se muestra la base de datos creada para registrar las restricciones. En primer lugar, se llena el espacio “número ítem”, haciendo referencia a la numeración de las actividades del presupuesto inicial. En segundo lugar, se registra “letra y número”, donde se coloca la letra de la restricción y un número, codificándola por actividad. En los espacios siguientes, se registra “cantidad”, “unidades”, “proveedor”, “subcontrato”, solo si se cuenta con la información. También se llena el espacio “ubicación en cada jardín”, el cual se coloca la localización de donde se vaya a ejecutar la actividad y por último se coloca “observaciones”, donde se especifica el impedimento.

Por último, se oprime el botón “GRABAR” e “IR A CUADRO DE RESTRICCIONES”. Luego, con el “número ítem” registrado previamente, Excel automáticamente busca valores como “fecha inicio” y “fecha fin” según programación y la

descripción de la actividad. Finalmente, se coloca el (los) responsable(s) de que la restricción se “libere” y la fecha correspondiente a este hecho.

### 7.2.1.3. Plan semanal

1. Se lleva un control diario de los capítulos que se van ejecutando en comparación con los días en las que están programadas. Por lo tanto, para este registro se utilizan las siguientes convenciones:

- ✓ Días programados y ejecutados
- × Días programados, pero no ejecutados.
- ⊖ Días no programados ni ejecutados.

### Figura 12

*Formato para registrar las restricciones y causas de incumplimiento por semana*

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UN	CANTIDAD	FECHAS					¿SE VA A HACER?
				INICIO PROG.	FIN PROG.	INICIO REAL	FIN REAL	ESTADO	

*Formato para registrar las restricciones y causas de incumplimiento por semana*

*(continuación)*

SEMANA 0								22-feb				A	28-feb								
DÍAS								ACTIVIDADES EJECUTADAS	ACTIVIDADES PROGRAMADAS	RESTRICCIONES										OBSERVACIONES	INCUMPLIMIENTO
L	M	M	J	V	S	D	DISEÑO O APROBACIÓN			MATERIALES	CAMBIO DE PROGRAM	MANO DE OBRA	EQUIPOS Y HERRAMIE	ESPACIO	IMPREVISIOS	PRE-REQUISITOS	¿SE PUEDE HACER?				
22-feb	23-feb	24-feb	25-feb	26-feb	27-feb	28-feb	A	B	C	D	E	F	G	H							

*Nota. Elaborado por el autor*

En la figura anterior se opta por llevar un control del “estado” de la actividad, teniendo en cuenta las fechas de inicio y fin reales. Siguiendo a este, está una columna destinada a registrar cuáles de las actividades que están en el presupuesto original se van a realizar o ya se realizaron, y cuáles no. Luego, en la sección “DÍAS” se registran los días de ejecución real que coincidan con

la programación. En el apartado “ACTIVIDADES EJECUTADAS”, se coloca “1” si la actividad fue realizada en los días programados de la semana, y si no fue así, se realiza una relación entre los días que la actividad fue realizada acorde con la ejecución y el número de días que la actividad estaba destinada a ser ejecutada en la semana. Además, en el apartado “ACTIVIDADES COMPLETADAS”, la relación será de “1”.

2. Las restricciones se registran en tablas en Excel para cada semana. Se van eliminando acorde con la liberación de los obstáculos que impidan llevar a cabo las actividades.
3. Se calcula el Porcentaje de Programa Cumplido para cada semana. Posteriormente, se grafican los resultados de PPC de cada semana, para observar el comportamiento de cumplimiento de los capítulos. Si el Porcentaje del Plan Cumplido es menor a 100%, se debe determinar las Causas de Incumplimiento. Es necesario calcular la incidencia que tiene cada causa en la semana, mediante la suma del número de veces que se presenta respecto al total. Por lo tanto, se clasifican en las siguientes:

#### **Tabla 4**

##### *Causas de incumplimiento contempladas*

<b>CÓDIGO</b>	<b>CAUSA INCUMPLIMIENTO</b>
PROG/TEC	PROGRAMACIÓN O CAMBIO DE ACTIVIDAD
ACPRE	ACTIVIDADES PREDECESORAS
QA/QC	CONTROL CALIDAD
EXT	EXTERNOS
CLI/SUP	CLIENTE/SUPERVISIÓN
EJEC	ERRORES DE EJECUCIÓN
SC	SUBCONTRATOS
EQ	EQUIPO
ADM	ADMINISTRATIVOS
MAT	MATERIALES
CLM	METEOROLOGÍA

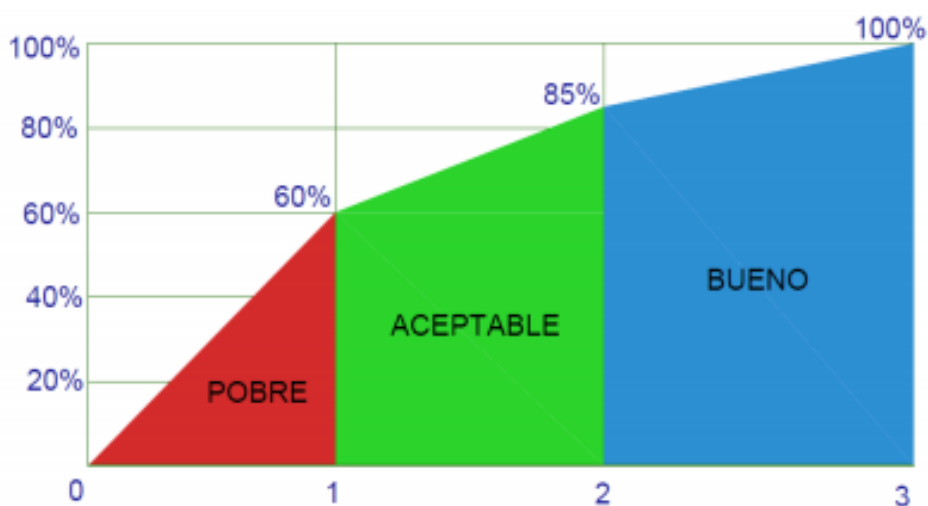
CÓDIGO	CAUSA INCUMPLIMIENTO
IMP	IMPREVISTOS

*Nota. Adoptado de “Implementación del Last Planner System y la metodología BIM en la planificación y programación de (Lopez, 2020).*

La siguiente figura se utiliza como referencia para clasificar cualitativamente el nivel de aceptación del Porcentaje del Plan Cumplido:

### Figura 13

*Nivel de aceptación del Porcentaje de Plan Cumplido*



*Nota. Adoptado por “implementación del Last Planner System y la metodología BIM en la planificación y programación de obra en un proyecto de Edificación en la ciudad universitaria de la UNA” de (Lopez, 2020)<sup>2</sup>.*

#### 7.2.2. Earned Value Management de Project Management Institute

1. Se calcula el valor planeado, costo real y valor ganado mediante los porcentajes por capítulo completados cada semana, el presupuesto dado en las condiciones de oferta del contrato y el presupuesto real ejecutado. Cabe resaltar que el presupuesto final se

<sup>2</sup> Según la región y el contexto en el cual el autor de este documento, lo desarrolla; el término “POBRE” se entiende como una etiqueta que hace referencia a un valor inferior aceptable.

actualiza conforme transcurre el tiempo, teniendo en cuenta que al momento de realizar el cronograma no se cuenta con el alcance total.

2. Se realiza el cálculo de los índices y estimaciones, con el fin de analizar los costos de déficit o superávit respecto a cada semana.
3. Se realiza la gráfica indicando la gestión del valor ganado, donde se involucra el costo real, valor planeado, valor ganado y costo estimado de completitud.

### **7.3. Fase 3. Actividades finales**

1. Durante la ejecución de las tareas planteadas en la fase 1 y 2, se recopilan las cantidades ejecutadas en formatos, llamadas “memorias de cálculo”. Además, se realizan planos récord, indicando las cantidades de obra en planos por medio del Software AutoCAD.
2. Se realizan informes semanales que indican el porcentaje ejecutado y programado.

## 8. Análisis y resultados

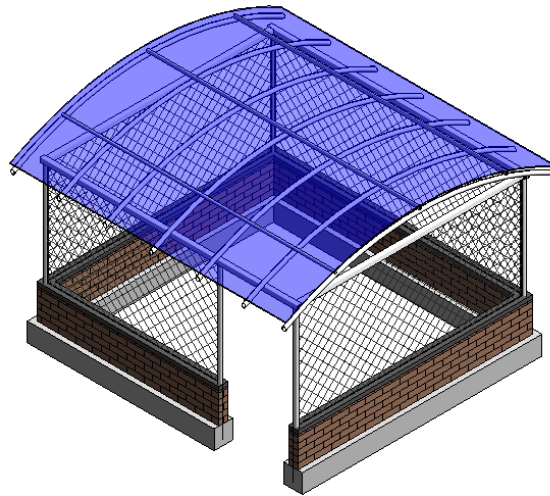
### 8.1. Fase 1. Preliminares

#### 8.1.1. Análisis del presupuesto para cantidades contractuales y reales

En primer lugar, se realizan mediciones mediante el uso flexómetros manuales y digitales, buscando plasmar la distribución arquitectónica en el software Revit.

#### Figura 14

*Cerramiento para bombas. Vista isométrica. Jardín Satélite.*

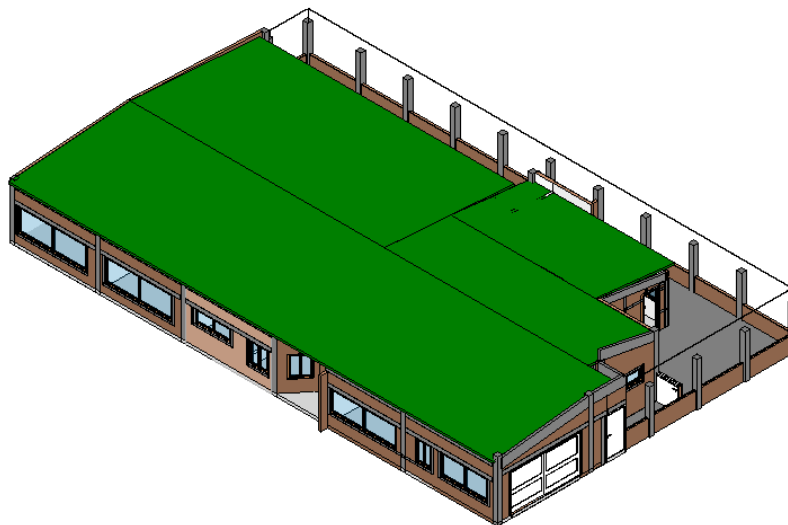


*Nota.* Elaborado por el autor.



**Figura 15**

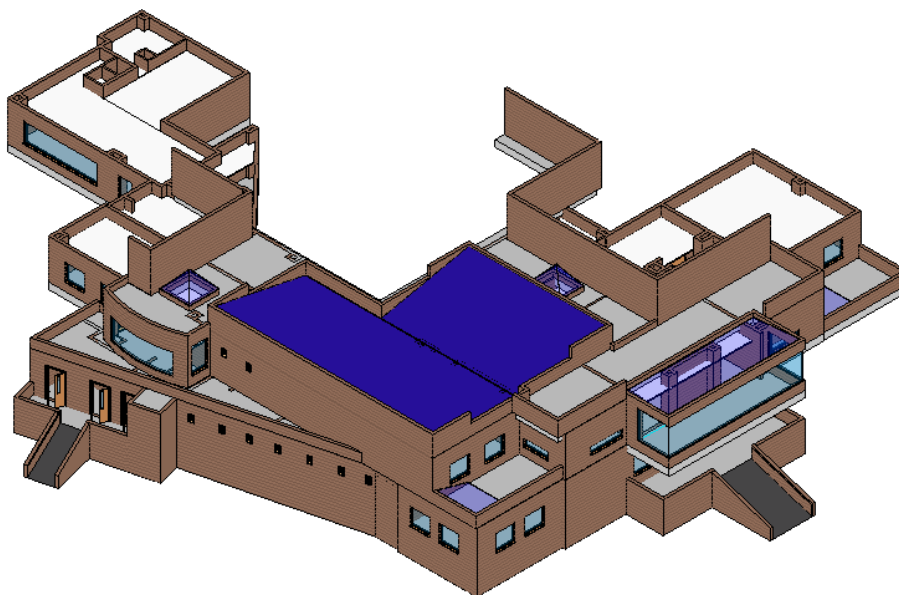
*Distribución arquitectónica. Vista isométrica. Jardín Risitas Infantiles.*



*Nota.* Elaborado por el autor.

**Figura 16**

*Distribución arquitectónica. Vista isométrica. Jardín Infantil Bella Vista.*



*Nota.* Elaborado por el autor.

Posteriormente, el modelo de cada jardín es exportado a AutoCAD, con el fin de extraer las cantidades, mediante el uso de herramientas que permitan medir en el software, para alimentar las memorias de cálculo. Con las cantidades se logra calcular los costos directos que conllevan realizar cada actividad.

Cabe resaltar que a medida que transcurre la ejecución en obra, surgen actividades imprevistas, por ello, el director de obra realiza el Análisis de Precios Unitarios, los cuales son estudiados por interventoría y luego, por la supervisión. Al pasar por la aprobación de las partes, semana a semana se va actualizando el presupuesto, acorde con el alcance y costo de las mismas.

A continuación, se presentan los costos directos para cada jardín, comparando el presupuesto a términos del contrato, y el monto finalmente ejecutado:

**Tabla 5**

*Costos directos planeados y costos directos ejecutados*

FRENTE	CONDICIONES LA OFERTA	CONDICIONES DEL CONTRATO	ACUMULADO EJECUTADO
J.I. BELLAVISTA	\$ 646.789.481,00	\$ 749.481.902,76	\$ 830.895.552,00
J.I. PATIO BONITO SATELITE	\$ 31.701.483,00	\$ 36.734.367,00	\$ 38.136.928,00
J.I. RISITAS INFANTILES	\$ 254.478.226,92	\$ 294.876.559,16	\$ 212.046.821,00
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>	<b>\$ 932.969.190,92</b>	<b>\$ 1.081.092.828,92</b>	<b>\$ 1.081.079.301,00</b>

*Nota.* Adaptado de Alcaldía local Kennedy. Contrato de obra 377 y elaboración del autor.

Según la tabla anterior, los costos directos ejecutados son mayores a la oferta, no obstante, se recalca que el valor total del contrato es equivalente a \$ 1.427.667.408,00. Teniendo un AIU de 29,06% se calcula que el valor ejecutado es \$ 1.427.649.949,00; finalmente, se tiene un valor no ejecutado de \$ 17.459,00.

La distribución del monto contractual en los diferentes frentes, es el siguiente:

**Tabla 6***Costos directos totales según el contrato y costos ejecutados. Jardín infantil Satélite*

ITEM	DESCRIPCIÓN	V/CAPÍTULO CONDICIONES DE OFERTA	V/CAPÍTULO CONDICIONES CONTRATO	V/CAPÍTULO EJECUTADO
1	PRELIMINARES (INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACIÓN)	\$ 2.389.224,00	\$ 2.980.747,82	\$ 2.309.583,00
2	INSTALACIONES ELECTRICAS Y DE COMUNICACIONES (INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACIÓN)	\$ 3.053.830,00	\$ 3.941.273,00	\$ 3.453.882,00
3	SISTEMA DE DETECCIÓN DE INCENDIO (INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACIÓN)	\$ 25.568.413,00	\$ 33.296.887,62	\$ 23.927.469,00
4	CARPINTERIA METALICA (INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACIÓN)	\$ 690.016,00	\$ 890.534,65	\$ 690.016,00
5	ITEMS NO PREVISTOS	\$ -	\$ 2.352.907,06	\$ 7.755.978,00
	<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>	<b>\$ 31.701.483,00</b>	<b>\$ 43.462.350,15</b>	<b>\$ 38.136.928,00</b>

*Nota.* Adaptado de Alcaldía local Kennedy. Contrato de obra 377 y elaboración del autor.

**Tabla 7***Costos directos totales según el contrato y costos ejecutados. Jardín Risitas Infantiles*

ITEM	DESCRIPCIÓN	V/CAPÍTULO CONDICIONES DE OFERTA	V/CAPÍTULO CONDICIONES CONTRATO	V/CAPÍTULO EJECUTADO
1	PRELIMINARES (INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACIÓN)	\$ 4.784.162,00	\$ 10.673.584,65	\$ 8.052.130,00
2	ESTRUCTURA (INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACIÓN)	\$ 19.599.087,80	\$ 17.860.342,37	\$ 11.704.920,00
3	MAMPOSTERÍA (INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACIÓN)	\$ 3.348.127,30	\$ 2.362.075,48	\$ 1.212.898,00
4	INSTALACIONES DOMICILIARIAS HIDRÁULICAS, SANITARIAS, DE GAS Y DE CONTROL DE INCENDIO (INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACIÓN)	\$ 3.450.418,00	\$ 2.018.166,72	\$ 2.635.321,00
5	INSTALACIONES ELECTRICAS Y DE COMUNICACIONES (INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACIÓN)	\$ 17.295.253,00	\$ 22.321.253,53	\$ 11.999.200,00
6	SISTEMA DE DETECCIÓN DE INCENDIO (INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACIÓN)	\$ 18.684.411,00	\$ 23.429.495,61	\$ 16.024.697,00
7	PISOS (INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACIÓN)	\$ 61.298.231,72	\$ 60.974.760,95	\$ 42.052.472,00
8	MUROS (INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACIÓN)	\$ 551.470,00	\$ 6.208.005,40	\$ 6.029.773,00
9	CARPINTERIA METALICA (INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACIÓN)	\$ 12.406.397,20	\$ 2.806.964,65	\$ 5.468.850,00
10	ARPINTERIA MADERA (INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACIÓN)	\$ 17.520.736,40	\$ 9.978.360,37	\$ 6.622.135,00
11	APARATOS SANITARIOS Y ACCESORIOS (INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACIÓN)	\$ 15.835.784,00	\$ 11.622.362,78	\$ 3.676.426,00
12	APARATOS Y EQUIPOS ESPECIALES (INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACIÓN)	\$ 21.632.955,30	\$ 6.975.179,34	
13	PAÑETE Y PINTURA (INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACIÓN)	\$ 12.282.751,20	\$ 15.544.714,30	\$ 17.813.654,00
14	CIELOS RASOS (INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACIÓN)	\$ 8.302.648,00	\$ 10.980.827,47	\$ 18.754.421,00
15	CERRADURAS, VIDRIOS Y ESPEJOS (INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACIÓN)	\$ 1.406.040,00	\$ 214.127,32	\$ 142.713,00
16	OBRAS EXTERIORES Y VARIOS (INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACIÓN)	\$ 1.895.759,00	\$ 3.287.621,53	\$ 1.997.258,00

ITEM	DESCRIPCIÓN	V/CAPÍTULO CONDICIONES DE OFERTA	V/CAPÍTULO CONDICIONES CONTRATO	V/CAPÍTULO EJECUTADO
17	CUBIERTAS E IMPERMEABILIZACIONES (INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACIÓN)	\$ 32.952.771,00	\$ 31.873.990,79	\$ 16.749.869,00
18	DISEÑOS Y CERTIFICACIÓN	\$ 1.231.224,00	\$ 0,00	
19	ITEMS NO PREVISTOS	\$ -	\$ 25.321.199,00	\$ 41.110.084,00
	<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>	<b>\$ 254.478.226,92</b>	<b>\$ 264.453.032,26</b>	<b>\$ 212.046.821,00</b>

*Nota.* Adaptado de *Alcaldía local Kennedy. Contrato de obra 377* y elaboración del autor.

Para el jardín Bella Vista se presentan dos tablas, la primera con el valor de los capítulos contractuales y ejecutados, con la distribución según el contrato. No obstante, para las fases de control de tiempo y costos (Fase 2), se realizan con la distribución del cronograma y con el primer balance realizado, el cual fue usado para realizar la planeación.

**Tabla 8**

*Costos directos totales según el contrato y costos ejecutados. Jardín infantil Bella Vista*

ITEM	DESCRIPCIÓN	V/CAPÍTULO CONDICIONES DEL CONTRATO	V/CAPÍTULO EJECUTADO
1	PRELIMINARES	\$ 66.805.052,00	\$ 27.226.967,00
2	ESTRUCTURA (TODAS LAS ACTIVIDADES INCLUYEN EL SUMINISTRO E INSTALACIÓN)	\$ 12.178.466,00	\$ 29.948.089,00
3	MAMPOSTERÍA (TODAS LAS ACTIVIDADES INCLUYEN EL SUMINISTRO E INSTALACIÓN)	\$ 9.580.851,00	\$ 1.587.543,00
4	INSTALACIONES DOMICILIARIAS HIDRÁULICAS, SANITARIAS, DE GAS Y DE CONTROL DE INCENDIO (TODAS LAS ACTIVIDADES INCLUYEN EL SUMINISTRO E INSTALACIÓN)	\$ 3.638.327,00	\$ 7.971.018,00
5	INSTALACIONES ELECTRICAS Y DE COMUNICACIONES (TODAS LAS ACTIVIDADES INCLUYEN EL SUMINISTRO E INSTALACIÓN)	\$ 9.334.328,00	\$ 2.693.001,00
6	SISTEMA DE DETECCIÓN DE INCENDIO (INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACIÓN)	\$ 48.664.597,00	\$ 39.834.865,00
7	PISOS (TODAS LAS ACTIVIDADES INCLUYEN EL SUMINISTRO E INSTALACIÓN)	\$ 80.110.024,00	\$ 107.657.275,00
8	MUROS (TODAS LAS ACTIVIDADES INCLUYEN EL SUMINISTRO E INSTALACIÓN)	\$ 13.436.124,00	\$ 14.186.568,00
9	CARPINTERIA METALICA (TODAS LAS ACTIVIDADES INCLUYEN EL SUMINISTRO E INSTALACIÓN)	\$ 63.647.557,00	\$ 2.832.223,00
10	CARPINTERIA MADERA (TODAS LAS ACTIVIDADES INCLUYEN EL SUMINISTRO E INSTALACIÓN)	\$ 4.139.277,00	\$ 642.694,00
	<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>	<b>\$ 646.789.481,00</b>	<b>\$ 830.895.552,00</b>

*Nota.* Adaptado de *Alcaldía local Kennedy. Contrato de obra 377* y elaboración del autor. Condiciones

originales del contrato y costos reales.

**Tabla 9**

*Costos directos al realizar el primer ajuste de cantidades para realizar el cronograma y costos ejecutados. Jardín infantil Bella Vista*

ITEM	DESCRIPCIÓN	V/CAPÍTULO CONDICIONES DEL CONTRATO	V/CAPÍTULO EJECUTADO
1	CERRAMIENTO	\$ 137.102.127,99	\$ 140.937.802,00
2	CUBIERTA	\$ 113.926.447,55	\$ 122.354.029,00
3	TERRAZA	\$ 54.278.259,81	\$ 57.933.581,00
4	BATERIAS SANITARIAS	\$ 84.377.211,32	\$ 92.456.480,00
5	EDIFICIO COMPLETO	\$ 152.343.825,97	\$ 157.278.878,00
6	ELECTRICO	\$ 17.906.438,00	\$ 8.931.763,00
7	INCENDIOS	\$ 60.410.097,00	\$ 49.806.492,00
8	PISO 1	\$ 19.854.206,88	\$ 25.680.051,00
9	PISO 2	\$ 45.121.670,74	\$ 52.338.929,00
10	EXTERIOR PISO	\$ 121.196.900,54	\$ 123.177.547,00
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>		<b>\$ 806.517.185,80</b>	<b>\$ 830.895.552,00</b>

*Nota.* Adaptado de *Alcaldía local Kennedy. Contrato de obra 377* y elaboración del autor. El nombre y

orden de los capítulos están reorganizados acorde con los indicados en el cronograma, además, se realiza el análisis PMI con esta distribución.

Con el fin de dar una descripción general, acerca de las actividades que comprenden cada capítulo, se presenta a continuación la siguiente información:

**Tabla 10**

*Resumen de las actividades por capítulo. Jardín Infantil Satélite*

CAPÍTULO	DESCRIPCIÓN
1 PRELIMINARES	Actividades de cerramiento de tubería en concreto.
2 INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y DE COMUNICACIONES	Actividades de instalación de tubería EMT para detección de red contra incendios
3 SISTEMA DE DETECCIÓN DE INCENDIO	Actividad de sensores y equipos
4 CARPINTERÍA METÁLICA	Actividad de instalación de puerta metálica con marco en lámina coldrolled.
5 ITEMS NO PREVISTOS	Actividades de desmonte cerramiento actual, construcción de viga, colocación de anclajes, mampostería y todo acabado que requiera el cerramiento para el cuarto de bombas.

*Nota.* Elaborado por el autor

**Tabla 11***Resumen de las actividades por capítulo. Jardín Risitas Infantiles*

	<b>CAPÍTULO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
1	PRELIMINARES (INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACIÓN)	Actividades de demolición de enchapes, mesones; desmonte de aparatos sanitarios, tuberías hidrosanitarias, cielorosos y luminarias.
2	ESTRUCTURA (INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACIÓN)	Actividades de excavación y rellenos, y placa de concreto
3	MAMPOSTERÍA (INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACIÓN)	Actividades de lavado de muros en ladrillo a la vista y construcción de pollo.
4	INSTALACIONES DOMICILIARIAS HIDRÁULICAS, SANITARIAS, DE GAS Y DE CONTROL DE INCENDIO (INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACIÓN)	Actividades de instalaciones domiciliarias como tuberías, puntos y cajas de inspección.
5	INSTALACIONES ELECTRICAS Y DE COMUNICACIONES (INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACIÓN)	Actividades eléctricas.
6	SISTEMA DE DETECCIÓN DE INCENDIO (INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACIÓN)	Actividades de instalación de sensores y demás equipos.
7	PISOS (INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACIÓN)	Actividades de alistado y acabado de pisos.
8	MUROS (INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACIÓN)	Actividades de instalación de enchape para muro.
9	CARPINTERIA METALICA (INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACIÓN)	Actividades de carpintería metálica en coll rolled y aluminio
10	CARPINTERIA MADERA (INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACIÓN)	Actividades de instalación de puertas en madera.
11	APARATOS SANITARIOS Y ACCESORIOS (INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACIÓN)	Actividades de instalación de aparatos sanitarios, como lavamanos, sanitarios, orinales, teleduchas y accesorios.
12	APARATOS Y EQUIPOS ESPECIALES (INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACIÓN)	Actividades de instalación de campana extractora, puerta en acero, entre otras.
13	PAÑETE Y PINTURA (INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACIÓN)	Actividades de pañete y estuco en muros, pintura sobre muros y placas y esmalte sobre estructura metálica.
14	CIELOS RASOS (INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACIÓN)	Actividades de cielo raso en PVC y superboard.
15	CERRADURAS, VIDRIOS Y ESPEJOS (INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACIÓN)	Actividades de instalación de espejos biselados.
16	OBRAS EXTERIORES Y VARIOS (INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACIÓN)	Actividades como construcción de andén en concreto, relleno, entre otros.
17	CUBIERTAS E IMPERMEABILIZACIONES. (INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACIÓN)	Actividades como instalación de flanche, canal, bajante, estructura metálica, entre otros.
18	DISEÑOS Y CERTIFICACIÓN	Actividades de estudios y diseños eléctricos.
19	ITEMS NO PREVISTOS	Actividades como desmonte de puertas, suministro de esquineros en espuma, piso cerámico antideslizante, tubería EMT 3/4", entre otros.

*Nota. Elaborado por el autor*

**Tabla 12***Resumen de las actividades por capítulo. Jardín Infantil Bella Vista*

	<b>CAPÍTULO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
1	CERRAMIENTO	Actividades correspondientes al desmonte del cerramiento actual y construcción del nuevo cerramiento, incluyendo elementos estructurales y no estructurales.
2	CUBIERTA	Actividades correspondientes al desmonte y construcción de la nueva cubierta, incluyendo las cerchas y sus elementos constructivos que el diseño contempla y la instalación de la teja.
3	TERRAZA	Actividades de impermeabilización de las terrazas, con su acabado correspondiente.
4	BATERIAS SANITARIAS	Actividades en las baterías sanitarias, como enchape, mesones, media caña y aparatos sanitarios.

	CAPÍTULO	DESCRIPCIÓN
5	EDIFICIO COMPLETO	Actividades de instalación de nuevas puertas, cielos rasos en PVC y superboard, esquineros. Entre otros.
6	ELECTRICO	Actividades de instalación de paneles LED, reflectores, entre otros.
7	INCENDIOS	Actividades de instalación de tubería EMT, cableado y colocación de sensores y demás aparatos.
8	PISO 1	Actividades de piso taralay y ventanería de acero inoxidable.
9	PISO 2	Actividades de instalación de piso vinisol.
10	EXTERIOR PISO	Actividades de placa, caucho elaborado con llanta de carro reciclada, sistema de desagüe exterior, relleno, entre otros
11	CERRAMIENTO	Actividades correspondientes al desmonte del cerramiento actual y construcción del nuevo cerramiento, incluyendo elementos estructurales y no estructurales.
12	CUBIERTA	Actividades correspondientes al desmonte y construcción de la nueva cubierta, incluyendo las cerchas y sus elementos constructivos que el diseño contempla y la instalación de la teja.

*Nota. Elaborado por el autor*

## 8.2. Fase 2. Durante la ejecución de las actividades en obra

### 8.2.1. Jardín infantil Satélite

#### 8.2.1.1. Análisis de ruta crítica a partir de la planeación y de la ruta crítica a partir del inicio y fin real

La ruta crítica de la programación se encuentra comprendida por “INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y DE COMUNICACIONES” y “SISTEMA DE DETECCIÓN DE INCENDIO”, debido a que los sensores y equipos que pertenecen al sistema de detección de incendios, dependen de la instalación de la tubería metálica galvanizada EMT Conduit de ¾”.

Al realizar la verificación del cambio de la ruta crítica con las fechas de inicio reales, se encuentra que cambió, siendo las tareas relacionadas con la construcción del cuarto para bombas, tales capítulos como “ITEMS NO PREVISTOS”, luego “PRELIMINARES” y finalmente “CARPINTERÍA METÁLICA EN COLL ROLLED”.

#### 8.2.1.2. Seguimiento del cronograma

En las siguientes figuras, se organizan y comparan los porcentajes de avance esperados y los ejecutados:

**Tabla 13**

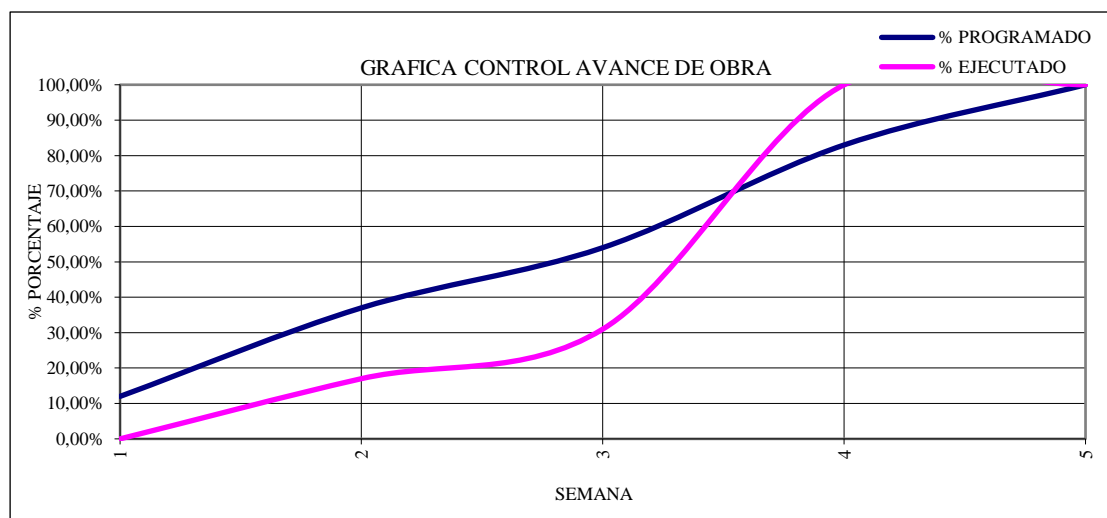
*Cálculo de % programado y % ejecutado para cada semana. Jardín Infantil Satélite*

SEMANA	0	1	2	3	4	5
<b>FECHA DE CORTE SEMANAL</b>	21-feb-21	28-feb-21	7-mar-21	14-mar-21	21-mar-21	28-mar-21
% PROG.	0,00%	12,00%	25,00%	17,00%	29,00%	17,00%
% EJ.	0,00%	0,00%	17,00%	14,00%	69,00%	0,00%
<b>%PROG. ACUM</b>	<b>0,00%</b>	<b>12,00%</b>	<b>37,00%</b>	<b>54,00%</b>	<b>83,00%</b>	<b>100,00%</b>
<b>%EJ. ACUM.</b>	<b>0,00%</b>	<b>0,00%</b>	<b>17,00%</b>	<b>31,00%</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>

*Nota. Elaborado por el autor*

**Figura 17**

*Gráfica de avance acumulado programado y ejecutado. Jardín Infantil Satélite*

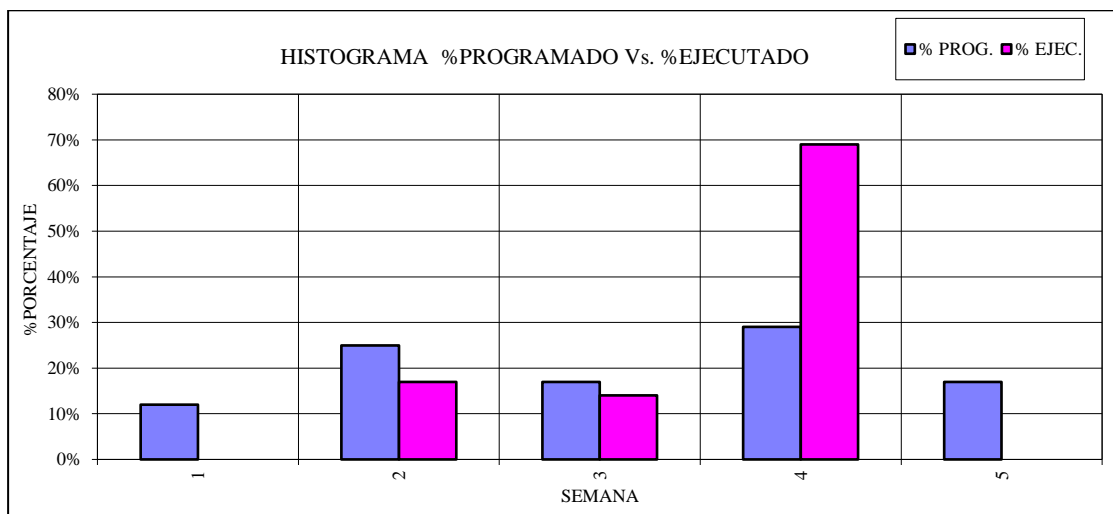


*Nota. Elaborado por el autor*



**Figura 18**

*Gráfica de avance de semana a semana, programado y ejecutado. Jardín Infantil Satélite*



*Nota. Elaborado por el autor*

Inicialmente, se presenta un retraso debido al inicio tardío en la primera semana, sin embargo, para la cuarta semana se adelantan actividades, de esta manera se termina las intervenciones una semana antes de la programación, y es justo esta semana cuando el avance con respecto al periodo anterior es mayor.

### **8.2.1.3. Aplicación de la herramienta LAST PLANNER SYSTEM, de la filosofía LEAN CONSTRUCTION**

Mediante la valoración entre 0 y 1 de la razón entre el número de días que se ejecutó una actividad y el número de días que esta estuviese planeada, se calcula el Porcentaje de Programa Cumplido (PPC) para cada semana, teniendo lo siguiente:

**Tabla 14**

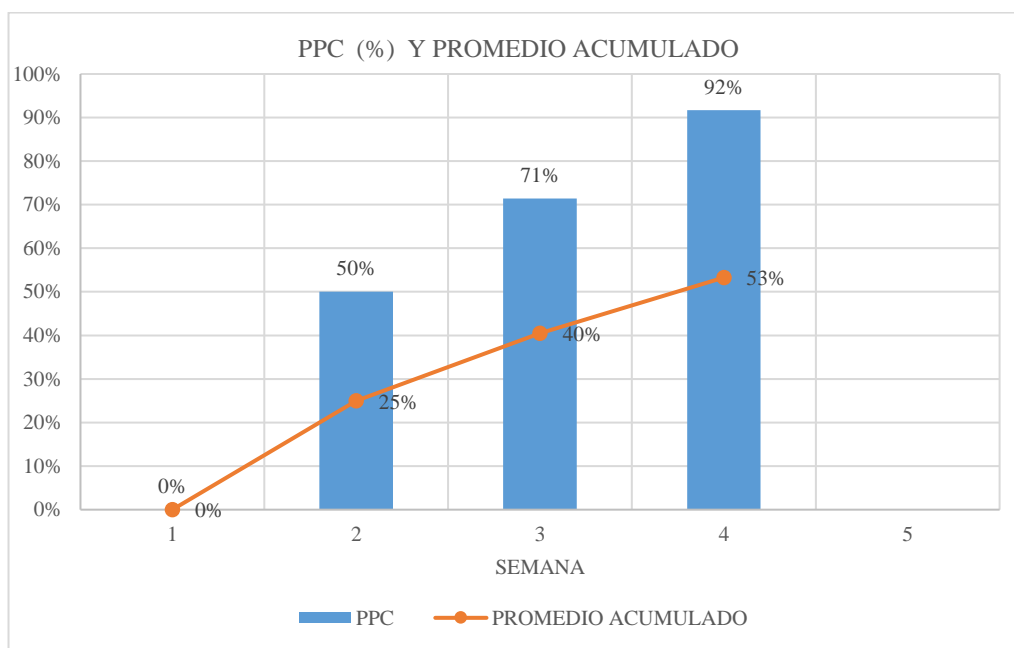
*Cálculo de Porcentaje de Programa Cumplido. Jardín Infantil Satélite*

SEMANA	PPC	PROMEDIO ACUMULADO
1	0%	0%
2	50%	25%
3	71%	40%
4	92%	53%
5	0%	0%

*Nota. Elaborado por el autor*

**Figura 19**

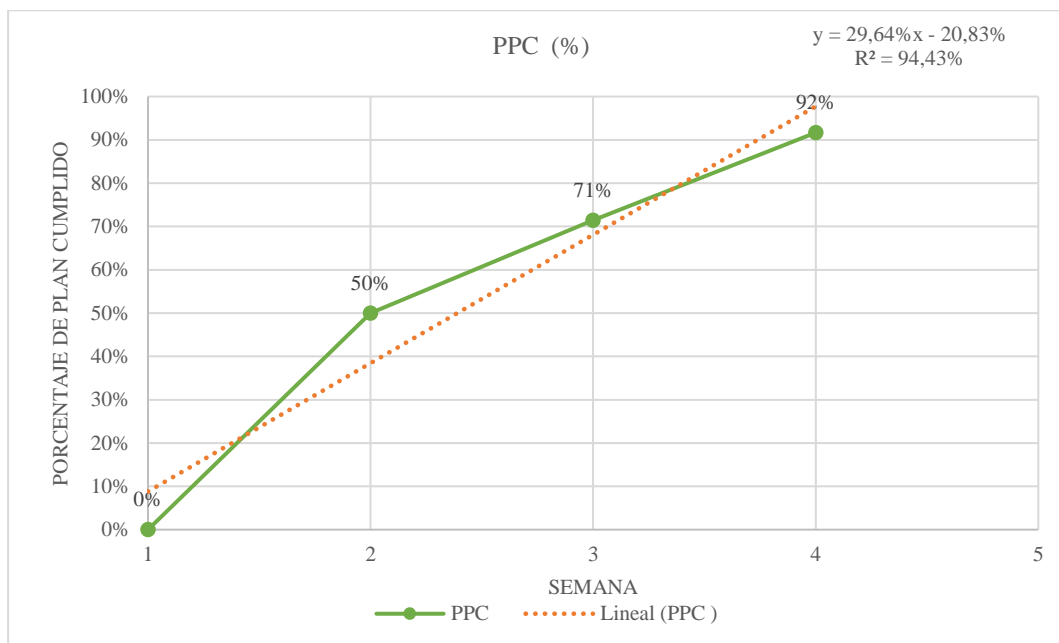
*Gráfica del Porcentaje de Programa Cumplido y el Promedio Acumulado. Jardín Infantil Satélite*



*Nota. Elaborado por el autor*

**Figura 20**

*Gráfica del Porcentaje de Programa Cumplido. Jardín Infantil Satélite*



*Nota. Elaborado por el autor*

En la gráfica anterior se observa que en la semana 1 el cumplimiento fue nulo, debido a que se presentaron restricciones que no fueron liberadas a tiempo, como la falta de aprobación de actividades y la no disponibilidad de los espacios para intervenir, por lo tanto, se considera que el cumplimiento de las actividades entre la semana 1 y 2 es “POBRE”. Sin embargo, en la semana 2 y 3, la programación se ejecuta en un 50% y 71%, con un nivel “ACEPTABLE”. Luego, de la semana 3 a 4, el nivel de aceptación es “BUENO”, logrando terminar las actividades una semana antes de lo planeado, además, no se realiza el cálculo de PPC para la semana 5.

Según la figura 19, el Porcentaje del Plan Cumplido es superior al promedio acumulado. Adicionalmente, en la figura 20, la regresión lineal indica que 29,64% fue el promedio en que el PPC aumentó de semana a semana y el valor 20,83% es el promedio del PPC para este frente. Se observa una tendencia ascendente por la implementación de Last Planner System.

Mediante el cálculo del parámetro anterior, se indaga en las causas de incumplimiento que impidieron que el Porcentaje de Programa Cumplido fuese de 100%.

**Tabla 15**

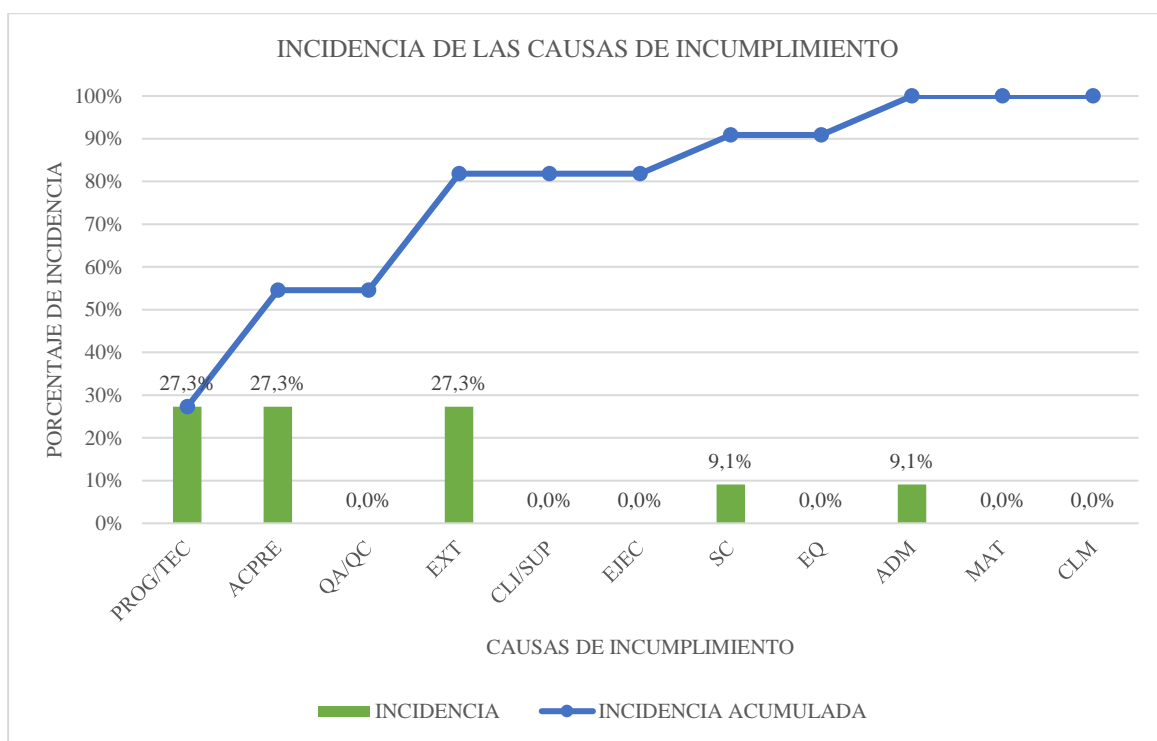
*Causas de incumplimiento. Jardín Infantil Satélite*

CÓDIGO	CNC DESCRIPCIÓN	SEMANAS					TOTAL	% INCIDENCIA	% INC. ACUM
		1	2	3	4	5			
PROG/TEC	PROGRAMACIÓN O CAMBIO DE ACTIVIDAD	1	1	1	0	0	3	27,3%	27,3%
ACPRE	ACTIVIDADES PREDECESORAS	0	2	1	0	0	3	27,3%	54,5%
QA/QC	CONTROL CALIDAD	0	0	0	0	0	0	0,0%	54,5%
EXT	EXTERNOS	1	1	1	0	0	3	27,3%	81,8%
CLI/SUP	CLIENTE/SUPERVISIÓN	0	0	0	0	0	0	0,0%	81,8%
EJEC	ERRORES DE EJECUCIÓN	0	0	0	0	0	0	0,0%	81,8%
SC	SUBCONTRATOS	0	1	0	0	0	1	9,1%	90,9%
EQ	EQUIPO	0	0	0	0	0	0	0,0%	90,9%
ADM	ADMINISTRATIVOS	1	0	0	0	0	1	9,1%	100,0%
MAT	MATERIALES	0	0	0	0	0	0	0,0%	100,0%
CLM	METEOROLOGÍA	0	0	0	0	0	0	0,0%	100,0%
IMP	IMPREVISTOS	0	0	0	0	0	0	0,0%	27,3%
<b>TOTAL</b>		<b>3</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>11</b>	<b>100%</b>	

*Nota. Elaborado por el autor*

**Figura 21**

*Gráfica de las causas de incumplimiento. Jardín Infantil Satélite*



*Nota. Elaborado por el autor*

Para el jardín infantil Satélite, se observa que las causas de incumplimiento fueron debido a actividades afectadas por la introducción de nuevos ítems (PROG/TEC), por actividades predecesoras (ACPRE) que no se habían culminado o por decisiones de externos (EXT).

#### **8.2.1.4. Restricciones presentadas**

Las restricciones influyen en que las tareas para ejecutar en obra no puedan ser iniciadas hasta que se solventen. Finalmente, se clasificaron en los siguientes grupos:

- **Diseño o aprobación:** La entidad suministró un plano predimensionado con la distribución de la red de detección de incendio, sin embargo, fue necesario que en campo, el electricista verificara los puntos y la instalación de la tubería EMT  $\frac{3}{4}$ ", necesaria para conectar cada sensor. Otra restricción presentada fue la aprobación por parte de la supervisión en cuanto al predimensionamiento del cerramiento o caseta para el cuarto de bombas.
- **Materiales:** Correspondientes al encargo de los sensores y demás para la instalación de redes de detección de incendio.
- **Espacio:** A fecha de inicio de las labores en este frente (1 de marzo) no se disponía de la totalidad de los espacios, por lo tanto, se retrasaron las actividades proyectadas en el interior de la edificación.

#### **8.2.1.5. Aplicación de la herramienta EARNED VALUE de la metodología PMI**

Para realizar el análisis del valor ganado, se utilizan los costos directos presentados por el director de obra en la programación, por lo tanto, son diferentes a las condiciones del contrato al ser afectadas con cantidades cercanas a la realidad. Se tiene:

**Tabla 16***Gestión del valor ganado. Jardín Infantil Satélite*

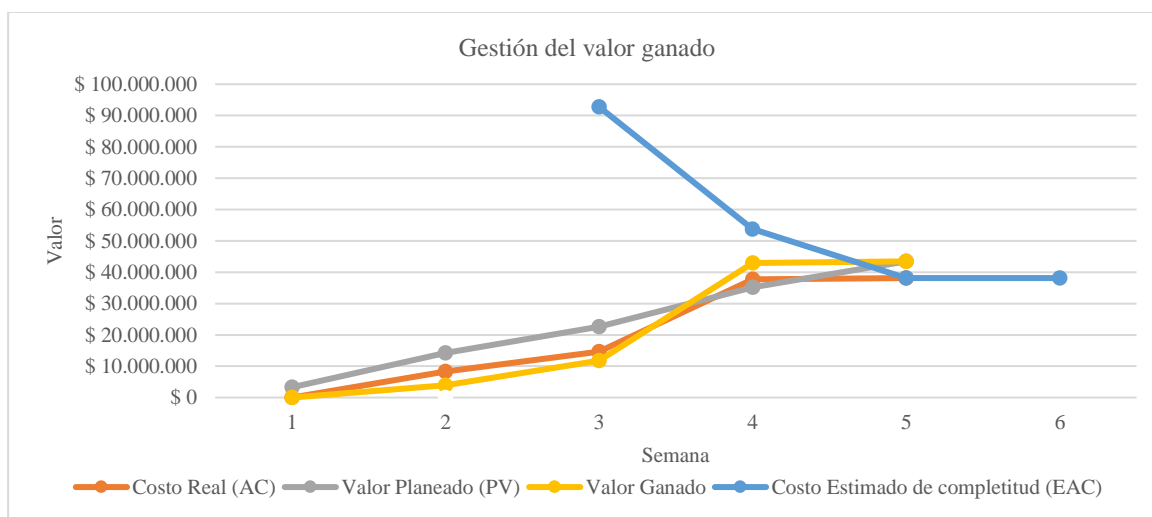
	Semanas				
	1	2	3	4	5
<b>Valor Planeado Acumulado (PV)</b>	\$ 3.270.602	\$ 14.269.461	\$ 22.593.683	\$ 35.138.128	\$ 43.462.350
<b>Costo Real Acumulado (AC)</b>	\$ -	\$ 8.288.570	\$ 14.613.749	\$ 37.767.967	\$ 38.136.928
<b>Valor Ganado Acumulado (EV)</b>	\$ -	\$ 3.882.536	\$ 11.819.435	\$ 42.986.168	\$ 43.462.350

*Nota. Elaborado por el autor*

**Tabla 17***Cálculos para el valor ganado. Jardín Infantil Satélite*

ítem	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5
Variación del Costo (CV)	\$ -	-\$ 4.406.034,24	-\$ 2.592.963,56	\$ 5.325.422,15	\$ 5.325.422,15
Variación del cronograma (SV)	-\$ 3.270.602,28	-\$ 10.386.925,05	-\$ 9.880.023,09	\$ 8.324.221,90	\$ -
Índice de desempeño del costo (CPI)	0,00	0,47	0,83	1,14	1,14
Índice del desempeño del cronograma (SPI)	0,00	0,27	0,56	1,24	1,00
Costo Estimado de completitud (EAC)		\$ 92.784.907,45	\$ 52.326.539,68	\$ 38.136.928,00	\$ 38.136.928,00
índice del Desempeño del trabajo por completar (TCPI)	1,00	1,13	1,09	0,00	0,00
Variación a la conclusión (VAC)		-\$ 49.322.557	-\$ 8.864.190	\$ 5.325.422	\$ 5.325.422
Estimación hasta la conclusión (EC)		\$ 84.496.337	\$ 37.019.916	\$ -	\$ -

*Nota. Elaborado por el autor*

**Figura 22***Gestión del valor ganado. Jardín Infantil Satélite*

*Nota. Elaborado por el autor*

- **VARIACIÓN DEL COSTO (CV):** En la segunda y tercera semana el costo real ejecutado en las actividades es mayor con respecto al presupuesto original, por lo tanto, está por encima del costo planificado. En la semana 4, los costos se nivelan y, al final de la programación se tiene que el presupuesto real ejecutado es menor, estando por debajo de \$5.325.422,15
- **VARIACIÓN DEL CRONOGRAMA (SV):** De la primera semana a la tercera semana se analiza que, acorde con el monto del proyecto se encuentra en estado “retrasado”, dando el cálculo negativo. Por otra parte, en la semana cuarta esta diferencia es positiva, donde las actividades se cumplen antes de lo previsto, con un monto superávit que puede ser distribuido para los otros frentes.
- **ÍNDICE DE DESEMPEÑO DEL COSTO (CPI) E ÍNDICE DEL DESEMPEÑO DEL CRONOGRAMA (SPI):** De la primera a la tercera semana, la cantidad ejecutada respecto con el presupuesto inicial presenta un retraso al ser valores menores a 1, sin embargo, en la semana cuarta y quinta se encuentra a tiempo.
- **COSTO ESTIMADO DE COMPLETITUD (EAC):** La estimación del monto a utilizar disminuye a medida que transcurren las semanas, pasando desde \$92.784.907 a \$38.136.928, este último el costo directo ejecutado.
- **ÍNDICE DEL DESEMPEÑO DEL TRABAJO POR COMPLETAR (TCPI) Y VARIACIÓN A LA CONCLUSIÓN (VAC):** El desempeño del costo indica que, semana a semana, se tiene holgura para gastar sin que estos generen un exceso en el costo total del proyecto.

## 8.2.2. Jardín Risitas Infantiles

### 8.2.2.1. Análisis de ruta crítica a partir de la planeación y de la ruta crítica a partir del inicio y fin real

La ruta crítica comprende desde el capítulo “PRELIMINARES”, ya que en este se encuentra demoliciones de enchape, desmonte de cielo raso, desmonte y desconexión de aparatos sanitarios, demolición de lavamanos, lavaderos, bañeras, orinales, entre otros. Luego, estas actividades son predecesoras de la instalación de cielo raso, instalación de enchape y el capítulo “PAÑETE Y PINTURA”

Sin embargo, esta ruta crítica se vio afectada por el aumento del alcance de las actividades que involucran la nueva distribución de espacio, teniendo así no únicamente el cuarto de lavado y lactancia, sino un hall nuevo que conecta el pasillo principal y el patio.

### 8.2.2.2. Seguimiento del cronograma

**Tabla 18**

*Cálculo de % programado y % ejecutado para cada semana. Jardín Risitas Infantiles*

SEMANA	1	2	3	4	5	6	7
<b>FECHA DE CORTE SEMANAL</b>	7-mar-21	14-mar-21	21-mar-21	28-mar-21	4-abr-21	11-abr-21	18-abr-21
%PROG.	0,00%	5,00%	9,00%	10,00%	16,00%	22,00%	21,00%
% EJ.	4,00%	5,00%	15,00%	4,00%	15,00%	25,00%	17,00%
<b>%PROG. ACUM</b>	0%	5,00%	14,00%	24,00%	40,00%	62,00%	83,00%
<b>%EJ. ACUM.</b>	4%	9,00%	24,00%	28,00%	43,00%	68,00%	85,00%

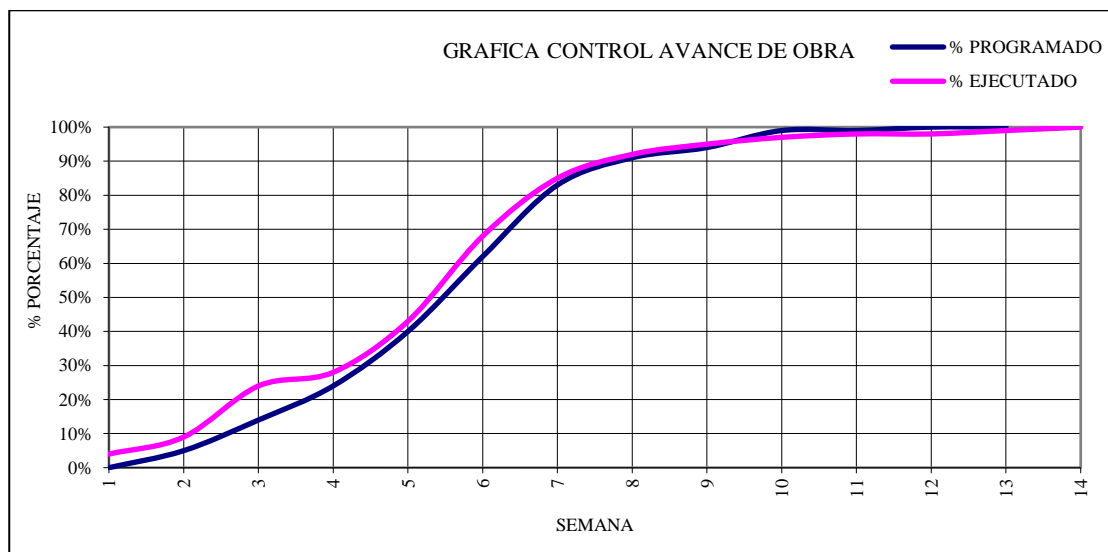
SEMANA	8	9	10	11	12	13	14
<b>FECHA DE CORTE SEMANAL</b>	25-abr-21	2-may-21	9-may-21	16-may-21	23-may-21	30-may-21	6-jun-21
%PROG.	8,00%	3,00%	5,00%	0,00%	1,00%	0,00%	0,00%
% EJ.	7,00%	3,00%	2,00%	1,00%	0,00%	1,00%	1,00%
<b>%PROG. ACUM</b>	91,00%	94,00%	99,00%	99,00%	100,00%	100,00%	100,00%
<b>%EJ. ACUM.</b>	92,00%	95,00%	97,00%	98,00%	98,00%	99,00%	100,00%

*Nota. Elaborado por el autor*



**Figura 23**

*Gráfica de avance acumulado programado y ejecutado. Jardín Risitas Infantiles*

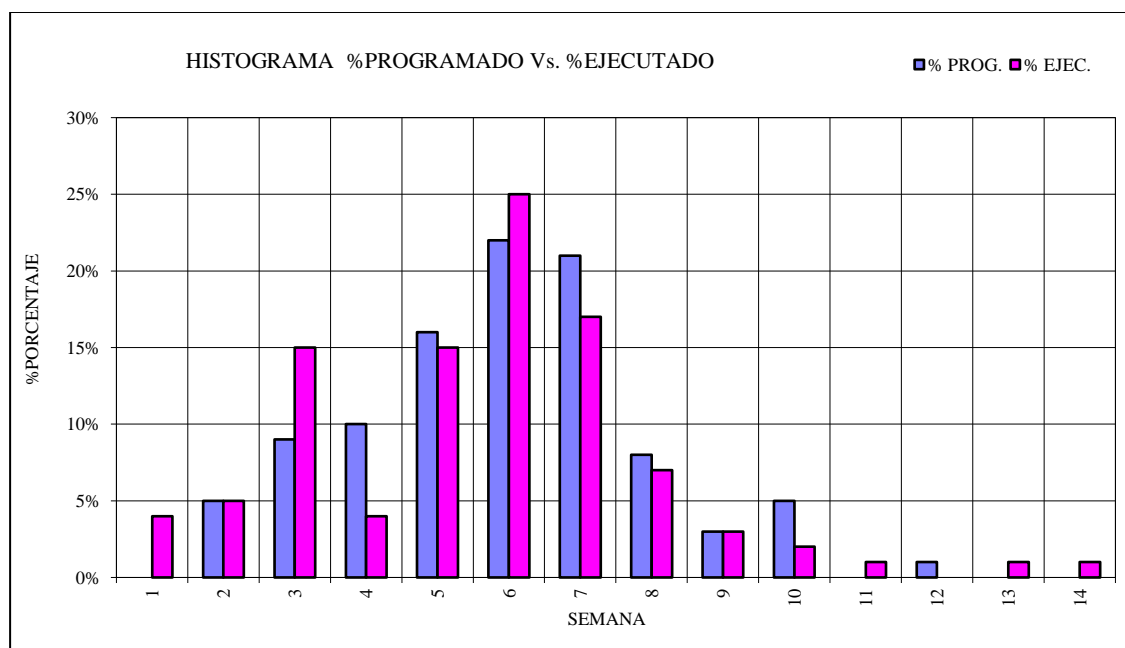


*Nota. Elaborado por el autor*

**Figura 24**

*Gráfica de avance de semana a semana, programado y ejecutado. Jardín Risitas*

*Infantiles*



*Nota. Elaborado por el autor*

Para la primera semana, se observa un adelanto en cuanto a la ejecución de las actividades respecto a la planeación. Es desde la semana 9 a 12 donde se presentan retrasos y lleva dos semanas posteriores a la culminación del cronograma para este frente, completar las actividades, no obstante, no precedían actividades ya que correspondían a acabados.

### 8.2.2.3. Aplicación de la herramienta LAST PLANNER SYSTEM, de la filosofía LEAN CONSTRUCTION

Mediante la valoración entre 0 y 1 de la razón entre el número de días que se ejecutó una actividad y el número de días que esta estuviese planeada, se calcula el Porcentaje de Programa Cumplido (PPC) para cada semana, teniendo lo siguiente:

**Tabla 19**

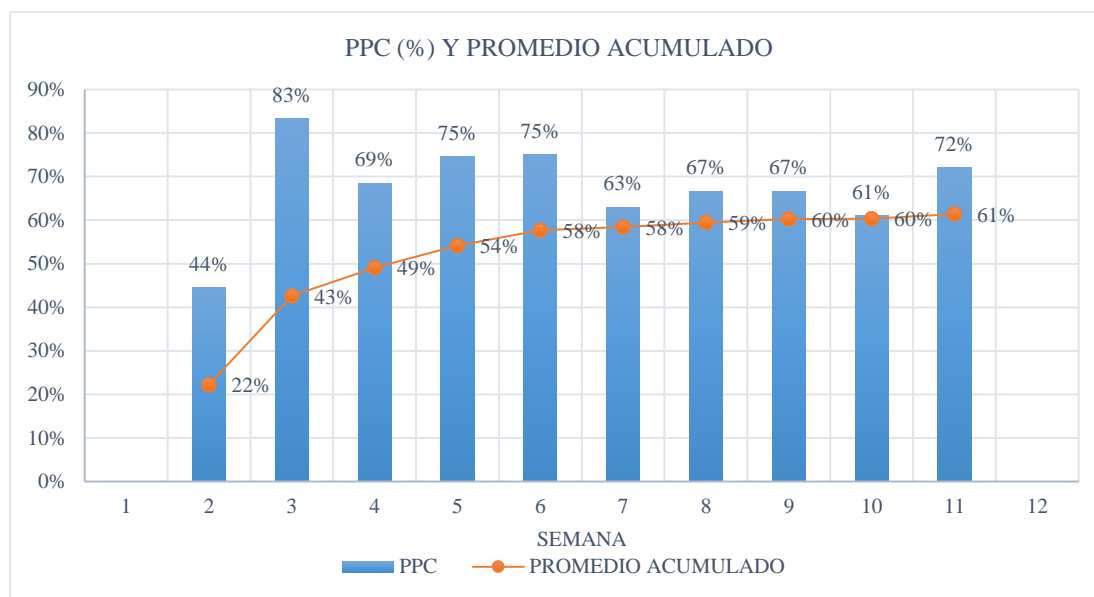
*Cálculo de Porcentaje de Programa Cumplido. Jardín Risitas Infantiles*

SEMANA	PPC	PROMEDIO ACUMULADO
1	0%	0%
2	44%	22%
3	83%	43%
4	69%	49%
5	75%	54%
6	75%	58%
7	63%	58%
8	67%	59%
9	67%	60%
10	61%	60%
11	72%	61%

*Nota. Elaborado por el autor*

**Figura 25**

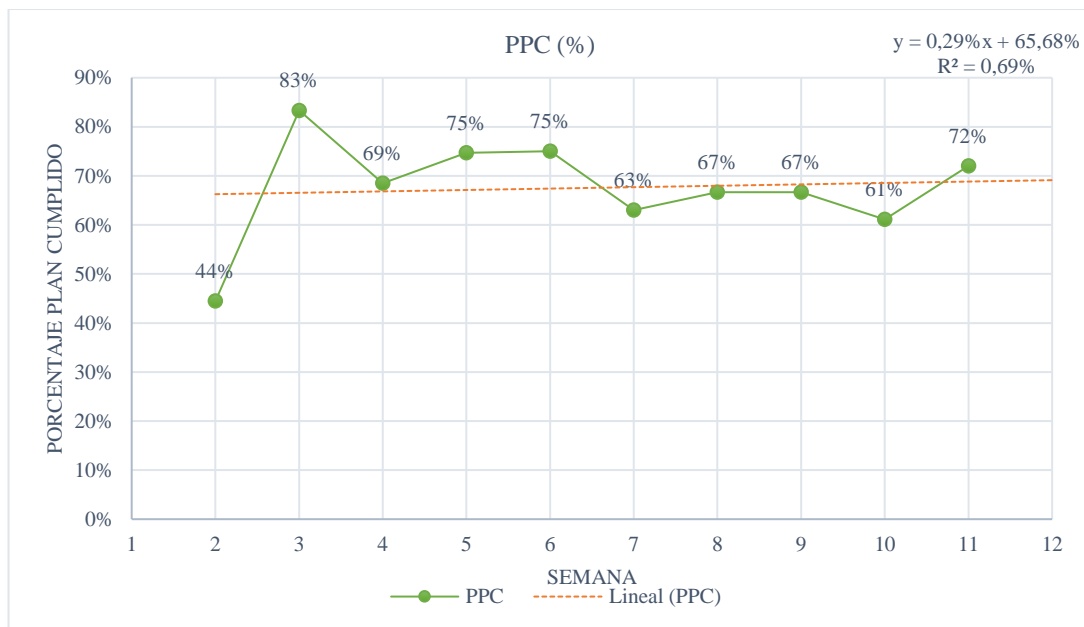
*Gráfica del Porcentaje de Programa Cumplido y el Promedio Acumulado. Jardín Risitas Infantiles*



*Nota. Elaborado por el autor*

**Figura 26**

*Gráfica del Porcentaje de Programa Cumplido. Jardín Risitas Infantiles*



*Nota. Elaborado por el autor*

No se realiza el cálculo de PPC para la semana 1, porque aún para este periodo de tiempo no se tienen actividades programadas. Adicionalmente, en las semanas 12 a 14, tampoco se realiza este cálculo, debido a que la programación ha finalizado en la semana 11, por lo tanto, no se tienen datos de comparación.

De la semana 1 a 2, el nivel del Porcentaje de Programa Cumplido fue “ACEPTABLE”, poniendo en marcha según lo planeado los capítulos iniciales. De la semana 3 a 4 desciende debido a que, aun se no se han terminado de liberar restricciones, además, para el capítulo de CUBIERTAS E IMPERMEABILIZACIONES; causas como el clima no permitieron dar inicio a estas actividades. De la semana 4 a 11, se mantiene constante en un nivel “ACEPTABLE”.

Según la figura 25, el Porcentaje del Plan Cumplido es superior al promedio acumulado. Adicionalmente, en la figura 26, la regresión lineal indica que 0,29% fue el promedio en que el PPC cambió de semana a semana y el valor 65,68% es el promedio del PPC para este frente. Se observa una tendencia ascendente por la implementación de Last Planner System.

Mediante el cálculo del parámetro anterior, se indaga en las causas de incumplimiento que impidieron que el Porcentaje de Programa Cumplido fuese de 100%.

**Tabla 20**

*Causas de incumplimiento. Jardín Risitas Infantiles*

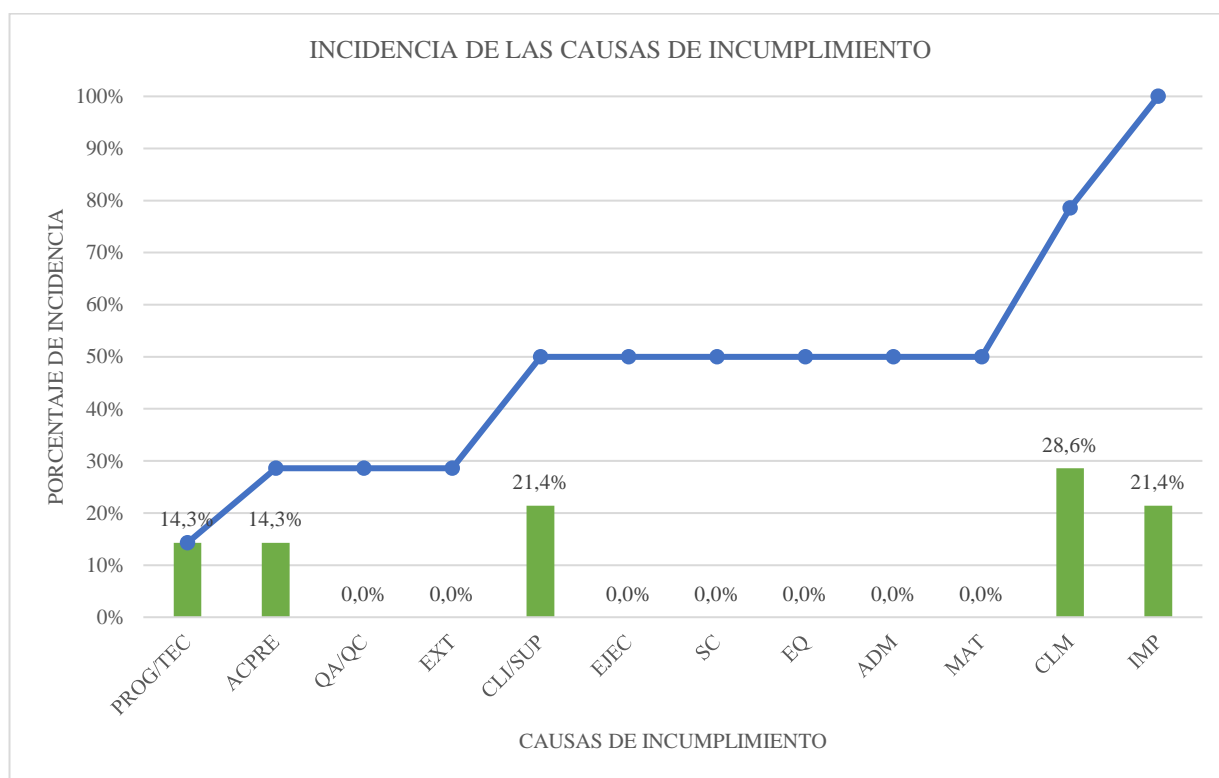
CÓD.	CNC DESCRIPCIÓN	SEMANAS														TOT AL	% INCIDENC IA	% INCID. ACUM.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14			
PROG /TEC	PROGRAMACIÓN O CAMBIO DE ACTIVIDADES	0	0	0	0	2	1	2	1	0	0	0	0	0	2	14,3%	14,3%	
ACPR E	PREDECESORAS	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	2	14,3%	28,6%	
QA/Q C	CONTROL CALIDAD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%	28,6%	
EXT	EXTERNOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%	28,6%	
CLI/S UP	CLIENTE/SUPERVISIÓN	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3	21,4%	50,0%	

CÓD.	CNC DESCRIPCIÓN	SEMANAS														TOT AL	% INCIDENC IA	% INCID. ACUM.	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14				
EJEC	ERRORES DE EJECUCIÓN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%	50,0%
SC	SUBCONTRATOS	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%	50,0%
EQ	EQUIPO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%	50,0%
ADM	ADMINISTRATIVOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%	50,0%
MAT	MATERIALES	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0,0%	50,0%
CLM	METEOROLOGÍA	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4	28,6%	78,6%	
IMP	IMPREVISTOS	0	1	0	0	2	2	1	1	0	0	0	0	0	3	21,4%	100,0%		
<b>TOTAL</b>		<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>14</b>	<b>100%</b>			

Nota. Elaborado por el autor

**Figura 27**

Gráfica de las causas de incumplimiento. Jardín Risitas Infantiles



Nota. Elaborado por el autor

Para el jardín Risitas Infantiles, se observa que las causas de incumplimiento fueron debido principalmente a las condiciones climáticas (CLM) presentadas en el período de ejecución, además de decisiones de la supervisión que implicaron cambios en alcance (CLI/SUP).

#### **8.2.2.4. Restricciones presentadas**

Las restricciones influyen en que las tareas para ejecutar en obra no puedan ser iniciadas hasta que se solventen. Finalmente, se clasificaron en los siguientes grupos:

- **Diseño o aprobación:** La entidad suministró un plano predimensionado con la distribución de la red de detección de incendio, sin embargo, fue necesario que, en campo, el electricista verificara los puntos y la instalación de la tubería EMT ¾”, necesaria para conectar cada sensor. Otra restricción presentada fue la aprobación por parte de la supervisión en cuanto al predimensionamiento de la cubierta a construir en la zona de juegos y la distribución de dos espacios para realizar un hall, a solicitud de la coordinación de los jardines infantiles de sector.
- **Materiales:** Hay escases en materiales como los enchapes, varillas y perfiles metálicos; luego, es necesario realizar los pedidos con semanas de antelación.
- **Imprevistos:** Un especialista en detección de redes contra incendio, solicitó la necesidad de ampliar el número de sensores, retrasando el capítulo correspondiente.

#### **8.2.2.5. Aplicación de la herramienta EARNED VALUE de la metodología PMI**

Para realizar el análisis del valor ganado, se utilizan los costos directos presentados por el director de obra en la programación, por lo tanto, son diferentes a las condiciones del contrato al ser afectadas con cantidades cercanas a la realidad. Se tiene:

**Tabla 21***Gestión del valor ganado. Jardín Risitas Infantiles*

	Semanas						
	1	2	3	4	5	6	7
Valor Planeado Acumulado (PV)	\$ 0	\$ 9.154.072	\$ 30.876.248	\$ 62.060.937	\$ 102.014.631	\$ 154.972.042	\$ 213.277.329
Costo Real Acumulado (AC)	\$ 5.186.397	\$ 14.772.334	\$ 46.274.863	\$ 68.935.355	\$ 107.788.985	\$ 150.511.190	\$ 178.302.088
Valor Ganado Acumulado (EV)	\$ 6.628.024	\$ 18.958.509	\$ 50.456.960	\$ 74.875.868	\$ 124.285.088	\$ 177.146.753	\$ 217.084.504

*Gestión del valor ganado. Jardín Risitas Infantiles (Continuación)*

	Semanas						
	8	9	10	11	12	13	14
Valor Planeado Acumulado (PV)	\$ 241.632.267	\$ 249.750.556	\$ 262.276.772	\$ 264.453.032	\$ 264.453.032	\$ 264.453.032	\$ 264.453.032
Costo Real Acumulado (AC)	\$ 198.954.524	\$ 200.321.736	\$ 202.686.238	\$ 206.401.438	\$ 207.634.740	\$ 210.037.580	\$ 212.046.821
Valor Ganado Acumulado (EV)	\$ 240.633.397	\$ 241.335.138	\$ 246.651.090	\$ 250.017.273	\$ 250.776.909	\$ 255.621.649	\$ 257.477.853

*Nota. Elaborado por el autor*

**Tabla 22***Cálculos para el Valor Ganado. Jardín Risitas Infantiles.*

	Semanas						
	1	2	3	4	5	6	7
Variación del Costo (CV)	\$ 1.441.627	\$ 4.186.175	\$ 4.182.097	\$ 5.940.512	\$ 16.496.103	\$ 26.635.563	\$ 38.782.416
Variación del cronograma (SV)	\$ 6.628.024	\$ 9.804.437	\$ 19.580.712	\$ 12.814.930	\$ 22.270.458	\$ 22.174.711	\$ 3.807.175
Índice de desempeño del costo (CPI)	1,28	1,28	1,09	1,09	1,15	1,18	1,22
Índice del desempeño del cronograma (SPI)		2,07	1,63	1,21	1,22	1,14	1,02
Costo Estimado de completitud (EAC)	\$ 206.933.243	\$ 206.059.899	\$ 242.533.988	\$ 243.471.819	\$ 229.352.727	\$ 224.690.207	\$ 217.208.170
índice del Desempeño del trabajo por completar (TCPI)	0,99	0,98	0,98	0,97	0,89	0,77	0,55
Variación a la conclusión (VAC)	\$ 57.519.789	\$ 58.393.133	\$ 21.919.044	\$ 20.981.213	\$ 35.100.305	\$ 39.762.825	\$ 47.244.862
Estimación hasta la conclusión (ETC)	\$ 206.933.243	\$ 196.905.828	\$ 211.657.740	\$ 181.410.882	\$ 127.338.096	\$ 69.718.165	\$ 3.930.841

*Cálculos para el Valor Ganado. Jardín Risitas Infantiles. (Continuación)*

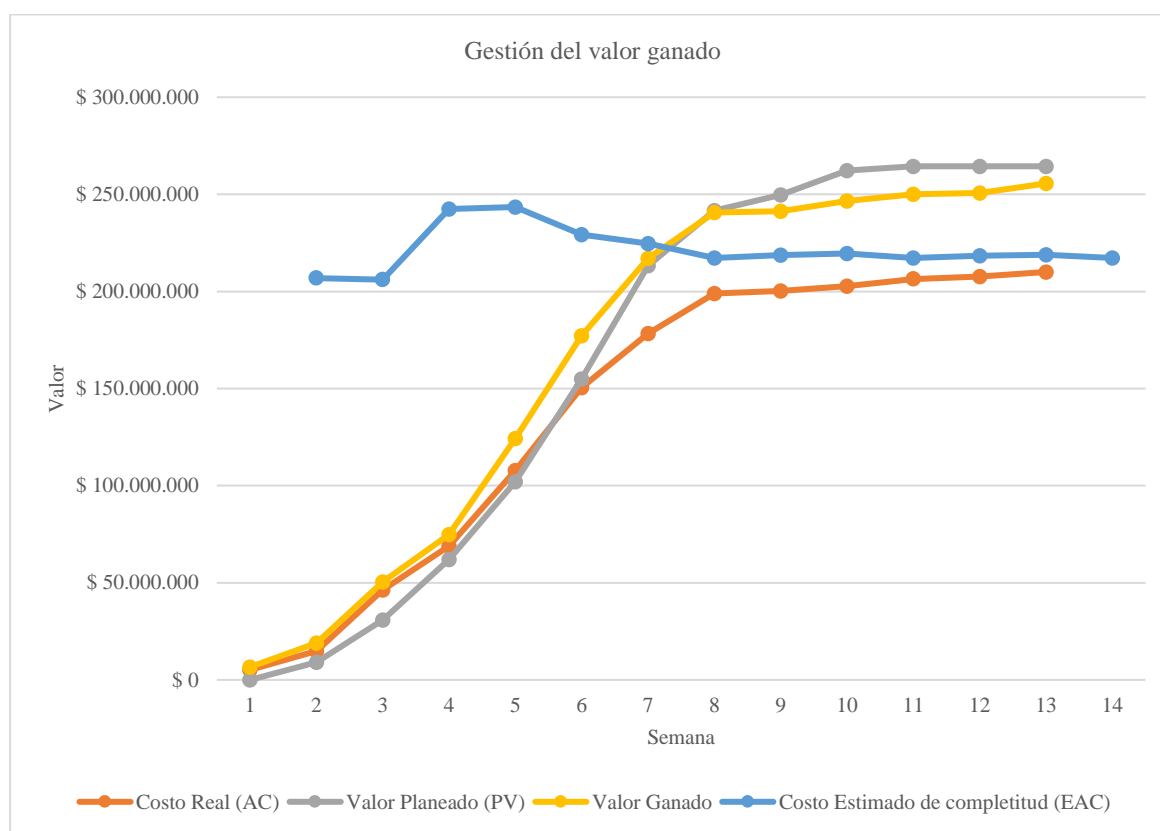
	Semanas						
	8	9	10	11	12	13	14
Variación del Costo (CV = EV - AC)	\$ 41.678.873	\$ 41.013.402	\$ 43.964.851	\$ 43.615.836	\$ 43.142.169	\$ 45.584.069	\$ 45.431.032

	Semanas							
	8	9	10	11	12	13	14	
Variación del cronograma (SV = EV - PV)	-\$ 998.870	-\$ 8.415.418	-\$ 15.625.683	-\$	14.435.759	13.676.123	8.831.383	6.975.179
Índice de desempeño del costo (CPI = EV/AC)	1,21	1,20	1,22	1,21	1,21	1,22	1,21	1,21
Índice del desempeño del cronograma (SPI = EV/PV)	1,00	0,97	0,94	0,95	0,95	0,97	0,97	0,97
Costo Estimado de completitud (EAC)	\$ 218.648.483	\$ 219.510.889	\$ 217.315.035	\$ 218.318.860	\$ 218.958.104	\$ 217.294.095	\$ 217.791.255	\$
índice del Desempeño del trabajo por completar (TCPI)	\$ 218.648.483	\$ 219.510.889	\$ 217.315.035	\$ 218.318.860	\$ 218.958.104	\$ 217.294.095	\$ 217.791.255	\$
Variación a la conclusión (VAC)	\$ 218.730.232	\$ 220.180.019	\$ 218.241.790	\$ 219.006.961	\$ 219.575.624	\$ 217.544.798	\$ 217.946.874	\$
Estimación hasta la conclusión (ETC)	\$ 222.774.159	\$ 223.439.631	\$ 220.488.181	\$ 220.837.197	\$ 221.310.863	\$ 218.868.963	\$ 219.022.000	\$

Nota. Elaborado por el autor

## Figura 28

### Gestión del valor ganado. Jardín Risitas Infantiles



Nota. Elaborado por el autor

- **VARIACIÓN DEL COSTO (CV):** Durante las 14 semanas ejecutadas, no se excedió en costos directos. Al final del desarrollo de las tareas para este frente, se logró disminuir el valor planeado en \$45.431.032.



- VARIACIÓN DEL CRONOGRAMA (SV): De la primera semana hasta la séptima, se analiza un adelanto en la ejecución real con respecto al presupuesto planeado, sin embargo, a partir de la semana 7 se observa un retraso, esto es debido a actividades que no se van a realizar, sin embargo, se tiene en cuenta su costo en el presupuesto inicial, es el caso del capítulo “DISEÑOS Y CERTIFICACIÓN” y “APARATOS Y EQUIPOS ESPECIALES”.
- ÍNDICE DE DESEMPEÑO DEL COSTO (CPI) E ÍNDICE DEL DESEMPEÑO DEL CRONOGRAMA (SPI): En la segunda semana se encuentra un índice de desempeño alto, debido a que se inicia la ejecución de las actividades una semana antes de lo planeado, por lo tanto, no se tiene un costo de comparación inicial. No obstante, al estar los valores próximos a 1, indican que el proyecto va de acuerdo con el presupuesto.
- COSTO ESTIMADO DE COMPLETITUD (EAC) E ÍNDICE DEL DESEMPEÑO DEL TRABAJO POR COMPLETAR (TCPI): La estimación del monto a utilizar fluctúa a medida que transcurren las semanas, entre \$206.933.243 y \$217.791.255. Sin embargo, esta estimación al finalizar las actividades no llega a ser igual a los costos directos totales ejecutados, esto se debe a que los capítulos “DISEÑOS Y CERTIFICACIÓN” y “APARATOS Y EQUIPOS ESPECIALES” después de no ser desarrollados y no presentar un porcentaje de avance, el valor ganado no llega a 100%, en lo que resulta en una diferencia.

### **8.2.3. Jardín infantil Bella Vista**

#### **8.2.3.1. Análisis de ruta crítica a partir de la planeación y de la ruta crítica a partir del inicio y fin real**

Según la programación se tiene entre rutas críticas: “CERRAMIENTO”, “CUBIERTA” y “OBRAS EN EXTERIOR”. Se observa en el cerramiento actividades que van de la mano de una a la otra, desde el desmonte del cerramiento existente, excavación de las zapatas, colocación de acero de refuerzo en cimentación, vigas y columnetas, colocación de tubo soporte de malla, mampostería, y la malla. A su vez, la realización de esta actividad es precedente de las obras en exterior, como es la construcción de la placa y el caucho elaborado con llanta reciclada. La siguiente ruta crítica es la cubierta, ya que la secuencia de actividades involucra la instalación de cielo raso nuevo, en superboard o en PVC; además, de las luminarias, la red contra incendios y el piso tipo vinisol, por lo tanto, es urgente realizar intervenciones inicialmente a estas tres rutas críticas y, por último, realizar actividades de acabados en el interior del edificio.

Después de tener el registro de las fechas de inicio y fin reales, se encuentra que la ruta crítica cambio al capítulo “EDIFICIO COMPLETO”, debido a la actividad del desmonte de todo tipo de cielo raso existente. También, se cambió como capítulo con actividades críticas a “EXTERIOR”, debido a la construcción de las placas en concreto de 3000 PSI y como predecesora, la realización del relleno con recebo compactado B600.

### 8.2.3.2. Seguimiento del cronograma

**Tabla 23**

*Cálculo de % programado y % ejecutado para cada semana. Jardín Infantil Bella Vista*

SEMANA	1	2	3	4	5	6	7
<b>FECHA DE CORTE SEMANAL</b>	28-mar-21	4-abr-21	11-abr-21	18-abr-21	25-abr-21	2-may-21	9-may-21
% PROG.	1,00%	1,00%	2,00%	3,00%	2,00%	3,00%	3,00%
% EJ.	1,00%	2,00%	3,00%	5,00%	4,00%	5,00%	6,00%
<b>%PROG. ACUM</b>	1,00%	2,00%	4,00%	7,00%	9,00%	12,00%	15,00%
<b>%EJ. ACUM.</b>	1,00%	3,00%	6,00%	11,00%	15,00%	20,00%	26,00%

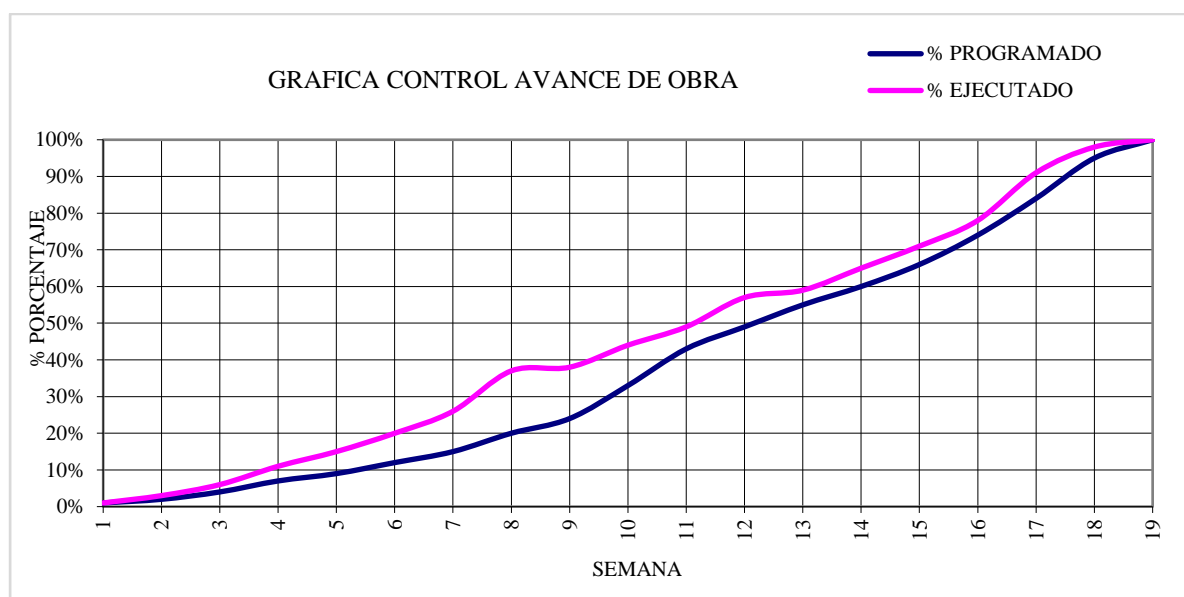
SEMANA	8	9	10	11	12	13	14
<b>FECHA DE CORTE SEMANAL</b>	16-may-21	23-may-21	30-may-21	6-jun-21	13-jun-21	20-jun-21	27-jun-21
% PROG.	5,00%	4,00%	9,00%	10,00%	6,00%	6,00%	5,00%
% EJ.	11,00%	1,00%	6,00%	5,00%	8,00%	2,00%	6,00%
<b>%PROG. ACUM</b>	20,00%	24,00%	33,00%	43,00%	49,00%	55,00%	60,00%
<b>%EJ. ACUM.</b>	37,00%	38,00%	44,00%	49,00%	57,00%	59,00%	65,00%

SEMANA	15	16	17	18	19
<b>FECHA DE CORTE SEMANAL</b>	4-jul-21	11-jul-21	18-jul-21	25-jul-21	1-ago-21
% PROG.	6,00%	8,00%	10,00%	11,00%	5,00%
% EJ.	6,00%	7,00%	13,00%	7,00%	2,00%
<b>%PROG. ACUM</b>	66,00%	74,00%	84,00%	95,00%	100,00%
<b>%EJ. ACUM.</b>	71,00%	78,00%	91,00%	98,00%	100,00%

*Nota. Elaborado por el autor*

**Figura 29**

*Gráfica de avance acumulado programado y ejecutado. Jardín Infantil Bella Vista*

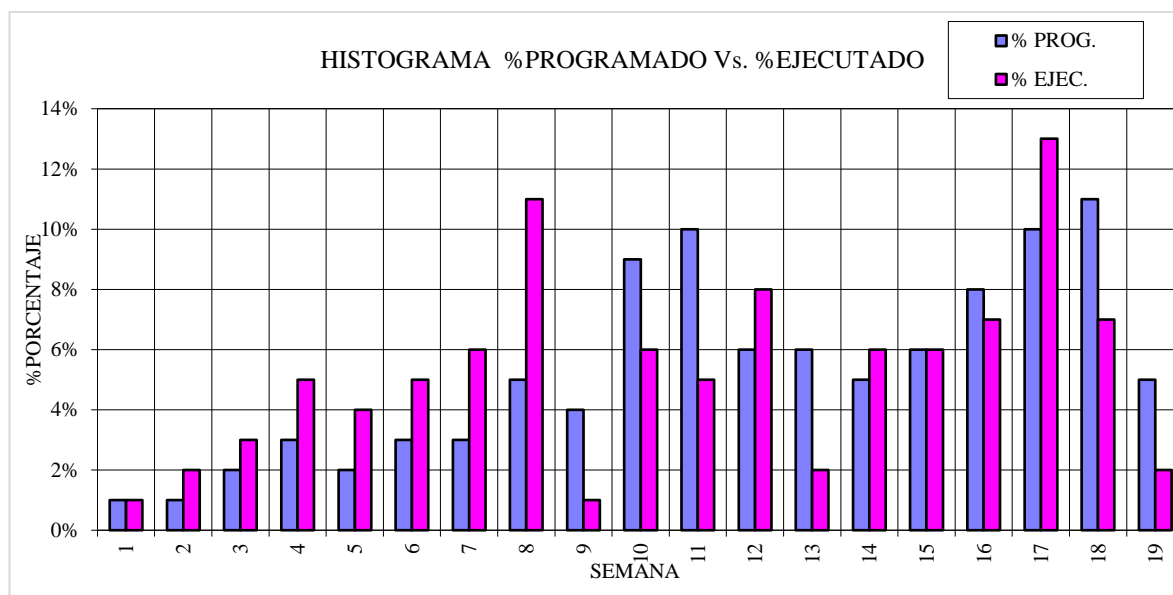


*Nota. Elaborado por el autor*

**Figura 30**

*Gráfica de avance de semana a semana, programado y ejecutado. Jardín Infantil Bella*

*Vista*



*Nota. Elaborado por el autor*

Durante la ejecución de las actividades para este frente no se presentaron retrasos. Sin embargo, en la semana 9, hubo un descenso en el porcentaje del cumplimiento de las actividades con respecto a la semana que la precede.

### **8.2.3.3. Aplicación de la herramienta LAST PLANNER SYSTEM, de la filosofía**

#### **LEAN CONSTRUCTION**

Mediante la valoración entre 0 y 1 de la razón entre el número de días que se ejecutó una actividad y el número de días que esta estuviese planeada, se calcula el Porcentaje de Programa Cumplido (PPC) para cada semana, teniendo lo siguiente:

**Tabla 24**

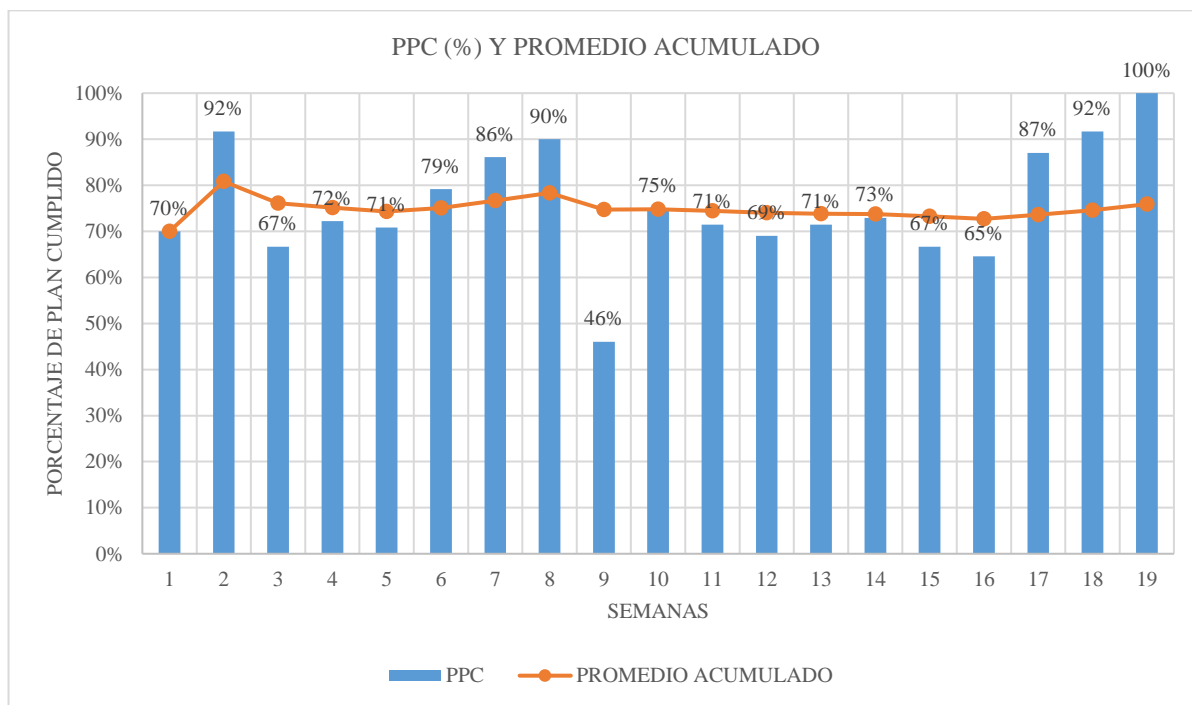
*Cálculo de Porcentaje de Programa Cumplido. Jardín Infantil Bella Vista*

SEMANA	PPC	PROMEDIO ACUMULADO
1	70%	70%
2	92%	81%
3	67%	76%
4	72%	75%
5	71%	74%
6	79%	75%
7	86%	77%
8	90%	78%
9	46%	75%
10	75%	75%
11	71%	74%
12	69%	74%
13	71%	74%
14	73%	74%
15	67%	73%
16	65%	73%
17	87%	74%
18	92%	75%
19	100%	76%

*Nota. Elaborado por el autor*

**Figura 31**

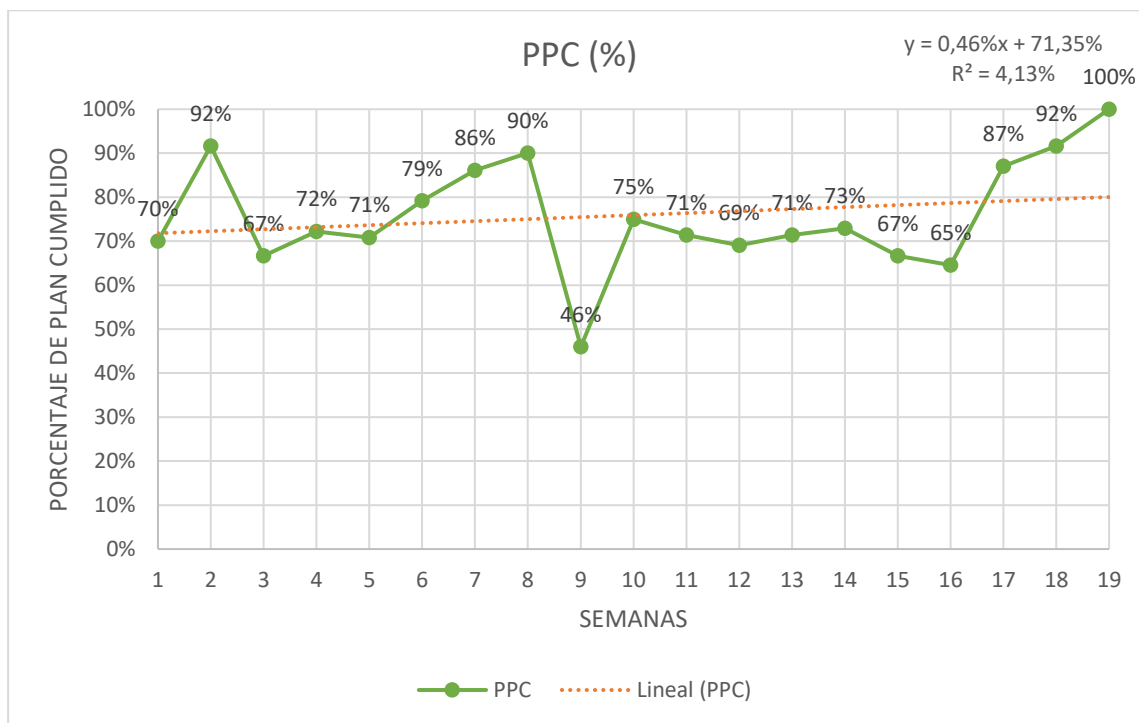
*Gráfica del Porcentaje de Programa Cumplido. Jardín Infantil Bella Vista*



*Nota. Elaborado por el autor*

**Figura 32**

*Gráfica del Porcentaje de Programa Cumplido. Jardín Infantil Bella Vista*



*Nota. Elaborado por el autor*

De la gráfica anterior, se obtiene que, de la semana 1 a 8 hay un cumplimiento “ACEPTABLE” y “BUENO”, dando a entender que se ha cumplido la mayoría de las actividades en el tiempo designado. Desde la semana 8 a 9 desciende, se debe a que el personal se contagió de COVID 19, retrasando las actividades para esta semana. En la semana 10 a 16 se mantiene un PPC entre 65% a 75%, dando a entender que, en las últimas semanas ha sido aceptable el cumplimiento. A partir de la semana 17 a 19, el cumplimiento de las actividades planeadas es “BUENO”, estando entre 85 y 100%, esto es, debido a que en dichas semanas se finalizan actividades.

Para la figura 31, el Porcentaje del Plan Cumplido está por encima o muy cercano al promedio acumulado, a excepción de la semana 9. Adicionalmente, en la figura 34, la regresión lineal indica que 0,46% fue el promedio en que el PPC cambió semana a semana y el valor 71,35%

es el promedio del PPC para este frente. Se observa una tendencia ascendente por la implementación de Last Planner System.

Mediante el cálculo del parámetro anterior, se indaga en las causas de incumplimiento que impidieron que el Porcentaje de Programa Cumplido fuese de 100%.

**Tabla 25**

*Causas de incumplimiento. Jardín Infantil Bella Vista*

		SEMANAS													
CÓDIGO	CAUSA INCUMPLIMIENTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
PROG/TEC	PROGRAMACIÓN O CAMBIO DE ACTIVIDAD	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	2
ACPRE	ACTIVIDADES PREDECESORAS	0	0	0	0	1	0	0	1	1	2	1	1	1	3
QA/QC	CONTROL CALIDAD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EXT	EXTERNOS	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CLI/SUP	CLIENTE/SUPERVISIÓN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EJEC	ERRORES DE EJECUCIÓN	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
SC	SUBCONTRATOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EQ	EQUIPO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ADM	ADMINISTRATIVOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MAT	MATERIALES	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0
CLM	METEOROLOGÍA	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	2	2
IMP	IMPREVISTOS	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
	<b>TOTAL</b>	1	1	1	1	3	1	1	3	4	4	3	3	3	7

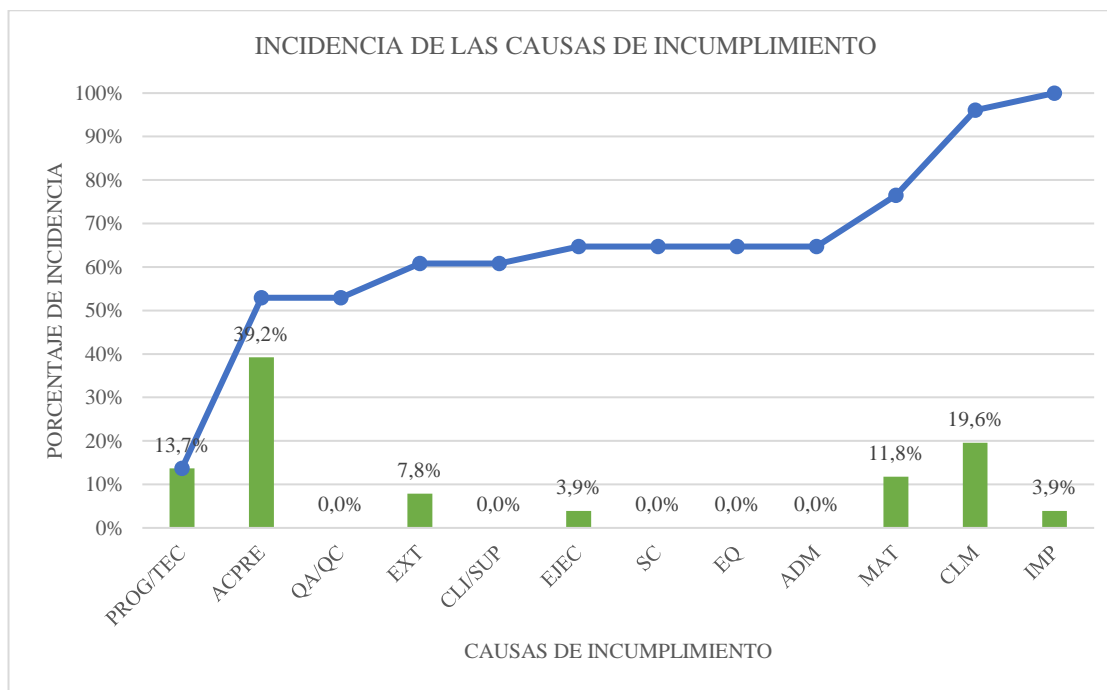
  

		SEMANAS					TOTAL	% INCIDENCIA	% INCID ACUMULADA
CÓDIGO	CAUSA INCUMPLIMIENTO	15	16	17	18	19			
PROG/TEC	PROGRAMACIÓN O CAMBIO DE ACTIVIDAD	2	0	0	0	0	7	14%	13,7%
ACPRE	ACTIVIDADES PREDECESORAS	4	3	2	0	0	20	39%	52,9%
QA/QC	CONTROL CALIDAD	0	0	0	0	0	0	0%	52,9%
EXT	EXTERNOS	0	0	0	0	0	4	8%	60,8%
CLI/SUP	CLIENTE/SUPERVISIÓN	0	0	0	0	0	0	0%	60,8%
EJEC	ERRORES DE EJECUCIÓN	0	0	0	0	0	2	4%	64,7%
SC	SUBCONTRATOS	0	0	0	0	0	0	0%	64,7%
EQ	EQUIPO	0	0	0	0	0	0	0%	64,7%
ADM	ADMINISTRATIVOS	0	0	0	0	0	0	0%	64,7%
MAT	MATERIALES	0	0	1	1	0	6	12%	76,5%
CLM	METEOROLOGÍA	1	1	0	0	0	10	20%	96,1%
IMP	IMPREVISTOS	0	0	0	0	0	2	4%	100,0%
	<b>TOTAL</b>	7	4	3	1	0	51	100%	

*Nota. Elaborado por el autor*

**Figura 33**

*Gráfica de las causas de incumplimiento. Jardín Infantil Bella Vista*



*Nota. Elaborado por el autor*

Para el jardín Bella Vista, se identifican que las causas de incumplimiento se presentan por actividades predecesoras (ACPRE) que no se ejecutaron a tiempo, los factores correspondientes a las condiciones climáticas (CLM), materiales (MAT), introducción de nuevas actividades (PROG/TEC) e imprevistos (IMP).

#### **8.2.3.4. Restricciones presentadas**

Las restricciones influyen en que las tareas para ejecutar en obra no puedan ser iniciadas hasta que se solventen. Finalmente, se clasificaron en los siguientes grupos:

- Diseño o aprobación: Tanto la aprobación y diseño del piso tipo Taralay, piso en caucho elaborado de llanta reciclada, piso vinilo; el diseño requerido para el cambio de la cubierta; aprobación de las puertas a cambiar; predimensionamiento del cerramiento; aprobación de la teja a utilizar, fueron restricciones que se subsaron.



- **Materiales:** Los insumos para realizar actividades en cubierta, los distintos pisos instalados, los cielos rasos instalados, requirieron del pedido con antelación, antes que las actividades comenzaran.
- **Mano de obra:** Fue requerida la consulta para el desmonte de la teja de asbesto ubicada en la zona de la cubierta, debido a que tomaría mayores recursos de mano de obra para la realización del desmonte con recuperación. Si se realizaba de esta manera, podría afectar el sistema eléctrico del segundo piso. Otras restricciones presentadas fueron respecto a contratar el personal calificado para construir la estructura metálica de la cubierta, el cerramiento y las divisiones de acero para los baños.
- **Espacio:** Una restricción que impidió realizar el montaje de toda la red de detección de incendios y la colocación de cielo raso, fue la disponibilidad de espacio, ya que los faltantes por intervenir eran utilizados como bodegas para guardar el inmueble de los demás espacios. Por tal motivo, fue necesario completar las tareas en los salones disponibles, para que pudiesen cambiar de ubicación los objetos que se tenían en los espacios sin acceso.
- **Prerrequisitos:** Corresponde a la llegada del pedido de la teja termo Steel, debido a que, sin ella en el lugar a intervenir, no se podía realizar el desmonte de la cubierta existente en ese momento. Además, este material llegaba a retrasar los capítulos correspondientes a la instalación de cielo raso, red contra incendio, piso vinilo, entre otras.

### 8.2.3.5. Aplicación de la herramienta EARNED VALUE de la metodología PMI

Para realizar el análisis del valor ganado, se utilizan los costos directos presentados por el director de obra en la programación, por lo tanto, son diferentes a las condiciones del contrato al ser afectadas con cantidades cercanas a la realidad. Se tiene:

**Tabla 26**

*Gestión del valor ganado. Jardín Infantil Bella Vista*

	Semanas				
	1	2	3	4	5
<b>Valor Planeado Acumulado (PV)</b>	\$ 10.992.279,75	\$ 16.570.472,61	\$ 31.781.612,93	\$ 49.209.596,74	\$ 65.095.388,26
<b>Costo Real Acumulado (AC)</b>	\$ 10.430.973,79	\$ 19.012.817,98	\$ 38.458.172,27	\$ 73.376.249,15	\$ 95.925.067,97
<b>Valor Ganado Acumulado (EV)</b>	\$ 9.737.856,99	\$ 17.788.169,76	\$ 35.936.262,12	\$ 68.178.701,15	\$ 90.586.342,75

*Gestión del valor ganado. Jardín Bella Vista (Continuación)*

	Semanas				
	6	7	8	9	10
<b>Valor Planeado Acumulado (PV)</b>	\$ 86.178.417,37	\$ 106.886.389,88	\$ 138.288.246,43	\$ 170.403.324,01	\$ 233.168.007,95
<b>Costo Real Acumulado (AC)</b>	\$ 148.891.343,99	\$ 191.054.582,36	\$ 197.215.483,73	\$ 250.403.862,04	\$ 294.879.081,26
<b>Valor Ganado Acumulado (EV)</b>	\$ 145.440.624,84	\$ 186.425.471,77	\$ 192.360.773,60	\$ 243.820.091,68	\$ 286.212.028,84

*Gestión del valor ganado. Jardín Bella Vista (Continuación)*

	Semanas				
	11	12	13	14	15
<b>Valor Planeado Acumulado (PV)</b>	\$ 300.331.861,70	\$ 348.467.742,39	\$ 396.078.528,77	\$ 444.074.307,34	\$ 499.675.292,98
<b>Costo Real Acumulado (AC)</b>	\$ 345.514.318,28	\$ 421.782.101,24	\$ 455.253.194,66	\$ 483.475.285,62	\$ 565.338.571,90
<b>Valor Ganado Acumulado (EV)</b>	\$ 334.836.633,79	\$ 406.785.326,63	\$ 438.274.149,58	\$ 465.770.381,09	\$ 545.700.275,27

*Gestión del valor ganado. Jardín Bella Vista (Continuación)*

	Semanas			
	16	17	18	19
<b>Valor Planeado Acumulado (PV)</b>	\$ 556.170.133,82	\$ 655.534.939,40	\$ 758.343.983,20	\$ 806.517.185,80
<b>Costo Real Acumulado (AC)</b>	\$ 627.041.849,03	\$ 755.774.900,62	\$ 813.594.875,42	\$ 830.895.552,00
<b>Valor Ganado Acumulado (EV)</b>	\$ 606.718.161,35	\$ 732.012.238,61	\$ 789.759.364,94	\$ 806.517.185,80

*Nota. Elaborado por el autor*

**Tabla 27**

*Cálculos para el Valor Ganado. Jardín Infantil Bella Vista.*

	Semana				
	1	2	3	4	5
Variación del Costo (CV)	-\$ 693.117	-\$ 1.224.648	-\$ 2.521.910	-\$ 5.197.548	-\$ 5.338.725
Variación del cronograma (SV)	-\$ 1.254.423	\$ 1.217.697	\$ 4.154.649	\$ 18.969.104	\$ 25.490.954

Índice de desempeño del costo (CPI)	0,93	0,94	0,93	0,93	0,94
Índice del desempeño del cronograma (SPI)	0,89	1,07	1,13	1,39	1,39
Costo Estimado de completitud (EAC)	\$ 863.923.103	\$ 862.042.844	\$ 863.116.391	\$868.001.370	\$854.049.446
índice del Desempeño del trabajo por completar (TCPI)	1,00	1,00	1,00	1,01	1,01
Variación a la conclusión (VAC)	-\$ 57.405.917	-\$ 55.525.658	-\$ 56.599.205	-\$ 61.484.184	-\$ 47.532.261
Estimación hasta la conclusión (ETC)	\$ 863.923.103	\$ 862.042.844	\$ 863.116.391	\$868.001.370	\$ 854.049.446

*Cálculos para el Valor Ganado. Jardín Infantil Bella Vista. (Continuación)*

	Semana				
	6	7	8	9	10
Variación del Costo (CV)	-\$ 3.450.719	-\$ 4.629.111	-\$ 4.854.710	-\$ 6.583.770	-\$ 8.667.052
Variación del cronograma (SV)	\$ 59.262.207	\$ 79.539.082	\$ 54.072.527	\$ 73.416.768	\$ 53.044.021
Índice de desempeño del costo (CPI)	0,98	0,98	0,98	0,97	0,97
Índice del desempeño del cronograma (SPI)	1,69	1,74	1,39	1,43	1,23
Costo Estimado de completitud (EAC)	\$ 825.652.584	\$ 826.543.726	\$ 826.871.685	\$ 828.295.227	\$ 830.940.082
índice del Desempeño del trabajo por completar (TCPI)	1,01	1,01	1,01	1,01	1,02
Variación a la conclusión (VAC)	-\$ 19.135.398	-\$ 20.026.540	-\$ 20.354.499	-\$ 21.778.041	-\$ 24.422.896
Estimación hasta la conclusión (ETC)	\$ 825.652.584	\$ 826.543.726	\$ 826.871.685	\$ 828.295.227	\$ 830.940.082

	Semana				
	11	12	13	14	15
Variación del Costo (CV)	-\$ 10.677.684	-\$ 14.996.775	-\$ 16.979.045	-\$ 17.704.905	-\$ 19.638.297
Variación del cronograma (SV)	\$ 34.504.772	\$ 58.317.584	\$ 42.195.621	\$ 21.696.074	\$ 46.024.982
Índice de desempeño del costo (CPI)	0,97	0,96	0,96	0,96	0,97
Índice del desempeño del cronograma (SPI)	1,11	1,17	1,11	1,05	1,09
Costo Estimado de completitud (EAC)	\$ 832.236.403	\$ 836.250.698	\$ 837.762.222	\$ 837.174.588	\$ 835.541.587
índice del Desempeño del trabajo por completar (TCPI)	1,02	1,04	1,05	1,05	1,08
Variación a la conclusión (VAC)	-\$ 25.719.217	-\$ 29.733.512	-\$ 31.245.036	-\$ 30.657.402	-\$ 29.024.401
Estimación hasta la conclusión (ETC)	\$ 832.236.403	\$ 836.250.698	\$ 837.762.222	\$ 837.174.588	\$ 835.541.587

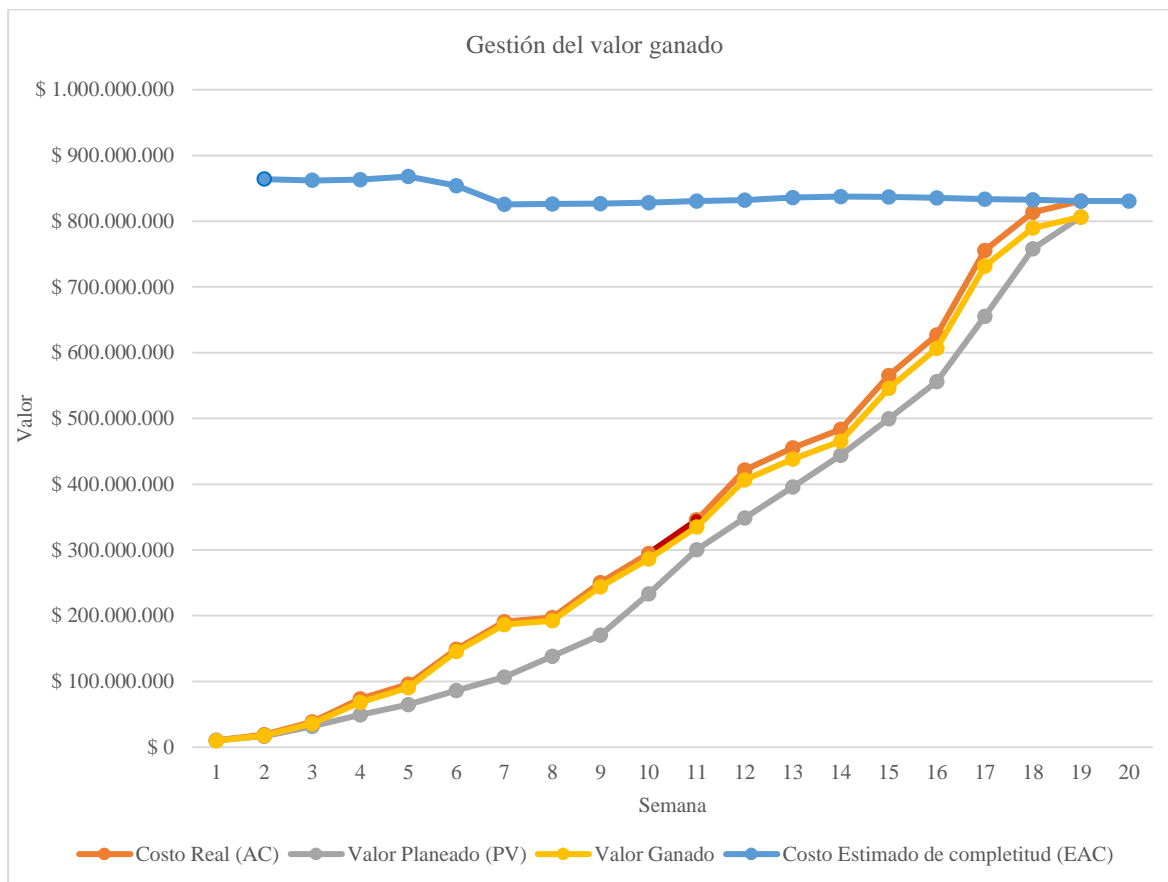
	Semana				
	16	17	18	19	
Variación del Costo (CV)	-\$ 20.323.688	-\$ 23.762.662	-\$ 23.835.510	-\$ 24.378.366	
Variación del cronograma (SV)	\$ 50.548.028	\$ 76.477.299	\$ 31.415.382	\$ -	
Índice de desempeño del costo (CPI)	0,97	0,97	0,97	0,97	
Índice del desempeño del cronograma (SPI)	1,09	1,12	1,04	1,00	
Costo Estimado de completitud (EAC)	\$ 833.533.689	\$ 832.698.436	\$ 830.858.459	\$ 830.895.552	
índice del Desempeño del trabajo por completar (TCPI)	1,11	1,47	-2,37	0,00	
Variación a la conclusión (VAC)	-\$ 27.016.504	-\$ 26.181.250	-\$ 24.341.274	-\$ 24.378.366	

Estimación hasta la conclusión (ETC)	\$ 833.533.689	\$ 832.698.435	\$ 830.858.459	\$ 830.895.551
--------------------------------------	----------------	----------------	----------------	----------------

*Nota. Elaborado por el autor*

### Figura 34

#### *Gestión del valor ganado. Jardín Infantil Bella Vista*



*Nota. Elaborado por el autor*

- **VARIACIÓN DEL COSTO (CV) Y VARIACIÓN DEL CRONOGRAMA (SV):**  
Durante el periodo de ejecución, los costos están por encima de lo planificado, debido a que el presupuesto original no contaba con actividades necesarias que se fueron realizando. Luego, el presupuesto inicial será completado antes de tiempo.
- **ÍNDICE DE DESEMPEÑO DEL COSTO (CPI) E ÍNDICE DEL DESEMPEÑO DEL CRONOGRAMA (SPI):** Indican que los costos reales están adelantados respecto al presupuesto original, al ser valores superiores a 1.

- **COSTO ESTIMADO DE COMPLETITUD (EAC):** La estimación del monto a utilizar va disminuyendo a medida que transcurren las semanas, pasando desde \$863.923.102,63 a \$830.895.552,00.
- **ÍNDICE DEL DESEMPEÑO DEL TRABAJO POR COMPLETAR (TCPI):** El cálculo para las primeras 16 semanas da como resultado aproximado uno (1), indicando la efectividad mantenida para finalizar acorde con lo planificado, por lo tanto, se espera que se mantenga estable en las siguientes semanas. En la semana 17, el índice aumenta a 1,47 y para la semana 18 el índice baja a -2,37, debido a que, para esta semana se supera el monto planificado.
- **VARIACIÓN A LA CONCLUSIÓN (VAC):** Para cada semana, se observa que los costos están por encima de lo estimado, sin embargo, teniendo en cuenta los costos directos para los frentes culminados, se calcula que, el presupuesto destinado para completar las actividades no debe superar \$830.938.618. Finalmente, se tiene un excedente de \$43.066,00.

#### **8.2.4. Factores que afectan el rendimiento de las actividades**

##### **8.2.4.1. Factor clima**

- Estado del tiempo: Condiciones climáticas como precipitaciones han dado lugar a incumplimiento de las actividades ya que, intervenciones en cubierta, cerramiento y adecuación de las zonas de juegos se realizan a la intemperie y es necesario suspenderlas momentáneamente.

##### **8.2.4.2. Factor actividad**

- Discontinuidad: En el jardín “Risitas Infantiles” se afectó negativamente la ejecución de las actividades, por tal motivo, se observó un retraso en los capítulos correspondiente debido a que se requería realizar actividades no previstas como la construcción de un huevo hall, alterando el espacio existente.
- Orden y aseo: En los frentes se realiza un día a la semana una jornada de aseo, para mantener limpios los espacios. Además, con frecuencia se realiza la actividad de limpieza de escombros, mediante un vehículo de carga.
- Tipicidad: En los tres jardines se realizan actividades similares, como la instalación de tubería para la red contra incendios, el suministro e instalación de los sensores y demás equipos; también la instalación de enchape, construcción de media caña en granito pulido y adecuación de una zona de juegos en los patios.
- Tajo: Se debe a la realización de las actividades en espacios limitados, tal es el caso en los jardines Risitas Infantiles y Bella Vista, donde no se disponía de todo el espacio debido a que algunos salones se utilizaban para almacenar mobiliario de los otros espacios.

#### **8.2.4.3. Factor equipamiento**

- Elementos de protección: El personal cuenta con elementos de protección que son suministrados periódicamente, garantizando la seguridad en la ejecución, evitando obstruir el normal desarrollo.
- Mantenimiento y equipo: Se realiza la gestión para asegurar equipos que faciliten las actividades y que garanticen calidad durante el uso. Además, se revisan y se realiza el mantenimiento.

#### **8.2.4.4. Factor supervisión**

- Seguimiento: Mediante las herramientas Last Planner System y Earned Value Management se hace el seguimiento.
- Gestión de calidad: Se hace seguimiento junto a la interventoría, con el fin de garantizar la calidad del producto de las actividades. Adicionalmente, el director de obra entrega manuales de mantenimiento y determina las condiciones por las que aplicaría la garantía.

#### **8.2.4.5. Factor trabajador**

- Habilidad y conocimientos: Se garantiza que los jefes de las cuadrillas tienen la habilidad y conocimientos necesarios para que se ejecute las actividades correctamente, y en el tiempo planeado, además de que, por experiencia, sepan proponer soluciones. Por ejemplo, en el jardín Bella Vista, se realizó el cambio del cerramiento, por tanto, era necesario colocar un cerramiento provisional a base de madera y lona, sin embargo, no era estable; se solucionó movilizándolo algunos

centímetros el cerramiento en malla, garantizando seguridad y espacio amplio para trabajar.

- Otro aspecto fue el relacionado al Covid 19, presentado desde el 13 al 25 de mayo.

### 8.3. Fase 3. Actividades finales

Se recopila información de la fase 1 y 2, en cuanto a las cantidades de obra calculadas, los planos de referencia para realizar las memorias e informes semanales que se presentan a interventoría, desglosando el avance de las actividades. Se recalca que los archivos correspondientes a esta etapa se presentan como anexos.

#### 8.3.1. Informes semanales

Se realizan informes semanales para cada jardín Infantil, en el cual se presentan Curvas “S”, indicando el avance ejecutado y programado. También se realiza la comparación entre los dos porcentajes para cada capítulo.

#### 8.3.2. Memorias de cálculo para actas

Se calculan para cada actividad, con información que detalla la ubicación, dimensiones, entre otros:

### Figura 35

*Formato para el ingreso de los valores necesarios para calcular las cantidades de obra.*

MEMORIA DE CÁLCULO CANTIDADES DE OBRA						CÓDIGO:	VERSIÓN: 1
						CÓDIGO DOCUMENTAL:	
						Hoja: ___ de ___	
ACTA PARCIAL DE OBRA No. 01							
FECHA:	PERIODO DESDE EL 3 DE JULIO HASTA EL 2 DE AGOSTO DE 2021						
TIPO DE CONTRATO:	CONTRATO DE OBRA PÚBLICA (COP)					CONTRATO No.:	377 de 2020
OBJETO:	*CONTRATAR MEDIANTE EL SISTEMA DE PRECIOS FIJOS UNITARIOS Y A MONTO AGOTABLE LAS ACTIVIDADES PARA ADECUAR Y/O REPARAR LA ESTRUCTURA FÍSICA DE TRES (3) JARDINES INFANTILES DE LA SECRETARÍA DISTRITAL DE INTEGRACIÓN SOCIAL PARA LA ATENCIÓN DE LA PRIMERA INFANCIA EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY, SEGÚN LOS ESTUDIOS PREVIOS, ANEXO TÉCNICO, PLIEGO DE CONDICIONES Y DEMÁS DOCUMENTOS QUE HACEN PARTE INTEGRAL DEL PROCESO*.						
CONTRATANTE	FONDO DE DESARROLLO LOCAL DE KENNEDY	NIT. o CC.	899.999.061-9				
INTERVENTOR	ORTEGA ROLDAN Y CIA S. A. S.	NIT. o CC.	860.090.531-4	CONTRATO N°	381 DE 2020		
CONTRATISTA	ADRIANA ELENA ALVAREZ RIVERA	NIT. o CC.	24.050.401	CONTRATO N°	377 de 2020		
MEMORIA DE CÁLCULO DE CANTIDADES DE OBRA - ACTA PARCIAL 01							
UBICACIÓN EN EL PLANO	ITEM	1.1.1	CERRAMIENTO EN LONA BLANCA CON PARRALES DE MADERA ANCLADOS AL PISO (AMARRE EN ALAMBRE H = 3.0 M)		UNIDAD	M	UBICACIÓN JARDIN INFANTIL BELLAVISTA
		DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES			TOTAL	
			LARGO	ANCHO	ALTO	ML	M2
			M1	M2	M3	CANT	M
							M2
							M3

*Nota. Elaborado por el autor*



### **8.3.3. Planos récord**

Se presentan planos organizados de la siguiente manera:

#### **8.3.3.1. Jardín Infantil Satélite:**

- Red de detección de incendios (SDI).

#### **8.3.3.2. Jardín Risitas Infantiles:**

- Red de detección de incendios (SDI) y tipo de cielo raso instalado por espacio.
- Puertas cambiadas y luminarias.
- Información con respecto a las intervenciones realizadas en la zona verde.

#### **8.3.3.3. Jardín Infantil Bella Vista:**

- Red de detección de incendios (SDI).
- Tipo de cielo raso instalado por espacio.
- Tipo de acabado de piso.
- Luminarias instaladas.
- Puertas cambiadas.
- Intervenciones para la zona de juegos.
- Características del cerramiento.

## 9. Discusión

En el desarrollo del contrato se ha presentado una importante escasez de materiales, resultado del impacto de suspensión de actividades de las fábricas en Pandemia, así como otros casos puntuales de falta de suministros. Esto ha originado un incremento importante en los costos del contrato, además de restricciones en opciones disponibles de acabados. El insumo que ha reportado mayor incremento ha sido el acero. Igualmente se ha presentado escasez. Otros insumos como el PVC y policarbonatos, han presentado escasez e incrementos de precio.

El insumo que ha reportado mayor incremento ha sido el acero. Como se indicó previamente, este material es difícil de conseguir por lo cual el criterio de compra no aplica costo sino disponibilidad. Este insumo diariamente está subiendo y elementos como los de los cerramientos correspondientes a perfilería y mallas, han subido al compararse con los meses anteriores.

Otro aspecto coyuntural que ha tenido impactos en el contrato ha sido la situación de paro nacional. Esto ha ocasionado traumatismos en los siguientes aspectos:

- Ausentismo de personal: La falta de movilidad, cierres y protestas en estaciones de Transmilenio sobre la avenida las Américas y glorieta Tintal, ha ocasionado que personal que vive lejos de la zona, no logre llegar a desempeñar su función. Las jornadas de mayor impacto en la manifestación se han presentado los miércoles por lo cual, el personal ha debido terminar jornadas a las 2 pm para que se puedan movilizar a sus hogares. El personal ha tenido que desplazarse a sus casas a pie, por la falta de transporte público.
- Comités técnicos virtuales: Las jornadas de movilización han implicado que los comités se realicen de forma virtual, dadas las agendas de los asistentes y las indicaciones de evitar reuniones para ciertos días por parte de la Alcaldía

- Suspensión de labores por parte del gremio de volqueteros: Esto genera que algunos días, especialmente los miércoles, no sea posible hacer retiro de escombros, así como ingreso de materiales pétreos a la obra.
- Cierre de establecimientos de comercio: Algunas ferreterías no han prestado servicio en ciertos días y otras funcionan a puerta cerrada. No obstante, los despachos están suspendidos por temor a sucesos de orden público.
- Cierres viales en los accesos a Bogotá: Estos cierres han ocasionado desabastecimiento en algunos elementos que tienen fabricación en zonas diferentes de la ciudad. Esto sumado a la falta de stock en bodegas por el impacto del cierre de fábricas por la pandemia COVID, ha agravado la situación de escasez de material.

Durante el desarrollo de las labores, se han presentado precipitaciones en las horas de la tarde en su mayoría. De esta manera cada vez que se presentan lluvias, es necesario suspender actividades en exteriores hasta que sea posible reiniciar.

Considerando los factores anteriores, se analiza lo siguiente:

- Jardín Infantil Satélite: El retraso inicial se debe a la no disponibilidad de los espacios requeridos y que, a la fecha de inicio de las actividades para este jardín, se necesitaba la aprobación de documentación. Esto afecta para la segunda semana, de igual manera se sigue estando en retraso en cuanto a la ejecución del presupuesto y cronograma. Además, por restricciones como la definición del dimensionamiento del cuarto de cerramiento, hicieron que el capítulo correspondiente se retrasara. Esto desencadenó que para la semana 3, se deba ejecutar a un rendimiento de 109% si se quieren evitar retrasos posteriores. En la semana 3, no se cumple en su totalidad con el objetivo, al estar ejecutando las actividades a un ritmo del 56% de

lo planeado, y que por cada peso invertido se obtenga \$0,83. Finalmente, las actividades se completan en la semana 4, al estar desarrollándolas a un ritmo de 124% previsto inicialmente y se obtenga \$1,14 por cada peso invertido, esto gracias a la culminación de las tareas que comprenden el cerramiento o cuarto de bombas. Se culmina este frente, una semana antes de lo planeado, y con \$5.325.422 por debajo del presupuesto estimado.

- Jardín Risitas Infantiles: El adelanto en la primera semana se debe al inicio de las actividades una semana antes de la planeación, como respuesta al retraso en el jardín Satélite. El 8 de marzo, una semana después de iniciar la ejecución, la supervisión propone la modificación de 2 espacios, siendo inicialmente un cuarto de lavado y sala materna, ahora con un espacio de hall que permita la circulación desde el hall principal hasta el patio; esta decisión influye en el alcance de actividades, aumentándolas. Sin embargo, las actividades fueron realizadas sin presentarse retrasos en el cronograma con valores superiores a los del índice TCPI, donde el ritmo para la culminación de las tareas llega a bajar hasta un 13%; además, los fondos se utilizaron eficientemente. Adicionalmente, en la programación se ven retrasos entre la semana 10 y 14 promedias a 1%, no obstante, representan acabados como pintura en rejas, instalación de esquineros en espuma y griferías para las baterías sanitarias. Por último, se tienen \$45.431.032 no invertidos.

- Jardín Infantil Bella Vista: Durante 19 semanas ejecutadas, no se presentaron retrasos con respecto al control de avance de obra, aunque es notable que en la semana 9, no se alcanza a ejecutar el avance programado para esa semana, debido a contagios de Covid 19 presentados en el personal, que se convierte en

errores de ejecución de las actividades. No obstante, durante las semanas posteriores no se requiere un ritmo superior al programado. En cuanto al desempeño del costo y el cronograma, se desarrollaron acorde a lo planeado, terminando así el 2 de agosto. Cabe mencionar, que el valor planeado inicial era de \$806.517.186 y los costos reales son de \$830.895.552; se observa un superávit en cuanto a la distribución de fondos. Sin embargo, del Jardín Risitas Infantiles y Satélite se logra cubrir esta variación del costo para este frente.

Finalmente, el presupuesto total ejecutado real es de \$1.427.649.949, y los costos directos de las condiciones del contrato es de \$1.427.667.408; se observa un valor no ejecutado de \$17.459.

## 10. Conclusiones

Mediante la verificación del alcance de las actividades por medio de la modelación en software como Revit y AutoCAD, para el cálculo de cantidades, se iba ajustando el presupuesto. Sin embargo, se elaboraron balances periódicos y a medida que se ejecutaban las actividades, se realizaba el ajuste, teniendo en cuenta que, durante el proceso, fue necesario por parte del director de obra realizar los correspondientes Análisis de Precios Unitarios para que fuesen aprobados y tenidos en cuenta su costo directo total.

Se realizó el control de las actividades de la programación, mediante el cálculo de los porcentajes de avance de obra, analizando que las actividades se ejecutaron hasta el 02 de agosto, fecha límite acordada. No obstante, factores como las condiciones climáticas, actividades imprevistas y del personal hicieron que el rendimiento no fuera lo suficiente como para cumplir con el porcentaje de avance en algunos capítulos de actividades, en ciertos períodos semanales. Sin embargo, el director de obra tomó medidas para evitar que se retrasara la programación.

La herramienta “Last Planner” de la filosofía de Lean Construction Institute, permitió planear acertadamente, anticipando las restricciones que pueden llegar a presentarse al momento del desarrollo de la actividad; por ejemplo, en cuanto a materiales, diseños y decisiones que deben ser tomadas en compañía de la supervisión e interventoría. En cuanto a los materiales, también fueron causantes de incumplimiento, al revisar los motivos por los cuales no se ejecutaron algunas actividades; aunque se había realizado los pedidos mediante el análisis de restricciones que abarca el Plan Semanal, factores como los inconvenientes en la movilidad producto de las manifestaciones, el cierre en los accesos a Bogotá y suspensión de establecimientos de comercio, hicieron que la llegada de los insumos necesarios fuera tardía. No obstante, los capítulos de cada frente, tenían holgura, por lo tanto, el incumplimiento no fue notorio, y de esta manera no fue

necesario aplazar actividades. Además, permitió seleccionar las tareas que no se iban a realizar, porque no eran prescindibles o no estaba el espacio donde, al parecer, según el planteamiento de las condiciones de oferta, debían ejecutarse.

La herramienta “Earned Value Management” de la metodología del Project Management Institute permitió controlar simultáneamente el alcance, el costo y el plazo del proyecto; evaluando la gestión del presupuesto mediante el análisis del desempeño del trabajo, estimación del valor a la conclusión y proyección del ritmo de trabajo a cumplir para abarcar el presupuesto. Por lo tanto, este análisis permitió mantener un margen y disponer del monto para distribuirlo en los capítulos necesarios, evitando exceder los costos de las condiciones del contrato. También, mediante el cálculo y análisis de los índices de desempeño del trabajo a completar, desempeño del costo y desempeño del cronograma, facilitaron prever el cómo acabaría el proyecto, y permitiendo la toma de decisiones, por tal motivo, los fondos se utilizaron de forma efectiva y el porcentaje de ejecución originalmente planificado se mantuvo en la mayoría de las semanas.

Durante la ejecución de las actividades, se hicieron los entregables que incluyen informes semanales de avance de obra, memorias de cálculo y planos récord; los cuales fueron base para efectuar las herramientas “Last Planner System” y “Earned Value Management”. Como se recalcó anteriormente, se realizaron periódicamente balances, por lo tanto, antes de tener el valor final ejecutado, se tenían supuestos en un rango cercano a este, permitiendo desarrollar las herramientas mencionadas.

Mediante la implementación de las herramientas se contribuyó en el control del cronograma y presupuesto. Además, se comprueba que el uso de metodologías puede evitar retrasos o costos superávit, manteniendo un margen en los fondos a utilizar y distribuyéndolos en

las tareas ejecutables y necesarias, anticipando obstáculos que se puedan presentar y mejorando semana a semana el ritmo de ejecución, con el fin de llevar a cabo el proyecto sin demoras.



## 11. Recomendaciones

La implementación de herramientas como “Last Planner System” y “Earned Value Management” permiten controlar la ejecución dentro del cronograma definido y una cantidad de fondos establecidos como meta, impidiendo basar el proyecto en supuestos y sin dejar de lado la calidad y seguridad. Según investigaciones, son utilizadas no únicamente en la construcción sino en más ámbitos que requieran un control de la vida útil de un proyecto. Por lo tanto, también se recomienda ampliar la investigación para adaptar las herramientas a las condiciones que se requieran.

Se recomienda realizar las modelaciones necesarias en software de digitalización de datos como Revit o AutoCAD, preferiblemente, antes del inicio de las actividades; con esto se busca aproximar el presupuesto a condiciones reales en caso de que el proyecto se trate de obras de mantenimiento. En el transcurso de las actividades se van ajustando las cantidades necesarias acorde con los resultados de las herramientas para evitar que haya sobrecostos o se sobre pase el periodo de ejecución permitido.

Es necesario efectuar las planeaciones analizando cada actividad a realizar, con el fin de observar qué impedimentos se tienen que evitar para iniciar las tareas. Si el proyecto requiere subcontratar cada capítulo, se recomienda explicar la metodología de las herramientas para que cada responsable realice un estudio de los resultados y se logren socializar y plantear objetivos de mejora para las siguientes semanas, y evitar incurrir en los mismos errores.

## 12. Bibliografía

- Aibinu, A., & Jagboro, G. (s.f.). The effects of construction delays on Project delivery in Nigerian construction industry. *International Journal of Project management*, vol 20, no 1, 593-599.
- Alcaldía Mayor de Bogotá D.C, C. D. (2013). *Catastro Bogotá*. Obtenido de <https://www.catastrobogota.gov.co/sites/default/files/archivos/kennedy.pdf>
- Andrade, M., & Arrieta, B. (2011). Last planner en subcontrato de empresa constructora. *Revista de La Construccion*, 10(1), 36–52. <https://doi.org/10.4067/s0718-915x2011000100005>
- Ballard, H. G. (2000). *The Last Planner System of Production Control*. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84866096605&partnerID=tZOtx3y1%0Ahttps://www.omicsgroup.org/journals/lean-thinking-an-overview-2169-0316-1000159.php?aid=53404%0Ahttp://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0969701200000137%0Ahttp://www.>
- Botero, L., & Alvarez, M. (2005). Last planner, un avance en la planificación y control de proyectos de construcción: Estudio del caso de la ciudad de Medellín. *Ingeniería y Desarrollo*, 17, 148–159.
- Burgos Marín, M., & Vela Ávila, D. (2015). *Análisis de las causas del incumplimiento de la programación en las obras civiles*. Universidad Militar Nueva Granada.
- Elganar, H., & Yates, J. (1997). Construction documentation used as indicators of delays. *Cost Eginering*, vol 39, no 8, 31-37.
- Fernando, L., & Botero, B. (2002). *Análisis de Rendimientos*. 9–22.
- García Reyes, J., Echeverry Campos, D., & Mesa Hernández, H. (2017). *Gerencia de proyectos. Aplicación a proyectos de construcción de edificaciones*. Bogotá: Universidad de Los Andes.

- Lopez, A. (2020). *Implementación Del Last Planner System Y La Metodología Bim En La Planificación Y Programación De Obra En Un Proyecto De Edificación Edificación En La Ciudad Universitaria De La Una.*
- Patricia, S., & Vanegas, V. (2013). *La filosofía LEAN aplicada en la Gerencia de proyectos.* Universidad Nacional de Colombia.
- Pinzón Rincón, J. L., & Remolina Milla, A. (2017). *Evaluación de herramientas para la gerencia de proyectos de construcción basados en los principios del PMI y la experiencia.* 15, 51–59.
- Pons Achell, J. F. (2014). *Introducción a Lean Construction.*
- Porras Díaz, H., Sánchez Rivera, O. G., & Galvis Guerra, J. A. (2014). Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: revisión actual. *AVANCES Investigación En Ingeniería, 11*, 32–53.
- Project Management Institute, P. (2017). *A guide to the Project Management Body of Knowledge. PMBOK GUIDE.* (Sexta).
- Rasheed Mohammed, S., & Jafar, S. S. (2011). CONSTRUCTION DELAY ANALYSIS USING DAILY WINDOWS TECHNIQUE. *Journal of Engineering, 17*(October).
- Rodríguez Fernández, A. D., Alarcón Cárdenas, L. F., & Pellicer Armiñana, E. (2011). La gestión de la obra desde la perspectiva del último planificador. *Revista de Obras Públicas*, 1–9.
- Rudeli, N., González, E. V. J., & Santilli, A. (2018). *Causas de Retrasos en Proyectos de Construcción : Un análisis cualitativo.* 16, 71–84.
- Schiele, J. J., & McCue, C. P. (2011). Lean thinking and its implications for public procurement: Moving forward whit assessment and implementation. *JOURNAL OF PUBLIC PROCUREMENT, 11*(2), 206–239.
- Wideman, R. M. (1985). *The Project Management Institute In the Beginning . . .* 1–5.

## Anexos

- Anexo 1. Programación de Jardín Satélite proporcionada por el contratista.
- Anexo 2. Programación de Jardín Satélite con ruta crítica real.
- Anexo 3. Programación de Jardín Risitas Infantiles proporcionada por el contratista.
- Anexo 4. Programación de Jardín Risitas Infantiles con ruta crítica real.
- Anexo 5. Programación de Jardín Bella Vista proporcionada por el contratista.
- Anexo 6. Programación de Jardín Risitas Bella Vista con ruta crítica real.
- Anexo 7. Tablas de la herramienta LEAN para Jardín Satélite.
- Anexo 8. Tablas de la herramienta LEAN para Jardín Risitas infantiles.
- Anexo 9. Tablas de la herramienta LEAN para Jardín Bella Vista.
- Anexo 10. Tablas de la herramienta EVM para Jardín Satélite.
- Anexo 11. Tablas de la herramienta EVM para Jardín Risitas Infantiles.
- Anexo 12. Tablas de la herramienta EVM para Jardín Bella Vista.
- Anexo 13. Informes semanales del Jardín Satélite.
- Anexo 14. Informes semanales del Jardín Risitas Infantiles.
- Anexo 15. Informes semanales del Jardín Bella Vista.
- Anexo 16. Planos récord para cada jardín
- Anexo 17. Registro fotográfico antes y después
- Anexo 18. Memorias de cálculo para el jardín Satélite.
- Anexo 19. Memorias de cálculo para el jardín Risitas Infantiles.
- Anexo 20. Memorias de cálculo para el jardín Bella Vista.