



**UNIVERSIDAD CATÓLICA**  
**de Colombia**  
Vigilada Mineducación

TRABAJO DE GRADO

ANÁLISIS DE TIEMPOS Y COSTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE  
IMPRESORAS 3D PARA PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN  
DESARROLLADOS EN COLOMBIA CON METODOLOGIA BIM

Presentado por:

MATEUS MALAGON JEFFERSON ARMENDIS  
PAREDES ACOSTA JUAN ANDRES

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE OBRA  
BOGOTÁ D.C, COLOMBIA  
2020



**UNIVERSIDAD CATÓLICA**  
**de Colombia**  
Vigilada Mineducación

**ANÁLISIS DE TIEMPOS Y COSTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE  
IMPRESORAS 3D PARA PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN  
DESARROLLADOS EN COLOMBIA CON METODOLOGIA BIM.**

**MATEUS MALAGON JEFFERSON ARMENDIS  
PAREDES ACOSTA JUAN ANDRES**

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
ESPECIALISTA EN GERENCIA DE OBRA**

**DIRECTOR:  
INGENIERO. VARGAS JUAN SEBASTIAN**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE OBRA  
BOGOTÁ D.C, COLOMBIA  
2020**

## NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del Jurado

---

Firma del Jurado

**Bogotá, D.C, Mayo de 2020.**



## Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:  
**Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)**

Para leer el texto completo de la licencia, visita:  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

### Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

hacer obras derivadas

### Bajo las condiciones siguientes:



**Atribución** — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



**No Comercial** — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

## AGRADECIMIENTOS

Al director del proyecto el Ingeniero Juan Sebastián Vargas, por su dedicación, colaboración, disposición y orientación en la realización de esta investigación. Al ingeniero Federico Saldarriaga, profesional innovación de Concreto, por los conocimientos y apoyo brindados para la realización del mismo.

## TABLA DE CONTENIDO

|   | <b>Pág.</b> |
|---|-------------|
| INTRODUCCIÓN .....  | 19          |
| 1. GENERALIDADES .....  | 21          |
| 1.1 Línea de investigación .....  | 21          |
| 1.2. Planteamiento del problema .....   | 21          |
| 1.2.1. Antecedentes del problema .....  | 24          |
| 1.2.2. Pregunta de investigación .....  | 28          |
| 1.2.3. Variables del problema .....   | 28          |
| 1.3. JUSTIFICACIÓN .....  | 29          |
| 1.4 HIPOTESIS .....   | 30          |
| 1.5 OBJETIVOS .....   | 31          |
| 2. MARCOS DE REFERENCIA .....   | 32          |
| 2.1 MARCO TEÓRICO.....  | 32          |
| 2.1.1. Impresión en 3D .....  | 32          |
| 2.1.2. ¿Qué es metodología bim? .....   | 33          |
| 2.1.3. Materiales de construcción .....   | 33          |
| 2.1.4. Consumo y rendimiento de la mano de obra .....                                   | 34          |
| 2.1.4.1. Factores de afectación de los rendimientos y consumos de<br>mano de obra ..... | 35          |
| 2.1.5. Mano de obra calificada y no calificada .....                                    | 35          |
| 2.1.6. Normatividad colombiana .....  | 36          |
| 2.2. MARCO CONCEPTUAL.....  | 36          |
| 2.3. MARCO JURÍDICO .....   | 40          |
| 2.4. MARCO GEOGRÁFICO .....   | 42          |
| 2.5. MARCO DEMOGRÁFICO .....  | 42          |
| 2.6. ESTADO DEL ARTE .....  | 43          |
| 3. METODOLOGÍA.....   | 57          |

|   |     |
|---|-----|
| 3.1. FASES DEL TRABAJO DE GRADO .....   | 57  |
| 3.1.1. Investigación.....   | 57  |
| 3.1.2. Factores de retrasos en los proyectos.....   | 57  |
| 3.1.3. Integración de la metodología BIM 2D, 3D, 4D y 5D a los casos de estudio .....                           | 57  |
| 3.1.3.1. Procedimientos previos para la vinculación de la metodología BIM 2D, 3D, 4D y 5D .....                 | 58  |
| 3.1.4. Simulación BIM 2D, 3D, 4D Y 5D en Navisworks Manage. ....  | 59  |
| 3.1.5. Análisis de costos y tiempos.....  | 59  |
| 3.2. INSTRUMENTOS O HERRAMIENTAS UTILIZADAS .....   | 59  |
| 3.2.1. Metodología BIM:.....  | 59  |
| 3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.....   | 60  |
| 3.4. ALCANCES Y LIMITACIONES .....  | 60  |
| 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....   | 61  |
| 4.1. EMPRESAS QUE IMPLEMENTAN LA IMPRESORA 3D (VENTAJAS Y DESVENTAJAS).....                                     | 61  |
| 4.1.1. COBOD – Dinamarca .....  | 61  |
| 4.1.2. CyBe Construction .....  | 63  |
| 4.1.3. Ventajas y desventajas .....   | 65  |
| 4.2. TIEMPOS Y COSTOS DE LOS PROYECTOS CONSTRUIDOS CON LA AYUDA DE LAS IMPRESORAS 3D Y LA METODOLOGIA BIM ..... | 65  |
| 4.2.1. Tiempos y costos de la construcción de muros con la impresora 3D.....                                    | 74  |
| 4.2.2. Cronogramas de los proyectos en MS Project (tiempos 4D) .....  | 84  |
| 4.2.3. Presupuestos en Excel (Costos 5D) .....  | 94  |
| 4.3. METODOLOGIA BIM E IMPRESORAS 3D.....   | 102 |
| 4.3.1. Modelación en AutoCAD (2D).....  | 102 |
| 4.3.2. Modelación en Revit (3D) .....   | 107 |
| 4.3.3. Microsoft Project – tiempo (4D) .....  | 117 |
| 4.3.4. Presupuestos en Excel (Costos 5D) .....  | 125 |

|   |     |
|---|-----|
| 4.3.5. Simulación de la metodología BIM 3D, 4D Y 5D en Navisworks Manage .....  | 132 |
| 4.4. COMPARACIÓN DE COSTOS Y TIEMPOS DE MODELO VIS VS MODELO IMPLEMENTACIÓN DE LAS IMPRESORAS 3D CON LA METODOLOGIA BIM ..... | 143 |
| 4.4.1. Microsoft Project – cronogramas en modelo VIS (tiempos 4D) .....   | 144 |
| 4.4.2. Presupuestos en Excel en modelo VIS (costos 5d).....   | 151 |
| 4.4.3. Comparación modelo VIS vs método de impresión en 3D.....   | 157 |
| 4.5. UTILIDAD DE USAR IMPRESORAS 3D Y METODOLOGIA BIM EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN.....                                       | 175 |
| 5. DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS ESPERADOS .....  | 192 |
| 5.1. APORTE DE LA ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE OBRAS .....  | 192 |
| 5.2. Cómo se responde a la pregunta de investigación con los resultados .....   | 193 |
| 5.3. Estrategias de comunicación y divulgación .....  | 193 |
| 6. NUEVAS ÁREAS DE ESTUDIO .....  | 194 |
| CONCLUSIONES .....  | 195 |
| BIBLIOGRAFÍA .....  | 198 |
| ANEXOS .....  | 204 |

## LISTA DE IMAGENES

|   | Pág. |
|---|------|
| <b>Imagen 1.</b> Casa y edificio de 5 pisos impresa por WINSUN .....                    | 25   |
| <b>Imagen 2.</b> Castillo del jardín de Andy Rudenko.....                               | 25   |
| <b>Imagen 3.</b> Oficinas del futuro – Dubai. ....                                      | 26   |
| <b>Imagen 4.</b> Apis Cor – Moscú (Rusia).....  | 26   |
| <b>Imagen 5.</b> El BOD - Nordhavn, Copenhague – Europa.....                            | 27   |
| <b>Imagen 6.</b> Casa Origami en Medellín. ....   | 27   |
| <b>Imagen 7.</b> Impresión en 3D. ....  | 32   |
| <b>Imagen 8.</b> Módulos de la impresora BOD <sub>2</sub> .....                         | 61   |
| <b>Imagen 9.</b> Interfaz del panel táctil BOD <sub>2</sub> .....                       | 62   |
| <b>Imagen 10.</b> La interfaz web de BOD <sub>2</sub> .....                             | 62   |
| <b>Imagen 11.</b> Software de CyBe Contruction. ....                                    | 64   |
| <b>Imagen 12.</b> Impresora 3D con 1 módulo. ....                                       | 67   |
| <b>Imagen 13.</b> BOD <sub>2-111</sub> .....  | 67   |
| <b>Imagen 14.</b> Impresora 3D con 2 módulos. ....                                      | 67   |
| <b>Imagen 15.</b> BOD <sub>2-253</sub> .....  | 67   |
| <b>Imagen 16.</b> Impresora 3D con 3 módulos .....                                      | 68   |
| <b>Imagen 17.</b> BOD <sub>2-3183</sub> .....   | 68   |
| <b>Imagen 18.</b> Esquema representativo de paredes exteriores e interiores. ....       | 70   |
| <b>Imagen 19.</b> Cotización de envío de impresora a Colombia. ....                     | 70   |
| <b>Imagen 20.</b> Impresora 3D móvil .....  | 71   |
| <b>Imagen 21.</b> Impresora Fija. ....  | 72   |
| <b>Imagen 22.</b> Cotización de envío de impresora a Colombia. ....                     | 73   |
| <b>Imagen 23.</b> Cálculo de material, tiempo y costo del proyecto de la vivienda. .... | 74   |
| <b>Imagen 24.</b> Cálculo de material, tiempo y costo del proyecto de las oficinas..... | 77   |
| <b>Imagen 25.</b> Cálculo de material, tiempo y costo del proyecto del local. ....      | 79   |
| <b>Imagen 26.</b> Cálculo de material, tiempo y costo del proyecto de la bodega.....    | 81   |
| <b>Imagen 28.</b> Ruta Crítica de la vivienda en 3D. ....                               | 87   |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Imagen 29.</b> Cronograma de oficina 3D.....                                      | 88  |
| <b>Imagen 30.</b> Cronograma del local 3D.....                                       | 90  |
| <b>Imagen 31.</b> Cronograma de la bodega 3D. ....                                   | 92  |
| <b>Imagen 32.</b> Presupuesto de la vivienda 3D.....                                 | 95  |
| <b>Imagen 33.</b> Presupuesto de la oficina 3D.....                                  | 97  |
| <b>Imagen 34.</b> Presupuesto del local 3D.....                                      | 98  |
| <b>Imagen 35.</b> Presupuesto de la Bodega 3D.....                                   | 100 |
| <b>Imagen 35.</b> Plano de planta arquitectónico de la vivienda en AutoCAD.....      | 103 |
| <b>Imagen 36.</b> Detalles de la fachada de la vivienda en AutoCAD. ....             | 104 |
| <b>Imagen 36.</b> Plano de planta arquitectónico de la oficina en AutoCAD. ....      | 105 |
| <b>Imagen 37.</b> Detalles de la fachada de la oficina en AutoCAD. ....              | 105 |
| <b>Imagen 38.</b> Plano de planta arquitectónico del local en AutoCAD. ....          | 106 |
| <b>Imagen 39.</b> Detalles de la fachada del local en AutoCAD. ....                  | 106 |
| <b>Imagen 40.</b> Plano de planta arquitectónico de la bodega en AutoCAD.....        | 107 |
| <b>Imagen 43.</b> Implantación de zapatas y acero.....                               | 109 |
| <b>Imagen 44.</b> Implantación de zapatas y acero.....                               | 109 |
| <b>Imagen 45.</b> Implantación de columnetas y acero. ....                           | 110 |
| <b>Imagen 46.</b> Implantación de columnetas y acero. ....                           | 110 |
| <b>Imagen 47.</b> Vigas de cimentación y de corona y acero.....                      | 110 |
| <b>Imagen 48.</b> Concreto para vigas de corona y acero.....                         | 111 |
| <b>Imagen 49.</b> Creación de placa de piso. ....                                    | 111 |
| <b>Imagen 50.</b> Creación de muros, puertas y ventanas. ....                        | 112 |
| <b>Imagen 51.</b> Creación de muros, puertas y ventanas. ....                        | 112 |
| <b>Imagen 52.</b> Diseño de redes sanitarias. ....                                   | 113 |
| <b>Imagen 53.</b> Diseño de redes sanitarias.....                                    | 113 |
| <b>Imagen 54.</b> Decoración arquitectónica.....                                     | 113 |
| <b>Imagen 55.</b> Decoración arquitectónica.....                                     | 114 |
| <b>Imagen 26.</b> Decoración arquitectónica.....                                     | 114 |
| <b>Imagen 57.</b> Creación del cielo raso, cubierta y tanque de almacenamiento. .... | 114 |
| <b>Imagen 58.</b> Vivienda 3D fachada delantera en Revit.....                        | 115 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Imagen 59.</b> Vivienda 3D parte trasera en Revit.....                                     | 115 |
| <b>Imagen 60.</b> Vivienda 3D fachada lateral en Revit.....                                   | 115 |
| <b>Imagen 61.</b> Vivienda 3D Interior en Revit.....  | 115 |
| <b>Imagen 62.</b> Oficina 3D fachada delantera en Revit .....                                 | 115 |
| <b>Imagen 63.</b> Oficina 3D parte trasera en Revit .....                                     | 115 |
| <b>Imagen 64.</b> Oficina 3D parte trasera en Revit .....                                     | 116 |
| <b>Imagen 65.</b> Oficina 3D Interior en Revit .....  | 116 |
| <b>Imagen 66.</b> Local 3D fachada principal en Revit .....                                   | 116 |
| <b>Imagen 67.</b> Local 3D parte trasera en Revit.....  | 116 |
| <b>Imagen 68.</b> Local 3D parte trasera Revit.....   | 116 |
| <b>Imagen 69.</b> Bodega 3D fachada lateral en Revit.....                                     | 116 |
| <b>Imagen 70.</b> Bodega 3D parte trasera en Revit .....                                      | 117 |
| <b>Imagen 71.</b> Bodega 3D parte trasera en Revit .....                                      | 117 |
| <b>Imagen 73.</b> Cronograma de oficina 3D.....   | 119 |
| <b>Imagen 74.</b> Cronograma del local 3D.....  | 121 |
| <b>Imagen 75.</b> Cronograma de la bodega 3D. ....  | 123 |
| <b>Imagen 76.</b> Presupuesto de la vivienda 3D.....  | 126 |
| <b>Imagen 77.</b> Presupuesto de la oficina 3D.....   | 127 |
| <b>Imagen 78.</b> Presupuesto del local 3D.....   | 129 |
| <b>Imagen 79.</b> Presupuesto de la Bodega 3D.....  | 130 |
| <b>Imagen 80.</b> Project ID.....   | 132 |
| <b>Imagen 81.</b> Revit ID.....   | 133 |
| <b>Imagen 82.</b> Carga de archivo Revit a Navisworks.....                                    | 133 |
| <b>Imagen 83.</b> Carga de archivo Revit a Navisworks.....                                    | 134 |
| <b>Imagen 84.</b> Carga de archivo Revit a Navisworks.....                                    | 134 |
| <b>Imagen 85.</b> Función Time-Liner.....   | 135 |
| <b>Imagen 86.</b> Simulación 4D y 5D - Avance constructivo de la vivienda semana 9.<br>.....  | 136 |
| <b>Imagen 87.</b> Simulación 4D y 5D - Avance constructivo de la vivienda semana 10.<br>..... | 136 |

**Imagen 88.** Simulación 4D y 5D - Avance constructivo de la vivienda semana 12.  
 ..... 137

**Imagen 89.** Simulación 4D y 5D - Avance constructivo de la oficina semana 9. .137

**Imagen 90.** Simulación 4D y 5D - Avance constructivo de la oficina semana 10.  
 ..... 138

**Imagen 90.** Simulación 4D y 5D - Avance constructivo de la oficina semana 11.  
 ..... 138

**Imagen 91.** Simulación 4D y 5D - Avance constructivo del local semana 9. .... 139

**Imagen 92.** Simulación 4D y 5D - Avance constructivo del local semana 11. .... 139

**Imagen 93.** Simulación 4D y 5D - Avance constructivo del local semana 12. .... 140

**Imagen 94.** Simulación 4D y 5D - Avance constructivo de la bodega semana 9. 140

**Imagen 95.** Simulación 4D y 5D - Avance constructivo de la bodega semana 11.  
 ..... 141

**Imagen 96.** Simulación 4D y 5D - Avance constructivo de la bodega semana 14.  
 ..... 141

**Imagen 97.** Cronograma de la vivienda por el modelo VIS. .... 144

**Imagen 101.** Cronograma de actividades de la vivienda por el modelo VIS. .... 151

**Imagen 102.** Cronograma de actividades de la oficina por el modelo VIS ..... 152

**Imagen 103.** Cronograma de actividades del local por el modelo VIS ..... 154

**Imagen 104.** Cronograma de actividades de la bodega por el modelo VIS..... 156

**Imagen 105.** Cronograma de actividades sin tener en cuenta algunos parámetros.  
 ..... 160

## LISTA DE TABLAS

|   | <b>Pág.</b> |
|---|-------------|
| Tabla 1. Principales factores que afectan tiempos en proyectos de construcción.   | 22          |
| Tabla 2. Principales factores que afectan costos en proyectos de construcción. ..   | 22          |
| Tabla 3. Barreras y obstáculos en la implementación de BIM en las prácticas arquitectónicas.....                                  | 24          |
| Tabla 4. Estrategias de impresión.....  | 63          |
| Tabla 5. Ventajas y desventajas de usar Impresoras 3D de gran formato.....  | 65          |
| Tabla 6. Resumen de proyectos de construcción. ....   | 66          |
| Tabla 7. Cantidad de material por 19 m <sup>3</sup> .....   | 68          |
| Tabla 8. Cantidad de material por 1 m <sup>3</sup> .....  | 69          |
| Tabla 9. Resumen de empresas de impresoras 3D.....  | 73          |
| Tabla 10. Resumen de datos .....  | 83          |
| Tabla 11. Resumen Costo de muro por m <sup>2</sup> .....  | 84          |
| Tabla 13. Resumen de proyectos de construcción. ....  | 143         |
| Tabla 14. Resumen de tiempos de cada proyecto.....  | 158         |
| Tabla 15. Resumen de días con los muros de cada proyecto. ....  | 159         |
| Tabla 16. Proyección de viviendas .....   | 162         |
| Tabla 17. Resumen de datos de los días ahorrados con la impresión de muros en 3D .....  | 163         |
| Tabla 18. Resumen de datos de los días ahorrados con la impresión de muros en 3D – proyectando a 10 construcciones cada uno ..... | 163         |
| Tabla 19. Comparativo de viviendas por capítulos. ....  | 164         |
| Tabla 20. Comparativo de ítems entre los métodos de estudio de la vivienda. ...   | 166         |
| Tabla 21. Resumen costos de vivienda en 3D. (Sin la compra de la impresora 3D) .....  | 167         |
| Tabla 22. Comparativo de oficina por capítulos.....   | 167         |
| Tabla 23. Comparativo de ítems entre los métodos de estudio de la oficina. ....   | 169         |

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 24. Resumen costos de oficina en 3D. (Sin la compra de la impresora 3D)   | 170 |
| Tabla 25. Comparativo de local por capítulos.                                   | 170 |
| Tabla 26. Comparativo de ítems entre los métodos de estudio del local.          | 172 |
| Tabla 27. Resumen costos del local en 3D. (Sin la compra de la impresora 3D)    | 173 |
| Tabla 28. Comparativo de la bodega por capítulos.                               | 173 |
| Tabla 29. Comparativo de ítems entre los métodos de estudio de la bodega.       | 175 |
| Tabla 30. Resumen costos de la bodega en 3D. (Sin la compra de la impresora 3D) | 176 |
| Tabla 31. Resumen de costos de cada proyecto.                                   | 176 |
| Tabla 32. Inversiones a realizar por la empresa.                                | 180 |
| Tabla 33. Ventas.   | 181 |
| Tabla 34. Estudio de mercados.  | 182 |
| Tabla 35. Costos Manejados como inversión.                                      | 182 |
| Tabla 36. Gastos.   | 183 |
| Tabla 37. Gastos del personal.  | 183 |
| Tabla 38. Resumen datos iniciales.  | 184 |
| Tabla 39. Flujo de Caja.  | 186 |
| Tabla 40. Tasa interna de retorno.  | 189 |
| Tabla 41. Ventas para 100 viviendas.  | 189 |
| Tabla 42. Ventas para 125 viviendas.  | 190 |
| Tabla 43. Ventas para 150 viviendas.  | 190 |
| Tabla 44. Ventas para 175 viviendas.  | 191 |

## LISTA DE GRAFICAS

|   | <b>Pág.</b> |
|---|-------------|
| Gráfica 1. Comparativo Capítulos vs Costos de la vivienda. ....             | 165         |
| Gráfica 2. Comparativo Capítulos vs Costos de la oficina. ....              | 168         |
| Gráfica 3. Comparativo Capítulos vs Costos del local. ....                  | 171         |
| Gráfica 4. Comparativo Capítulos vs Costos del local. ....                  | 174         |
| Gráfica 5. Diagrama de barras de diferencia de precios de la vivienda. .... | 177         |
| Gráfica 6. Diagrama de barras de diferencia de precios de la oficina.....   | 178         |
| Gráfica 7. Diagrama de barras de diferencia de precios del local.....       | 178         |
| Gráfica 8. Diagrama de barras de diferencia de precios de la bodega .....   | 179         |

## GLOSARIO

**IMPRESORA 3D:** Dispositivo que permite imprimir objetos con volumen partiendo de un diseño tridimensional.<sup>1</sup>

**SOFTWARE DE DISEÑO ASISTIDO:** El diseño asistido por computadora es un proceso conocido por las siglas CAD, (del inglés Computer Aided Design), que mejora la fabricación, desarrollo y diseño de los productos con la ayuda de la computadora. Con este proceso se pretende fabricarlos con mayor precisión, a un menor precio y mucho más rápido que con si se hiciera solamente por el hombre<sup>2</sup>

**BIM (Building Information Modeling)** es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción. Su objetivo es centralizar toda la información del proyecto en un modelo de información digital creado por todos sus agentes. BIM supone la evolución de los sistemas de diseño tradicionales basados en el plano, ya que incorpora información geométrica (3D), de tiempos (4D), de costes (5D), ambiental (6D) y de mantenimiento (7D). El uso de BIM va más allá de las fases de diseño, abarcando la ejecución del proyecto y extendiéndose a lo largo del ciclo de vida del edificio, permitiendo la gestión de este y reduciendo los costes de operación.<sup>3</sup>

**NAVISWORKS:** Es una herramienta usada para los proyectos, archivos y trabajos en 3D, en donde se puede representar y generar animaciones o imágenes y elementos en 3D, ayudando a vincular información para completar el trabajo, ayuda con la comprobación de interferencias, sucesos y posibles errores que a la hora de la ejecución de la obra en la vida real puedan surgir, también ayuda con la simulación de construcción en 4D para así entender con profundidad la construcción del mismo.<sup>4</sup>

**BIM:** Acrónimo de Building Information Modeling

---

<sup>1</sup> El diario, 16 de mayo de 2014, "REVOLUCIÓN: Llegan las impresoras 3D", Disponible desde Internet en: <[https://www.eldiario.es/cv/tecnologia/REVOLUCION-Llegan-impresoras\\_6\\_260783937.html](https://www.eldiario.es/cv/tecnologia/REVOLUCION-Llegan-impresoras_6_260783937.html)>

<sup>2</sup>, La Revista Informática, 2015, "DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA", Disponible desde Internet en: <<http://www.larevistainformatica.com/DISENO-ASISTIDO-COMPUTADORA.HTML>>

<sup>3</sup> BuildingSMART, spain, 2016, "¿Qué es BIM?" Disponible desde Internet en <<https://www.buildingsmart.es/bim/>>.

<sup>4</sup> Roberto, 19 de febrero de 2018, "¿Qué es Navisworks y para qué sirve esta herramienta?" Disponible desde Internet en: <<https://esdima.com/que-es-navisworks-y-para-que-sirve-esta-herramienta/>>

**3D:** Tiene un significado tridimensional, los cuales se indican a un objeto o espacio que tiene un ancho, una altura y una profundidad, donde técnicamente hablando el único mundo en 3D es el real.<sup>5</sup>

**4D:** Cuatro dimensiones, significa que, aparte de las cualidades del espacio, que son largo, ancho y profundidad; en donde cuenta con la cualidad de la cuarta dimensión, que es el tiempo. Es decir que el objeto se encuentra en un espacio y en un tiempo real.<sup>6</sup>

**5D:** Abarca el análisis de costos y la estimación de gastos de un proyecto. Va directamente relacionado a mejorar la rentabilidad del proyecto, por lo que permite controlar el costo total del desarrollo del proyecto y almacenar la información exacta durante su uso.<sup>7</sup>

---

<sup>5</sup> Johan Prieto, 2017, “¿Qué es 3D?” Disponible desde Internet en: <<https://es.calameo.com/books/00423425303608485d189>>

<sup>6</sup> Pato Giacomino, 31 de mayo de 2014, “bienvenidos a la cuarta dimensión. ¿qué es el 4D?” Disponible desde Internet en: <<https://patogiacomino.com/2014/05/31/bienvenidos-a-la-cuarta-dimension-que-es-el-4d/>>

<sup>7</sup> BibLus. 2016, “Las dimensiones del BIM: 3D, 4D, 5D, 6D, 7D”, Disponible desde Internet en: <<http://biblus.accasoftware.com/es/las-dimensiones-del-bim-3d-4d-5d-6d-7d/>>

## RESUMEN

La presente investigación realizó un estudio sobre el origen de nuevas herramientas de construcción, como es el caso la implementación de las impresoras 3D de gran formato las cuales agilizan y facilitan los procesos de construcción de diversos elementos en los proyectos, buscando con esto un análisis de los tiempos y costos en la construcción de muros de proyectos verticales con esta herramienta tecnológica versus el sistema tradicional de construcción, cumpliendo en ambos casos con las normativas establecidas en la NSR-10.

En los últimos años se han venido innovando con diversas herramientas tecnológicas debido a la complicación en el desarrollo de los proyectos y los tiempos de ejecución de estos mismos, y es ahí donde se ha implementado la modelación en tercera, cuarta y quinta dimensión y para esta investigación se tuvo en cuenta la metodología tipo BIM, las cuales permiten extraer de un base de datos información como cantidades, volúmenes, precios, áreas, entre otros; los cuales evitan reprocesos y atrasos en la etapa de construcción, mejorando la productividad.

En este trabajo de grado se realizaron 4 proyectos diferentes (vivienda, oficina, bodega y local) en los cuales se desarrolló un análisis comparativo entre el método tradicional y con la implementación de la metodología BIM mas la impresión en 3D de los muros de los proyectos. Por ende se extrajo la información necesaria de los cuatro proyectos de obra civil, apoyados en los programas AutoCAD, Revit, Project y Naviswork evaluando la practicidad, costos, y tiempos enfocando principalmente este análisis en los muros de cada proyecto. Después de identificados los proyectos de obra civil, se adquirieron los planos estructurales y arquitectónicos para iniciar con el modelo 3D de la metodología BIM que consiste en la elaboración del modelo en Revit, posterior a ellos se continuo con la elaboración de esta metodología 4D y 5D correspondiente a los tiempos y costos de los proyectos tradicionalmente y con la implementación de la impresora 3D de gran formato. Posterior a ellos se realizó la modelación de los componentes 2D, 3D, 4D y 5D en el programa Navisworks enfocando nuestra investigación y estudio en los tiempos y costos de los muros de cada proyecto. Finalmente se realizaron las ventajas y desventajas entre el método convencional y con la implementación de la metodología BIM mas la impresión 3D de muros, determinando las respectivas conclusiones y recomendaciones.

**Palabras Clave:** Navisworks, Project, Revit, CAD, Impresión 3D, Metodología BIM, Modelación.

## INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas los grandes avances tecnológicos en la vida cotidiana de la humanidad han logrado facilitar muchas acciones y han hecho posibles actividades que en algún momento se creían imposibles. Un avance tecnológico presente hoy en día es la impresora 3D, la cual tiene como fin obtener cualquier objeto físico mediante materiales en capas sobre la base de un modelo digital, reconociendo que todos estos procesos de impresión requieren software, hardware y materiales para trabajar juntos.<sup>8</sup>

La primera impresora 3D fue inventada en 1984 y en los últimos años se ha convertido en una de las tecnologías de más rápido crecimiento, aunque al principio fue muy complejo y costoso. Con el paso del tiempo esta actividad se convirtió parte de la vida cotidiana y con un uso más frecuente en el área industrial<sup>9</sup>. Este avance tecnológico ha permitido un aumento veloz de la productividad en numerosas industrias, menos en la industria de la construcción que se ha estancado debido a la escasez de la mano de obra calificada para el trabajo operativo en todo el mundo, es por esto que se tomó innovando y adaptando en los sistemas constructivos la implementación de impresoras de gran formato 3D en varios proyectos de construcción como lo son las viviendas. Entre otras.

Con el paso del tiempo, este gran avance tecnológico ha aumentado los materiales disponibles para las impresoras 3D, entre ellos, se pueden evidenciar polvo, filamentos, gránulos, resinas, etc.<sup>10</sup>. Para la industria de la construcción el material más utilizado es el concreto, el cual ya está disponible para ser utilizado mediante las impresoras 3D, debe ser extruido en un estado húmedo, debe ser autoportante, debe tener cierto grado de resistencia<sup>11</sup>.

A nivel mundial se están dando algunos picos con la implementación de esta herramienta tecnológica, donde se pueden evidenciar proyectos como la oficina del futuro en Dubai, el Apis Cor casa en Rusia<sup>12</sup>, casa canal en Amsterdam, la compañía

---

<sup>8</sup> SAKIN, Mehmet Y KIROGLU, Yusuf. 3d printing of buildings: construction of the sustainable houses of the future by bim.

<sup>9</sup> HAGER, Isabela Y GOLONKA, Ana Y PUTANOWICZ Roman. ¿Impresión 3D de edificios y componentes de construcción como el futuro de la construcción sostenible?

<sup>10</sup> SAKIN Y KIROGLU. Op. Cit., p.3.

<sup>11</sup> C. BORG Costanzi Y Z.Y AHMED Y H.R SHIPPER Y FP BOS U Y KNAACK Y R.JM WOLFS Impresión 3D de hormigón en superficies temporales: el diseño y la fabricación de una estructura de carcasa de hormigón los enlaces de autor abren el panel de superposición

<sup>8</sup> JACKSON, Richard YWOJCIK, Adam y MIODOWNIK, Marcos. La impresión 3D de asfalto y su efecto sobre las propiedades mecánicas.

china Winsun (con impresión de casas y edificios hasta de 5 plantas), el jardín de Andy Rudenko en Minnesota<sup>13</sup>, y a nivel nacional se puede ver la casa origami impresa por la constructora Conconcreto<sup>14</sup>.

Aprovechando el surgimiento de esta herramienta en los procesos constructivos, el proyecto tuvo como fin, realizar el estudio de los tiempos y costos con la implementación de impresoras 3D de gran formato, como se ha observado en los proyectos de construcción ya desarrollados a nivel nacional y mundial con este elemento logrando ser más competitivas y rentables en el mercado.

Como futuros gerentes de proyectos se buscó la optimización de los recursos, los tiempos, la mano de obra, los gastos y evitar al máximo desperdicios, reprocesos y demás elementos que afecten el desarrollo y la materialización de un proyecto de construcción, aspectos que se evidencian plenamente en los proyectos de construcción realizados mediante las impresoras 3D de gran formato por medio de la metodología BIM, es decir, se busca desarrollar una construcción que se modele a través de un sistema de información para así permitir una adecuada administración de las actividades a realizar, en donde se permitirá que los recursos involucrados en todos los pasos constructivos de un proyecto sean de una mayor eficiencia.

---

<sup>12</sup> SAKIN Y KIROGLU. Op. Cit., Pág.4.

<sup>13</sup> HAGER Y GOLONKA Y PUTANOWICZ. Op. Cit., p.

<sup>14</sup> Conconcreto

## 1. GENERALIDADES

### 1.1 LINEA DE INVESTIGACIÓN

La línea de investigación del proyecto abarcó el software inteligente y convergencia tecnológica debido a que las impresoras de gran formato 3D hacen parte de esta gran línea y la línea de materiales, debido a que la “tinta” de estos elementos debe cumplir con unos parámetros, especificaciones y calidades necesarias<sup>15</sup>. El tipo de investigación del proyecto de grado que se desarrolló es exploratoria ya que pretendió descubrir las ventajas en cuanto a tiempos y costos encontrados en la implementación de impresoras de gran formato 3D en la construcción con proyectos ya ejecutados<sup>16</sup> <sup>17</sup>, también hizo parte del tipo de investigación de comparativa, ya que se identificaron las semejanzas y diferencias con el sistema tradicional de la construcción, sin dejar atrás el tipo de investigación proyectiva debido a que es una gran solución a la necesidad de terminar los proyectos de construcción en el menor tiempo presupuestado y llegar a sectores geográficamente difíciles para desarrollar proyectos de construcción.

### 1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Todos los proyectos de construcción a nivel nacional permanentemente se ven involucrados en dificultades relacionadas con diferencias de los tiempos y los costos planteados para su ejecución. Es difícil controlar el buen desempeño y rendimiento de los proyectos de construcción debido a la gran cantidad de variables que se ven involucrados, por ello, es determinante estudiar los factores generadores de sobrecostos y retrasos<sup>18</sup>.

---

<sup>15</sup> SAKIN Y KIROGLU. Op. Cit., p.6

<sup>16</sup> Ibid SAKIN Y KIROGLU.

<sup>17</sup> HAGER Y GOLONKA Y PUTANOWICZ. Op. Cit., p.

<sup>18</sup> LOZANO SERNA, Sara Y PATIÑO GALINDO, Ivonne Y GÓMEZ-CABRERA, Adriana. Y TORRES, Andrés. Identificación de factores que generan diferencias de tiempo y costos en proyectos de construcción en Colombia

Tabla 1. Principales factores que afectan tiempos en proyectos de construcción.

| <b>FACTOR</b>  |
|--|
| Incumplimiento y problemas sub-contratistas                      |
| Calamidades climáticas   |
| Condiciones gubernamentales                                      |
| Cambios en el alcance del contrato por parte del dueño           |
| Escasez de trabajadores  |
| Mano de obra no calificada                                       |
| Mala planeación y programación por parte del contratista         |
| Falta de comunicación entre las partes involucradas del proyecto |
| Fluctuaciones de la moneda                                       |
| Cambios en los diseños   |
| Conflictos laborales y huelgas                                   |

**Fuente.** (Lozano Serna et al. 2018).

Tabla 2. Principales factores que afectan costos en proyectos de construcción.

| <b>FACTOR</b>   |
|---|
| Fluctuaciones de la moneda                                |
| Condiciones gubernamentales                               |
| Pago incumplido por parte del dueño del proyecto          |
| Inadecuada supervisión y dirección del proyecto           |
| Mala planeación del presupuesto                           |
| Baja productividad de trabajadores                        |
| Incumplimiento de subcontratistas                         |
| Cambios en los diseños                                    |
| Falta de comunicación entre los involucrados del proyecto |
| Cambios en el alcance del contrato por parte del dueño    |

**Fuente.** (Lozano Serna et al. 2018).

De la Tabla 1. Principales factores que afectan tiempos en proyectos de construcción. y la Tabla 2. Principales factores que afectan costos en proyectos de construcción. se puede concluir que con la idea innovadora de la implementación de las impresoras 3D en dichos proyectos, los factores como las calamidades climáticas, la escasez de los trabajadores, la mano de obra no calificada, la falta de comunicación entre los involucrados en el proyecto, conflictos laborales, huelgas, la baja productividad de los trabajadores no estarán presentes en el nuevo proceso constructivo de los proyectos, debido a que la impresora de gran formato reemplazara estos factores ayudando con el ahorro en tiempo y costo de los proyectos.

En los últimos se ha estudiado la posibilidad de utilizar las impresoras de gran formato para la construcción de viviendas enteras, que utilizan un concreto especial como “tinta”, abriendo un nuevo mundo de posibilidades para los arquitectos de todo el mundo. Estos nuevos diseños eliminan las restricciones de los tipos de diseños,

dando la capacidad de utilizar las formas curvilíneas, y sin limitaciones a las formas rectilíneas<sup>19</sup>.

La principal característica identificada en la gran mayoría de los proyectos de construcción son los tiempos tan extensos para la entrega de inmuebles, vías, estructuras y demás productos materializados de los proyectos, gracias a los avances tecnológicos que se pueden ver hoy en día las empresas de la construcción deben apuntarle a grandes rendimientos e innovación del mercado buscando la mejora continua (lean construcción).

En la industria de la construcción se presentan inconsistencias relacionadas con la falta de herramientas, que permitan la correcta verificación de todos los planteamientos de las diversas disciplinas que intervienen en las actividades de diseño, construcción y administración de las edificaciones<sup>20</sup> Una y otra vez se refleja en el momento de construcción cientos de imprevistos que afectan el proceso de construcción y administración de las edificaciones, estas falencias repercuten como fallas constructivas, que van desde el incremento del tiempo y aumento en los costos en el diseño y construcción de las edificaciones, hasta defectos pos-construcción, como: choques de instalaciones mal coordinadas, servicios que no fueron planeados, interferencias entre sistemas, resultados disfuncionales que pueden implicar además errores de diseño y hasta el colapso de estas estructuras<sup>21</sup>.

Casos como estos se ven en nuestro contexto nacional todo el tiempo, un ejemplo es el tan mencionado caso del edificio Space en la ciudad de Medellín, dicha edificación presentó problemas de asentamientos diferenciales los cuales fueron atendidos mediante intervenciones en la cimentación en agosto de 2013, luego se presenta el colapso, el cual generó víctimas fatales en el momento del evento<sup>22</sup>.

---

<sup>19</sup> SAKIN Y KIROGLU. Op. Cit., p.6

<sup>20</sup> SUCCAR, SHER, Y WILLIAMS. Measuring BIM performance: Five metrics. *Architectural Engineering & Design Management*, 8(2), p. 120-142.

<sup>21</sup> MIES y MERGENSCHROER.

<sup>22</sup> LÓPEZ RUIZ, Leidy. Planteamiento de una estrategia de inclusión de BIM para empresas medianas de arquitectura en la etapa de diseño

Tabla 3. Barreras y obstáculos en la implementación de BIM en las prácticas arquitectónicas.

| <b>Barreras y obstáculos en la implementación de BIM</b>   | <b>Autor-Entidad-Organización</b> |
|--|-----------------------------------|
| La confusión que rodea BIM, ¿Qué es?, ¿Cómo se adopta? y ¿Cómo se ejecuta en la industria?         | National BIM Standards            |
| Desconocimiento de cuál es el momento indicado para tomar la decisión de iniciar BIM.              | (Building Smart, 2010)            |
| Los usuarios son escépticos de adoptar un nuevo enfoque.   | (Building Smart, 2010)            |
| Ambigüedad en la responsabilidad de los diferentes actores en el nuevo proceso.                    | (Arayici et al, 2011)             |
| Necesidad de una comprensión completa de las redes y hardware para ejecutar BIM de forma efectiva. | (Arayici et al, 2011)             |
| Dificultades en la interoperabilidad con software.   | (Becerik–Gerber et al., 2010)     |
| Falta de apoyo de normativas como soporte para implementación.                                     | (Becerik–Gerber et al., 2010)     |

**Fuente.** (NBS, Building Smart 2010)

Nuestro contexto colombiano intentando adaptarse a esta nueva tendencia tiene la dificultad de adopción por la falta de estándares y metodologías, que organicen los proyectos y que correspondan a las necesidades de nuestra industria (recursos, procesos constructivos, nomenclaturas de componentes y materiales, etc.), requiere de forma urgente de profesionales en las aéreas que intervienen en la edificación de proyectos de construcción con conocimientos en el manejo de proyectos que integren BIM.<sup>23</sup>

### 1.2.1. Antecedentes del problema

En el año 2014, Una empresa constructora China (Winsun), en varios de sus proyectos esta implementado las impresoras 3D de gran formato, logro construir casas mediante esta innovadora herramienta tecnológica, el proceso constructivo consta en construir los elementos de la casa como prefabricados (6m de alto, 10m de ancho y 40m de largo) y montarlos in situ. Año tras año la empresa china continuo con el desarrollo de este sistema constructivo y también imprimió un edificio de cinco plantas y sigue siendo la construcción más alta impresa en 3D en el mundo.<sup>24</sup>

<sup>23</sup> LÓPEZ. Op Cit. P 8.

<sup>24</sup> (Hager, Golonka y Putanowicz 2016).

**Imagen 1.** Casa y edificio de 5 pisos impresa por WINSUN



**Fuente:** (Hager, Golonka y Putanowicz 2016).

En el año 2016, Andy Rudenko imprimió en su jardín con la ayuda de una impresora 3D de gran formato, un castillo el cual fue impreso capa por capa con concreto en el sitio.<sup>25</sup>

**Imagen 2.** Castillo del jardín de Andy Rudenko



**Fuente:** (Hager, Golonka y Putanowicz 2016).

En el año 2016, En Dubái se ejecutó uno de los mejores proyectos de construcción a nivel mundial, la oficina del futuro, esta oficina fue construida mediante la innovadora impresora 3D de gran formato fue diseñado para el Comité Nacional de los Emiratos Árabes Unidos como sede para la Fundación Futuro en Dubái. Esta innovadora construcción cuenta con un área de 250 m<sup>2</sup>, red eléctrica, red hidráulica, red de telecomunicaciones y de aire acondicionado totalmente funcionales, duro 17 días imprimiendo y 2 días instalando. Este proyecto dejo como conclusión que

---

<sup>25</sup> (Hager, Golonka y Putanowicz, 2016)

redujo los costos de mano de obra en un 50% a un 80% y residuos de la construcción en un 30% a 60%<sup>26</sup>.

**Imagen 3.** Oficinas del futuro – Dubai.



**Fuente:** (Sakin y Kiroglu 2017).

En el año 2017, en Moscú Rusia, realizaron un proyecto con esta herramienta tecnológica llamado Apis Cor, un proyecto de 121.92 m<sup>2</sup> el cual fue ejecutado en solo 24 horas. La casa fue construida en su totalidad en el sitio, lo que hace que todos los resultados sean impresionantes. Todas las paredes y cimientos de esta estructura se imprimieron con una mezcla de concreto y las demás partes como las ventanas, accesorios y muebles fueron añadidas posteriormente a la construcción, además la casa fue terminada con una capa de pintura.<sup>27</sup>

**Imagen 4.** Apis Cor – Moscú (Rusia).



**Fuente:** (Sakin y Kiroglu 2017).

En el año 2017, en Copenhague Europa, con ayuda de la empresa COBOD de Dinamarca se construyó el primer edificio implementando una impresora 3D de gran formato, éste es de aproximadamente 50 m<sup>2</sup> el cual no contiene paredes rectas, los únicos elementos rectos de la oficina son las ventanas y puertas, en esta

---

<sup>26</sup>El correo del golfo, 2 de diciembre de 2012, “La oficina del futuro de Dubai”, Disponible desde Internet en: <<https://elcorreo.ae/emiratos/oficina-futuro-dubai-obtiene-record-guinness-mundial-como-primer-edificio-impreso-en-3d-1>>

<sup>27</sup> (Sakin y Kiroglu 2017).

construcción no solo imprimieron en 3D las paredes sino también los cimientos cumpliendo con los requisitos del código de construcción de Europa.<sup>28</sup>

**Imagen 5.** El BOD - Nordhavn, Copenhague – Europa.



Fuente: (COBOD 2017)

En el año 2018, en Colombia se encuentra la multinacional constructora Conconcreto quien desarrolló la primera casa impresa en 3D llamada “Casa Origami”, Algunos de los beneficios encontrados en la ejecución de la primera vivienda en el país fue la disminución en tiempos, la reducción en costos en la construcción, además es menor el desperdicio de material implementado, se prefabricaron de piezas en concreto con geometrías complejas sin utilizar moldes y el equipo de manufactura aditiva con posibilidad de operar 24horas al día y los 7 días a la semana. (Constructora Conconcreto 2018).

**Imagen 6.** Casa Origami en Medellín.



Fuente: (Constructora Conconcreto 2018).

En Colombia al igual que en la gran mayoría de países del mundo, se han presentado obras donde las entregas se han postergado varios meses, e incluso años, y poco a poco con la ayuda de los avances tecnológicos y los estudios de los

---

<sup>28</sup> Cobod, 2017, “THE BOD Europe's first 3D printed building” Disponible desde Internet en: <https://cobod.com/the-bod/>

gerentes se han podido acortar dichos retrasos, pero a pesar de estos estudios el problema se sigue evidenciando hasta la fecha. Con los grandes beneficios que se han visto en los proyectos de construcción con la implementación de las impresoras 3D de gran formato podemos reducir los tiempos y costos durante la ejecución, aumentando la rentabilidad de los proyectos, disminuyendo desperdicios de materiales, reduciendo las pérdidas, cumpliendo con los compromisos adquiridos ante las comunidades y así poder abarcar más proyectos incluso en sectores donde ha sido difícil el acceso de materiales para su normal ejecución.

La implementación de la tecnología de impresión 3D en la industria de la construcción se encuentra todavía en la fase de prototipo en la actualidad y hay que superar antes de que esta técnica puede ser utilizado en su totalidad en el sector de la construcción a varios retos. Uno de estos retos es la gama de los diferentes tipos de concretos imprimibles. Otro desafío principal es cómo incorporar el refuerzo para la construcción de estructuras de concreto reforzado<sup>29</sup>.

#### 1.2.2. Pregunta de investigación

¿Qué impactos de costos y tiempos se pueden lograr en los proyectos de construcción en Colombia con las impresoras 3D de gran formato?

#### 1.2.3. Variables del problema

Una variable muy importante que debe ser considerada es el nivel de desarrollo del país donde se implementará esta ayuda tecnológica a la par con el nivel cultural y organizacional de las empresas de construcción presentes en el mercado.

Las normas sismo resistentes del país junto con el reglamento legal y técnico en cuestión deben ser respetadas y consideradas a la hora de implementar esta impresora de gran formato en 3D, porque se debe salvaguardar la integridad y la vida de las comunidades y usuarios<sup>30</sup>.

La impresora usa como tinta materiales pesados como el concreto y mezclas de base cementicia derivadas, donde estos deben cumplir con las especificaciones técnicas necesarias como lo son la resistencia, fluidez, consistencia, estabilidad y reología necesarias para que la vida útil de este elemento no se vea afectado ni alterado, y que además garantice el correcto el funcionamiento de la herramienta tecnológica en el país<sup>31</sup>.

---

<sup>29</sup> ZHU, B., Pan, J. Y NEMATOLLAHI, B.Y ZHOU, Z. Y ZHANG, Y. SANJAYAN, J. Development of 3D printable engineered cementitious composites with ultra-high tensile ductility for digital construction.

<sup>30</sup> JACKSON, Richard YWOJCIK, Adam y MIODOWNIK, Marcos. La impresión 3D de asfalto y su efecto sobre las propiedades mecánicas.

<sup>31</sup> MESA, Ana María. Concreto

### 1.3. JUSTIFICACIÓN

En los últimos años se ha estudiado la posibilidad de utilizar las impresoras de gran formato para la construcción de viviendas enteras, que utilizan un concreto especial como “tinta”, abriendo un nuevo mundo de posibilidades para los arquitectos de todo el mundo. Estos nuevos diseños eliminan las restricciones de los diseños tipos dando la capacidad de utilizar las formas curvilíneas, y sin limitaciones a las formas rectilíneas<sup>32</sup>.

Esta propuesta se desarrolla con el fin de conocer las grandes ventajas que genera la innovadora idea de la implementación del sistema de impresión 3D en el mundo de la construcción, con respecto a tiempos, costos, la oportunidad de diseñar un proyecto de acuerdo con las necesidades de un lugar en particular o del cliente, la incorporación de diferentes materiales y la densidad de este de acuerdo con una óptima combinación de resistencia y demás propiedades<sup>33</sup>.

Los beneficios encontrados en proyectos donde se han implementado las impresoras 3D son el uso correcto de la cantidad de material, la capacidad de crear formas complejas, formas personalizadas a la necesidad de los usuarios, la generación de geometrías complejas con costos controlados, la reducción del trabajo humano arduo (la automatización y la robótica ayudan a los trabajadores), el aumento de la creatividad de los arquitectos y la optimización de las propiedades acústicas o térmicas del edificio (Furet, Poullain y Garnier 2019).

Otras ventajas encontradas con la innovadora implementación de las impresoras 3D en proyectos de construcción son: “la reducción de los costos de construcción mediante la eliminación de encofrado, la reducción de las tasas de lesiones mediante la eliminación de trabajos peligrosos (por ejemplo, trabajando en alturas), que daría lugar a un mayor nivel de seguridad en la construcción, la creación de gama alta, los trabajos de base tecnológica, la reducción del tiempo de la construcción operando a una velocidad constante, reducir al mínimo la posibilidad de errores por deposición de material precisa, el aumento de la sostenibilidad en la construcción mediante la reducción de mermas de encofrado y el aumento de la libertad arquitectónica, lo que permitiría mayor sofisticación CATed diseña para propósitos estructurales y estéticos”<sup>34</sup>.

La motivación principal para desarrollar este proyecto es la innovación tecnológica, ya que se podrán aportar y adquirir nuevos conocimientos sobre el uso de las impresoras 3D de gran formato en la construcción, cuyos resultados podrán

---

<sup>32</sup> Sakin y KIROGLU. Op. Cit. P 6

<sup>33</sup> KEATING, Steven. 3-d printing offers new approach to making buildings. Technology developed at mit could enable faster, cheaper, more adaptable building construction.

<sup>34</sup> SANJAYAN, J. G., & NEMATOLLAHI, B. 3D Concrete Printing for Construction Applications. In 3D Concrete Printing Technology.

estructurar en una propuesta, ya que se demostraría que el uso de estos dispositivos ayuda a optimizar recursos, tales como reducir los tiempos de ejecución, aumentar la rentabilidad de los proyectos, disminuir los desperdicios de materiales, entre otros.

Las diferentes oportunidades que nos brinda la implementación de las maquinas impresoras 3D de gran formato cerrarían bastantes brechas económicas, además se podrían usar en casos de emergencias, ya que esta máquina es portátil, pues su sistema está compuesto por un vehículo con orugas el cual transporta los brazos mecánicos, su funcionamiento se puede dar por energía eléctrica o con paneles solares, además los tiempos de ejecución oscilarían entre las 14 y 25 horas dependiendo del proyecto a ejecutar<sup>35</sup>.

Las empresas del mercado de la construcción pretenden que su negocio cada día sea más rentable a lo largo del tiempo, por ende, aprovechando los avances tecnológicos presentes hoy en día con una gran diversificación e innovación de softwares, pueden implementar la metodología BIM. La implementación de esta metodología en los proyectos de construcción favorece considerablemente todos los proyectos en cuanto a tiempos y costos.

Los tiempos ahorrados con la ayuda de la implementación de esta metodología se ven reflejados evitando las pérdidas deliberadas de tiempo con respecto al inicio de las actividades de cada subcontratista o capítulos del proyecto. Otro aspecto importante de esta metodología es la aceptación de cambios en los modelos, determinando las cantidades, costos y rendimientos inmediatamente involucrados en cada actividad.

Al poder tener los costos, cantidades, tiempos, modelos y rendimientos en un solo paquete de datos se ayuda a que las empresas del mercado sean más rentables, duraderas en el mercado y atractivas para competir a nivel internacional.

#### 1.4 HIPOTESIS

- La implementación de la impresora 3D de gran formato en Colombia logrará reducir costos y tiempos en la construcción de edificaciones.
- Al usar esta tecnología se pueden reducir los tiempos para la construcción de viviendas, bodegas, comercio y demás estructuras

---

<sup>35</sup> KEATING. OP. CIT

## 1.5 OBJETIVOS

### 1.5.1 Objetivo general

Analizar los tiempos y costos que se obtienen en los proyectos de construcción con la implementación de impresoras 3D desarrollados en Colombia con metodología BIM

### 1.5.2 Objetivos específicos

- ✓ Determinar mediante las empresas que implementan esta ayuda tecnológica las ventajas y desventajas encontradas en los proyectos de construcción.
- ✓ Analizar los costos y tiempos de implementar en proyectos de construcción las impresoras 3D y la metodología BIM.
- ✓ Desarrollar la metodología BIM en un modelo de vivienda, comercio y bodega implementado las impresoras 3D de gran formato
- ✓ Comparar el proyecto de VIS con el modelo de vivienda, local, oficina y bodega implementando las impresoras 3D de gran formato con la metodología BIM.
- ✓ Evaluar la utilidad de implementar proyectos de construcción con impresoras 3D en gran formato incluyendo la metodología BIM vs los proyectos de construcción tradicionales a porticados sin estas tecnologías.

## 2. MARCOS DE REFERENCIA

### 2.1 MARCO TEÓRICO

#### 2.1.1. Impresión en 3D

Se realiza por medio de una máquina capaz de realizar impresiones de figuras con volumen, tanto de ancho, largo y alto, a partir de cualquier diseño hecho por medio de computadores.

Las impresoras 3D utilizan varias tecnologías para la fabricación debido a que crean un objeto en 3 dimensiones consiguiéndolo con capas sucesivamente hasta conseguir el objeto deseado.<sup>36</sup>

De esta forma, con el tiempo las casas, edificios y demás serán construidas con impresoras 3D ya que será una opción más barata y más rápida, donde sin duda alguna podría llegar a tener un efecto social positivo ayudando en las naciones del tercer mundo donde debido a la crisis mundial se requieren costos cada vez más competitivos.<sup>37</sup>

**Imagen 7. Impresión en 3D.**



Fuente: (CyBe, construcción, 2017)

---

<sup>36</sup> Tecnología informática, 2019

<sup>37</sup> Tecnología informática, 2019

### 2.1.2. ¿Qué es metodología BIM?

Es un acrónimo de Building Information Modeling la cual para el National BIM Standard – United States™ (NBIMS-US) BIM es: “una representación digital de las características físicas y funcionales de una edificación o construcción. Es decir, vale como recurso de conocimiento compartido para lograr conseguir información sobre una edificación que forma una base creíble para las decisiones durante su ciclo de vida desde el plan en adelante”.<sup>38</sup>

Un modelo BIM consiste en los equivalentes virtuales de los elementos constructivos y fragmentos que se usan para construir la obra, donde los elementos tienen las características -físicas y lógicas- de sus componentes reales, es decir, son el prototipo digital de los elementos físicos del edificio, como los muros, pilares, ventanas, puertas, escaleras, etc. los cuales permiten simular el edificio o construcción y entender su comportamiento en un entorno virtual antes de que se inicie la construcción real.<sup>39</sup>

### 2.1.3. Materiales de construcción<sup>40</sup>

- Materiales pétreos: Rocas naturales y sus derivados donde los más usados en la construcción son la roca caliza, el mármol, el granito, la pizarra y los áridos.

- Materiales aglutinantes: son aquellos que al mezclarse con agua sufren transformaciones químicas los cuales son utilizados para unir otros materiales estos son el yeso y el cemento siendo estos los más usados en las construcciones convencionales.

- Cerámicos y vidrios: provenientes de materias primas arcillosas las cuales son sometidas a procesos de cocción con altas temperaturas. Los más usados en las construcciones convencionales son las baldosas, ladrillos refractarios, loza sanitaria, vidrio, ladrillos, tejas, entre otros.

---

<sup>38</sup> Standars, National BIM. National BIM Standars - United States. National BIM Standars -United States. National Institute Fir Building Sciences, 15 de Enero de 2008. Disponible desde Internet en: <[www.nationalbimstandard.org](http://www.nationalbimstandard.org).>

<sup>39</sup> FORUM, BIM. BIM FORUM BUILDING SMART.15 de Enero de 2005.bimforum.org. 4.

<sup>40</sup> Tecnología, Materiales de construcción, 2018.

- Materiales compuestos: son aquellos que se forman por la mezcla de diferentes materiales con diferentes propiedades. Los más usados son el mortero, el hormigón, y las mezclas asfálticas.

- Materiales plásticos: actualmente se usan en construcción por sus propiedades y su coste reducido. Son materiales orgánicos formados por polímeros constituidos por cadenas de átomos que contienen normalmente carbono. Entre ellos se tiene el PVC, el poliestireno, etc.

#### 2.1.4. Consumo y rendimiento de la mano de obra

En el desarrollo de un proyecto de construcción, la obtención del presupuesto y la programación de obra son importantes debido a que establecen anticipadamente el costo y la duración del mismo, siendo estos indispensables para la determinación de la viabilidad del proyecto.<sup>41</sup>

El rendimiento de la mano de obra es una de las variables que afectan la productividad ya que es necesario conocer todos los factores que podrían llegar a afectar la mano de obra, siendo clasificados y determinados con una metodología para medir su afectación en los rendimientos y consumos de mano de obra de los diferentes procesos de producción. Por consiguiente el rendimiento de mano de obra en la cantidad de obra de alguna actividad completamente ejecutada por una cuadrilla, compuesta por uno o varios operarios de diferente especialidad por unidad, expresándose como unidad de medida de la actividad por hora Hombre.<sup>42</sup> El consumo de mano de obra es la cantidad de recurso humano en horas-Hombre, que es empleado por cuadrillas compuestas por uno o varios operarios de diferentes especialidades, ejecutando la cantidad unitaria de alguna actividad. El consumo de mano de obra es expresada como  $hH / um$  (horas - Hombre por unidad de medida) que es correspondiente al inverso matemático del rendimiento de mano de obra. Por lo tanto la eficiencia en la productividad de la mano de obra, varía en un rango de aproximadamente el 0%, cuando no se realiza ninguna actividad, hasta el 100% si se presenta la máxima eficiencia teórica posible.<sup>43</sup>

---

<sup>41</sup> Luis Botero, 31 de enero de 2002, "Análisis de Rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción, 2002" pág.2.

<sup>42</sup>Luis Botero, 31 de enero de 2002, "Análisis de Rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción, 2002" pág.2.

<sup>43</sup> Luis Botero, 31 de enero de 2002, "Análisis de Rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción, 2002" pág.2.

#### 2.1.4.1. Factores de afectación de los rendimientos y consumos de mano de obra

Cada proyecto de construcción es totalmente diferente y es realizado en varias condiciones, siendo estos factores que influyen de una forma positiva o negativamente en los rendimientos y consumos de mano de obra, nombrándose a continuación dos categorías:

**Economía general (Costos):** se refiere al estado económico del área donde se desarrolla el proyecto. Los aspectos que se consideran dentro de esta categoría son las tendencias y resultados de los negocios en general, el volumen de la construcción y la situación del empleo donde con estas se puede concluir si la economía general es mala buena o excelente, siendo las dos últimas la productividad que tiende a rebajar, debido a que cuando los sectores están bien, se hace difícil encontrar mano de obra de buena calidad, supervisores competentes y teniendo que recurrir a personal inexperto. En el caso contrario, cuando la economía se encuentra en estados normales, la productividad tiende a mejorar, ya que bajo condiciones normales se dispone de personal calificado para realizar labores de supervisión y ejecución de las actividades.<sup>44</sup>

**Actividad (Tiempo):** los aspectos que pueden afectar los rendimientos de la mano de obra pueden ser las condiciones específicas de la actividad a realizar, las relaciones con otras actividades, el plazo para la ejecución de la misma, los medios para realizarla y el entorno general de la obra por ende los principales factores dentro de esta categoría son el grado de dificultad, el riesgo, la discontinuidad, el aseo y las actividades predecesoras.<sup>45</sup>

#### 2.1.5. Mano de obra calificada y no calificada

Se tiene que la mano de obra calificada es donde los trabajadores tienen una economía las cuales tienen habilidades específicas y técnicas de las industrias relacionadas con los negocios y la producción de bienes, son aquellas personas que aportan un conjunto de habilidades especializadas en el mercado y son esenciales para el desarrollo de nuevas técnicas e innovadoras y la mano de obra no calificada es la parte más barata y menos técnica de la fuerza laboral conformada por una gran parte del mercado de trabajo de una economía, desempeñando un

---

<sup>44</sup> Luis Botero, 31 de enero de 2002, "Análisis de Rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción, 2002" pág.4.

<sup>45</sup> Luis Botero, 31 de enero de 2002, "Análisis de Rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción, 2002" pág.5.

papel importante en la realización de tareas diarias de producción que no requieren las habilidades técnicas.<sup>46</sup>

#### 2.1.6. Normatividad colombiana

La actual versión del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 corresponde a su segunda actualización. La primera reglamentación sismo resistente nacional fue expedida por el Gobierno Nacional por medio del Decreto 1400 del 7 de junio de 1984, la primera actualización corresponde al Reglamento NSR-98, por medio del Decreto 33 del 9 de enero de 1998 y la segunda actualización, correspondiente al Reglamento NSR-10, se expidió por medio del Decreto 926 del 19 de marzo de 2010 y ha sido modificado por medio del Decreto 2525 del 13 de julio de 2010, el Decreto 0092 del 17 de enero de 2011, el Decreto 0340 del 13 de febrero de 2012 y el Decreto 0945 del 05 de junio de 2017.<sup>47</sup>

## 2.2. MARCO CONCEPTUAL

Los proyectos de construcción enfrentan diversos problemas, de los cuales algunos parecen haber sido causados por los modelos de entrega por ende hay una nueva implementación de tecnologías innovadoras las cuales son llamadas metodologías BIM, las cual tiene la capacidad de satisfacer y de mejorar la oportunidad de cambiar el paradigma tradicional moderno como resultado de su función avanzada y la fuerza de la cooperación.

La metodología BIM es considerada una tecnología de modelado y un conjunto de procesos asociados para producir, comunicar y analizar modelos de construcción la cual trabaja como herramienta de colaboración y una herramienta para integrar nuestra industria de la construcción fragmentada<sup>48</sup>

La tecnología BIM también es considerada como un proceso el cual permite a las partes interesadas del proyecto gestionar con la colaboración del diseño y de los datos fundamentales del edificio en un formato que sea comprensible para todos los

---

<sup>46</sup> Mano de obra calificada y operativa, 23 de agosto, 2017. Pág. 17-18.

<sup>47</sup> Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica – AIS.Org

<sup>48</sup> Facilitating Building Information Modelling (BIM) using Integrated Project Delivery (IPD): A UK perspective, pág 2.

participantes desde las primeras etapas del proyecto y durante todo su ciclo de vida<sup>49</sup>

El tema de la implementación del tema de innovación llamado BIM o el uso incluye de este en cuestión es responsable del diseño, quién posee los derechos de autor, quién tiene los derechos de propiedad intelectual, quién debe desarrollar y operar BIM y cómo será la distribución o como se compartirá el costo de la implementación, etc por ende se está de acuerdo con estos problemas de implementación y se afirma que la implementación de la tecnología BIM se enfrentara a barreras de problemas de interoperabilidad, falta de tecnología, falta de personal capacitado y por ultimo falta de colaboración.<sup>50</sup>

Por lo tanto en Colombia los aditivos para ser utilizados en el concreto se rigen por la Norma Técnica Colombiana NTC 1299 – Concretos. Aditivos Químicos para Concreto. Sin embargo, existen en el mercado una serie de productos no clasificados dentro de esta norma que son muy importantes y ampliamente empleados.<sup>51</sup>

Los aditivos son ingredientes del concreto o mortero que, además del agua, agregados, cemento hidráulico y, en algunos casos, fibra de refuerzo, son adicionados a la mezcla inmediatamente antes o durante el mezclado.<sup>52</sup>

Se utilizan con el objeto de modificar las propiedades del concreto o mortero, ya sea en estado fresco, durante el fraguado o en estado endurecido, para hacerlo más adecuado según el trabajo o exigencia dada y para que cumpla los requisitos y especificaciones particulares de cada tipo de estructura. Las características logradas mediante el uso de aditivos, que en muchos casos no se pueden lograr por otros métodos o en forma tan económica, son:<sup>53</sup>

Mejorar el desempeño de una mezcla de concreto ante determinadas solicitudes.

---

<sup>49</sup> Facilitating Building Information Modelling (BIM) using Integrated Project Delivery (IPD): A UK perspective, pág 2.

<sup>50</sup> Facilitating Building Information Modelling (BIM) using Integrated Project Delivery (IPD): A UK perspective, pág 2.

<sup>51</sup> Norma Técnica Colombiana 1299 de 2008

<sup>52</sup> SILVA, Omar Javier. 360enconcreto.com

<sup>53</sup> Design and control of concrete mixtures. PCA (Portland Cement Associatio). 15 edición. Páginas:78-86

Asegurar la calidad del concreto en condiciones ambientales severas durante las etapas de mezclado, transporte, colocación y curado.<sup>54</sup>

Los aditivos según la NTC 1299 se clasifican en:

- Tipo A: Plastificante. Permite disminuir la cantidad de agua necesaria para obtener una determinada consistencia del concreto. Se adicionan a aquellos concretos de bajo asentamiento y baja relación agua/material cementante para producir un concreto de consistencia fluida, con alto asentamiento, pero trabajable, que se pueda colocar con poca o ninguna vibración. Su empleo ayuda además a minimizar la exudación y a disminuir la segregación, siempre y cuando sea bien colocado. Su característica principal es aumentar la manejabilidad del concreto fresco, y/o reducir la cantidad de agua utilizada para un asentamiento determinado. Las aplicaciones más comunes del concreto fluido son: en secciones muy delgadas, áreas con poco espaciamiento del acero de refuerzo, bajo el agua, concreto bombeado, para reducir la presión de bombeo, en áreas donde no se pueden usar los métodos convencionales de consolidación.
- Tipo B: Retardante. Demora el tiempo de fraguado del concreto. Se usan para prolongar la tasa de fraguado del concreto, aunque también son muy útiles para disminuir la pérdida de asentamiento y extender la trabajabilidad, especialmente antes de la colocación de la mezcla en ambientes con altas temperaturas. Estos aditivos se emplean básicamente en la colocación del concreto en época de calor, contrarrestando el efecto acelerante de la alta temperatura cuando se desea suprimir el efecto de las reanudaciones de trabajo y para el transporte del concreto a grandes distancias.
- Tipo C: Acelerante. Acelera tanto el fraguado como la ganancia de resistencia a edad temprana del concreto. Son utilizados para aumentar la tasa de hidratación y el desarrollo de la resistencia del concreto a edades tempranas. El uso difundido de los acelerantes a base de cloruro de calcio ha proporcionado muchos datos y experiencia sobre su efecto en las propiedades del concreto, por lo que se debe tener especial cuidado al emplearlo, determinando la cantidad máxima de iones cloruro, puesto que el cloruro de calcio puede promover un aumento de la contracción por secado, corrosión potencial de la armadura, decoloración (oscurecimiento del concreto) y un aumento del potencial de descascaramiento, generando daños a la estructura. Este tipo de aditivos generalmente se usa para acabados más rápidos de placas, colocación del concreto en clima frío, reducción

---

<sup>54</sup> Tecnología del concreto: materiales y propiedades, tercera edición. Asocreto. Páginas: 89-97

de tiempos de desenfrado, prefabricados, sellado, impermeabilización y obturación de grietas y ventanas de agua, entre otros.

- Tipo D: Plastificante retardante. Permite disminuir la cantidad de agua necesaria para obtener una mezcla con determinada consistencia y retardar su fraguado. Este aditivo busca fusionar las propiedades de dos sustancias, una de plastificante (acción primaria) y la otra de retardante (acción secundaria), así se aprovechan los dos efectos permitiendo controlar la pérdida acelerada de manejabilidad.
- Tipo E: Plastificante acelerante. Permite disminuir la cantidad de agua necesaria para obtener una mezcla con determinada consistencia y acelerar tanto el fraguado como la resistencia a edad temprana.
- Tipo F: Superplastificante. Permite la reducción del agua de mezcla en más de un 12% para obtener determinada consistencia en el concreto. La aplicación práctica de estos aditivos se encuentra en la elaboración de mezclas con altas resistencias, con un porcentaje de cemento balanceado, sin problemas de contracción y fisuramiento de aquellas que contienen cemento en exceso.
- Tipo G: Superplastificante retardante. Permite la reducción del agua de mezcla en más de un 12% para obtener determinada consistencia en el concreto y además retardar su fraguado. Estos aditivos resultan ideales para concreto premezclado que necesita largos tiempos de transporte. En su desempeño se asemejan a los estabilizadores, pero con un poder reductor de agua que nunca será alcanzado por un estabilizador. En ese sentido, este tipo de aditivos son poli-funcionales.
- Tipo H: Superplastificante acelerante. Permite la reducción del agua de mezcla en más de un 12% para obtener determinada consistencia en el concreto y acelerar tanto el fraguado como la resistencia a edad temprana. Estos aditivos han sido diseñados para lograr la máxima dispersión posible; sin embargo, su efecto es de corta duración. Son ideales para aplicaciones como elementos prefabricados (dovelas, vigas, pilotes etc.), concreto lanzado, entre otros. Incluso algunos de estos compuestos llevan también acelerantes que permiten alcanzar hidrataciones rápidas y resistencias mecánicas muy elevadas.<sup>55</sup>

---

<sup>55</sup> SILVA Omar. Op. Cit

### 2.3. MARCO JURÍDICO

Como plantea Álvarez<sup>56</sup>, para el desarrollo de una obra de construcción es necesario conocer las diferentes normas que se deben tener en cuenta. En 2015, el Gobierno nacional compiló una gran cantidad de decretos para unificar en una sola norma los diferentes aspectos de la economía, normalmente en cabeza de un Ministerio.

Estos decretos, denominados únicos, se definen de esta manera:

“Los Decretos Únicos son aquellos expedidos por el Gobierno nacional en los cuales se incorporan en un solo cuerpo normativo las disposiciones de carácter reglamentario vigentes, de competencia de los sectores de la administración pública nacional; con el objetivo de permitir un mejor conocimiento del Derecho y tener certeza sobre la vigencia de las normas, en aras de facilitar a los ciudadanos y las autoridades el ejercicio de sus derechos y el cabal cumplimiento de sus deberes”<sup>57</sup>.

Cada Decreto Único compila en promedio más de 50 decretos. El más relevantes para el sector de la construcción es el 1077 de 2015: Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, que está a cargo del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, compila más 100 decretos y ya cuenta con más de 20 modificaciones. Se tiene la ventaja de contar en un solo documento con las normas del sector, pero su gran extensión lo vuelve inmanejable porque contiene más de 1200 artículos, más de 800 páginas y reglamenta demasiadas leyes<sup>58</sup>.

En esta norma se compilan decretos que reglamentan los aspectos de las **licencias de urbanismo y construcción** para cualquier proyecto que incluya edificaciones en el país y se detallan otros criterios. Algunos de los requisitos a tener en cuenta son:

- Obligación de los Municipios a incorporar la gestión del riesgo en sus normas de ordenamiento territorial (Ley 1523 de 2012).
- Obligación por parte de los urbanizadores de realizar estudios detallados de amenaza y riesgo por fenómenos de remoción en masa o inundación como requisito

---

<sup>56</sup> ÁLVAREZ, José Joaquín. ¿Qué pasa con las normas para la construcción de edificaciones en Colombia, septiembre 21 de 2018?

<sup>57</sup> Ibid. ÁLVAREZ.

<sup>58</sup> Ibid. ÁLVAREZ.

previo para obtener la licencia de urbanismo (Ley 9/97).

- Exigencia de contar con una interventoría para proyectos contratados con el Estado (Ley 80/93).
- Obligación de presentar proyectos arquitectónicos que tengan en cuenta a las personas en condición de discapacidad (Ley 1680/13).
- Exigencia de estudios arquitectónicos, geotécnicos, estructurales, no estructurales (Ley 400/97).
- Necesidad de contar con revisor estructural independiente y un supervisor técnico independiente en ciertos casos (Ley 1796/16).
- A continuación se muestra la lista de los veintidós Decretos Únicos, que pueden consultarse y descargarse en el sitio de Juriscol.

Una de las grandes dificultades en el sector de la construcción es que cada Ministerio reglamenta de manera independiente los temas que le ocupan y en muchos casos se contradicen o no se actualizan.

Un ejemplo de esta multiplicidad se da por ejemplo en estos temas:

- Los hidrantes para protección contra incendios están reglamentados con criterios diferentes en: Decreto 1077/15, Reglamento NSR10, Reglamento RAS y Código de Tránsito.
- La iluminación de emergencia es definida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio en el Reglamento NSR10 (decretos 926/10, 2525/10, 092/11, 340/12) con unos estándares determinados, pero posteriormente el Ministerio de Minas y Energía define unas exigencias menores mediante resoluciones que adoptan los Reglamentos RETIE y RETILAP los cuales tampoco están coordinados entre sí.<sup>59</sup>

---

<sup>59</sup> Ibid. ÁLVAREZ.

## 2.4. MARCO GEOGRÁFICO

En Latinoamérica la primera impresora se encuentra en Colombia donde desde la industria de la construcción, se encuentra el caso de Conconcreto, quien con ayuda de la Escuela de Ingeniería de Antioquia (EAI) desarrollaron una impresora 3D de concreto con la tecnología de Siemens para acelerar el tiempo con el que se construyen viviendas de interés social<sup>60</sup>. Esta impresora usa concreto premezclado con la cual desde un cuadro de mando automatizado se fabrican piezas como columnas, fachadas y muros, la impresión de este proyecto denominado Casa Origami, el cual está compuesto por 16 piezas, después ensambladas<sup>61</sup>

## 2.5. MARCO DEMOGRÁFICO

Como se puede evidenciar en Colombia esta nueva tecnología aún se encuentra en proceso de desarrollo, pues su implementación ha sido muy limitada y aun no se cuentan con más casos de estudio en los cuales se pueda evidenciar el éxito o fracaso de esta.

En la parte de la construcción en Colombia solo una empresa la ha implementado (Conconcreto), esto se debe a que la herramienta es relativamente nueva en el sector, además su implementación requiere de unos parámetros específicos en los cuales influye la elaboración de la máquina, la tinta, la evaluación de la estructura a realizar, las normas sismorresistentes del país.

Para poder entender todo este proceso debemos saber quién es Conconcreto ésta es una compañía líder en el desarrollo de proyectos de infraestructura y edificación en Colombia y la Región, con más de 55 años en el mercado. La experiencia, capacidad técnica y solidez financiera que hemos acumulado, nos permiten hoy participar en megaproyectos de infraestructura y consolidar un portafolio de inversiones de largo plazo, donde la construcción es el motor de los negocios. Son una compañía listada en la Bolsa de Valores de Colombia (BVC: CONCRET) que, bajo un principio de innovación y sostenibilidad, buscan generar una mayor rentabilidad a los accionistas y permanencia en el largo plazo.<sup>62</sup>

---

<sup>60</sup> REVISTA DINERO. La impresión 3D se abre mercado con fuerza en Colombia. Edición 8/09/2018

<sup>61</sup> Construyored. Edición 11 de noviembre de 2018.

<sup>62</sup> Concreto, Agosto 2019, "con sentido construimos futuro humano", Disponible desde Internet en: [https://conconcreto.com/wp-content/uploads/2019/09/Presentacion\\_Corp\\_1\\_2019.pdf](https://conconcreto.com/wp-content/uploads/2019/09/Presentacion_Corp_1_2019.pdf)

## 2.6. ESTADO DEL ARTE

Para la elaboración de este documento, el equipo de investigación se enfocó en realizar una investigación a la literatura existente, a través de bases de datos, y libros donde se evidenciaron los estudios e investigaciones realizadas con esta tecnología, los cuales permiten materializar el desarrollo de la presente investigación, buscando la comprobación de los objetivos propuestos, la veracidad de la hipótesis y la generación de nuevos conocimientos para las personas interesadas en implementar esta herramienta tecnológica

- **Desarrollo de la normativa sismo resistente colombiana en los 30 años desde su primera expedición**

Luis Enrique García

18 de febrero de 2015, Bogotá D.C.

El Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes expedido por medio del Decreto-Ley 1400 de 1984 fue un primer intento de normalización del diseño y construcción de estructuras en el medio nacional y estuvo vigente durante 14 años. Después, fue aprobada por el Congreso de la República la Ley 400 de 1997, al amparo de la cual se expidieron los Reglamentos de Construcción Sismo Resistente NSR-98 (1998), que substituyó al Código de 1984, y la actualización expedida en el 2010 como Reglamento NSR-10, hoy vigente. En este artículo se hace un breve resumen del contenido de la reglamentación sismo resistente colombiana, sus aciertos y los aspectos que aún faltan por implementar. Además, se hace un análisis de los aspectos jurídicos que la afectan cómo la reciente Ley de Bomberos, la microzonificación de ciudades intermedias y grandes, la rehabilitación sísmica de edificaciones indispensables y de atención a la comunidad, entre otros<sup>63</sup>.

- **Impresoras 3D en la construcción. Cuando la impresión es lo que cuenta**

Cruz Ruiz, Javier.

2016

Comenzó como una tendencia para la elaboración de prototipos, pequeñas piezas o maquetas, pero la impresión 3D permite ya construir una casa en pocas horas. Diseños únicos y optimización de materiales, sus grandes ventajas<sup>64</sup>

---

<sup>63</sup> GARCÍA, Luis Enrique. Desarrollo de la normativa sismo resistente colombiana en los 30 años desde su primera expedición.

<sup>64</sup> CRUZ RUIZ, Javier de la. Impresoras 3D en la construcción. Cuando la impresión es lo que cuenta

- **Prefabricación en la arquitectura: Impresión 3D en hormigón.**

Miriam Campillo Mejías

Madrid, España. 13 de agosto de 2016

La fabricación aditiva desarrollada desde la década de los 70, constituye uno de los mayores avances en la industria. Su aplicación en el campo de la arquitectura, como construcción aditiva, se presenta como una de las revoluciones de la arquitectura actual, y este trabajo de fin de grado busca entender la idoneidad de esta técnica para su implantación sistemática. Se realiza para ello un acercamiento a la construcción aditiva en la industria, así como las tipologías principales que la representan, y su aplicación en otros campos, para poder entender el cambio a la escala de la arquitectura. Se estudia posteriormente el estado actual de la técnica, y sus principales técnicas y metodologías constructivas. Se propone entonces un estudio de casos actuales, que nos ayuda a realizar un posterior análisis de las características de la técnica desarrollada hasta hoy. Una vez obtenidos los resultados, se discute la viabilidad de la implantación de la implantación de la construcción aditiva y su futuro<sup>65</sup>.

- **¿Impresión 3D de edificios y componentes de construcción como el futuro de la construcción sostenible?**

Hager, Isabela Y Golonka, Ana Y Putanowicz Roman.

2016

El documento presenta los últimos avances en relación con los logros actuales en el campo de la impresión 3D de edificios y componentes de edificios. Las tecnologías de impresión 3D, en comparación con las técnicas tradicionales de construcción de edificios, podrían considerarse como un derivado respetuoso con el medio ambiente que ofrece posibilidades casi ilimitadas para la realización de la complejidad geométrica. En este documento se describieron dos tipos de tecnologías que apuntan a Contour Crafting como una técnica prometedora que puede revolucionar la industria de la construcción en un futuro próximo. Se pueden citar numerosas ventajas de esta tecnología, como la reducción de los costos y el tiempo, la minimización de la contaminación del medio ambiente y la disminución de lesiones y muertes en sitios de construcción. A pesar de muchas ventajas y esperanzas, algunas preocupaciones se resumen en las conclusiones, ya que la tecnología aún tiene muchas limitaciones. Se presenta una breve descripción de

---

<sup>65</sup> Campillo Mejías, Miriam. Prefabricación en la arquitectura: Impresión 3D en hormigón.

algunos ejemplos del uso pionero de la impresión 3D en la industria de la construcción (Canal House en Amsterdam, compañía WinSun y aplicación de impresión para edificios realizada por la compañía Skanska). Es posible crear un modelo que sea apropiado para impresoras 3D en muchos programas de modelado diferentes. Uno de los formatos más populares para compartir dichos modelos es el formato STL. En la muestra de papel se muestran los modelos embalados en Autodesk Inventor, pero también se analizan brevemente otras herramientas adecuadas para preparar modelos para la impresión 3D. Es posible crear un modelo que sea apropiado para impresoras 3D en muchos programas de modelado diferentes. En la muestra de papel se muestran los modelos embalados en Autodesk Inventor, pero también se analizan brevemente otras herramientas adecuadas para preparar modelos para la impresión 3D. En la muestra de papel se muestran los modelos embalados en Autodesk Inventor, pero también se analizan brevemente otras herramientas adecuadas para preparar modelos para la impresión 3D<sup>66</sup>.

- **3-D printing offers new approach to making buildings Technology developed at MIT could enable faster, cheaper, more adaptable building construction.**

Steven J Keating, Julian C. Leland, Levi Cai and Neri Oxman  
Massachussets, 26 de abril de 2017

Se presenta la Plataforma de Construcción Digital (DCP), el cual es un sistema de construcción automatizado que es capaz de fabricar en el sitio, estructuras de escala arquitectónica utilizando datos ambientales en tiempo real para el control del proceso. El sistema consiste en un sistema de brazo compuesto por brazos robóticos hidráulicos y eléctricos transportados en una plataforma móvil con orugas. Con el DCP se implementó una técnica de fabricación aditiva para construir encofrados aislados con propiedades de gradiente a partir de la mezcla dinámica. El sistema DCP se caracterizó y evaluó en comparación con las técnicas de construcción tradicionales y los proyectos de investigación de construcción digital a gran escala existentes. Se identificaron e informaron los beneficios en seguridad, calidad, personalización, velocidad, costo y funcionalidad. <sup>67</sup>.

---

<sup>66</sup> HAGER, Isabela Y GOLONKA, Ana Y PUTANOWICZ, Roman. ¿Impresión 3D de edificios y componentes de construcción como el futuro de la construcción sostenible?

<sup>67</sup> KEATING, Steven J. LELAND, Julian C. CAI, Levi. OXMAN, Neri. Technology developed at MIT could enable faster, cheaper, more adaptable building construction.

- **Investigación, diseño y validación del proceso de impresión 3D de concreto para el desarrollo y fabricación de elementos estructurales y no estructurales.**

Carolina Cárdenas Ramírez

Diciembre de 2017

La industria de la construcción ha seguido de cerca los desarrollos realizados en Impresión 3D, mostrando un gran interés en los beneficios que puede traer para el sector. En los últimos años se han presentado diferentes iniciativas de impresoras 3D a gran escala para la impresión de concreto a nivel mundial. En este marco, en el año 2016 Conconcreto desarrolló el primer prototipo de impresora 3D de concreto en gran formato de América Latina. Con base en las etapas previas del proyecto, en la fase actual se busca realizar ajustes al equipo diseñado y ensamblado en la primera fase y desarrollar el proceso de impresión 3D de concreto para el diseño y fabricación de elementos estructurales y no estructurales, enfocado principalmente al primer prototipo en Colombia de modulo habitable a partir de manufactura aditiva. Para alcanzar el objetivo general del proyecto se proponen 4 etapas principales en el proyecto, a saber: 1) Evaluación y selección de diseños de mezcla con el prototipo de impresora 3D de concreto (desarrollados por Sumicol S.A.S) 2) Ajustes mecánicos, de software y de instrumentación al sistema prototipo de impresión 3D desarrollado por Constructora Conconcreto; 3) Diseño del proceso logístico con base en la información de las pruebas de impresión; y finalmente 4) Diseño y construcción del primer prototipo en Colombia de módulo habitable construido a partir de una impresora 3D de Concreto<sup>68</sup>.

- **3D Printing of Buildings: Construction of the Sustainable Houses of the Future by BIM**

Mehmet Sakin. Y Yusuf Caner Kiroglu

7 de Julio de 2017

El artículo presenta la nueva tecnología de impresión 3D de edificios para las casas sostenibles del futuro. La tecnología de construcción de impresión 3D es una nueva técnica de construcción que comenzó con la invención de la impresora 3D. Tiene muchas ventajas de esta tecnología, como la reducción de los costos y el tiempo, la minimización de la contaminación del medio ambiente y la disminución de las lesiones y muertes en los sitios de construcción. La integración del modelado de información de construcción con la técnica de construcción de impresión 3D se

---

<sup>68</sup> CÁRDENAS RAMÍREZ, Carolina. Investigación, diseño y validación del proceso de impresión 3D de concreto para el desarrollo y fabricación de elementos estructurales y no estructurales.

menciona en comparación con las técnicas de construcción tradicionales. Aunque muchas de las ventajas y beneficios de esta nueva tecnología tiene algunas preocupaciones debido a que la tecnología todavía tiene muchas limitaciones. Uno de los formatos más populares para compartir dichos modelos es el formato STL común y ha sido aceptado por muchos programas. Además, la integración del método BIM con el modelado de impresión 3D será eficaz para la eficiencia energética, un mejor diseño, reducción de costos y aislamiento de la estructura.<sup>69</sup>.

- **Fresh and hardened properties of 3D printable cementitious materials for building and construction.**

SUVASH CHANDRA, Paul. Y YI WEI, Daniel Tay. Y BIRANCHI, Panda. Y MING JEN, Tan.

Singapur, 30 de agosto de 2017

En este artículo se habla de que la principal ventaja de la impresión 3D de hormigón (3DCP) es que puede fabricar geometrías y detalles complejos no estándar rápidamente utilizando una impresora integrada con una bomba, manguera y boquilla en donde se requiere velocidad suficiente para una construcción eficiente y rápida. Esta velocidad de impresión seleccionada es una función del tamaño y la complejidad geométrica del elemento a imprimir, vinculada a la velocidad de la bomba y la calidad del material de hormigón extruido. Dado que el proceso de impresión requiere un alto y continuo grado de control del material durante la impresión, se prefieren los materiales de construcción de alto rendimiento. Además, como no se utiliza encofrado de apoyo para 3DCP, el concreto tradicional no se puede usar directamente. De lo anterior, se postula que en 3DCP la dirección de impresión y el tiempo de impresión pueden tener un efecto significativo en la capacidad de carga general de los objetos impresos. El concreto en capas puede crear juntas débiles en las muestras y reducir la capacidad de carga bajo una acción de compresión, tracción y flexión que requiere la transferencia de tensión a través de estas juntas se observa que para los materiales probados, las propiedades mecánicas como la resistencia a la compresión y a la flexión de las muestras impresas en 3D se rigen por sus direcciones de impresión<sup>70</sup>.

---

<sup>69</sup> SAKIN, Mehmet. Y CANER KIROGLU, Yusuf 3D Printing of Buildings: Construction of the Sustainable Houses of the Future by BIM

<sup>70</sup> SUVASH CHANDRA, Paul. Y YI WEI, Daniel Tay. Y BIRANCHI, Panda. Y MING JEN, Tan. Fresh and hardened properties of 3D printable cementitious materials for building and construction.

- **El uso de las impresoras 3d como tecnología emergente en la ingeniería civil, impacto en el desarrollo económico y sostenibilidad.**

Dania Xiomara Medina Calderón  
Bogotá D.C, 2018.

El área de la construcción ha tenido un rápido crecimiento en Colombia, es evidente como en las ciudades se fortalecen la creación de edificios de apartamentos con modelos inteligentes con una oferta mercantil favorable a los compradores; lo que ha generado que en los últimos años se han incrementado las perspectivas para el desarrollo y la renovación de la confianza en este mercado, entre las principales causas de su evolución, se destacan los propios planes de infraestructura promovidos por el gobierno, la importancia que se le da a grandes proyectos innovadores que compitan por la calidad y el mejoramiento de la sociedad, ha llevado a extender la mirada sobre nuevas propuestas que aplican tecnologías emergentes en diseño y construcción en ingeniería que puedan ser implementadas en Colombia reduciendo riesgos y mejorando la calidad en materia de construcción<sup>71</sup>.

- **Metal 3D printing in construction: A review of methods, research, applications, opportunities and challenges**

C. Buchanan, L. Gardner  
24 de noviembre de 2018. Londres U.K

En este artículo se observa que la impresión 3D, conocida como fabricación aditiva (AM), tiene el potencial de revolucionar la industria de la construcción, con beneficios previsibles que incluyen una mayor eficiencia estructural, reducción en el consumo y desperdicio de material, racionalización y expedición del proceso de diseño y construcción. A diferencia de los métodos de fabricación tradicionales para productos de construcción, la impresión 3D en metal ofrece oportunidades para crear secciones no prismáticas, rigidez interna, aberturas, elementos graduados funcionalmente, microestructuras variables y propiedades mecánicas a través de calentamiento y enfriamiento controlados y pretensado inducido térmicamente. La fabricación aditiva ofrece muchas oportunidades para el sector de la construcción, donde también habrá nuevos desafíos y demandas, como la necesidad de más ingenieros con conocimientos digitales, un mayor uso de análisis computacional avanzado y una nueva forma de pensar para el diseño y verificación de estructuras,

---

<sup>71</sup> MEDINA CALDERÓN, Dania Xiomara. El uso de las impresoras 3d como tecnología emergente en la ingeniería civil, impacto en el desarrollo económico y sostenibilidad.

con mayor énfasis en inspección y pruebas de carga. Estas oportunidades y desafíos se exploran en este documento como parte de una revisión más amplia de diferentes métodos de impresión 3D en metal, investigación y aplicaciones tempranas de fabricación aditiva en la industria de la construcción.<sup>72</sup>

• **Development of the construction processes for reinforced additively constructed concrete**

Eric L. Kreiger, Megan A. Kreiger, Michael P. Case  
Illinois USA, 06 de abril de 2018

En agosto de 2018, se realizó un experimento en Champaign, Illinois, EE. UU., En el Laboratorio de Investigación de Ingeniería de Construcción del Centro de Investigación y Desarrollo de Ingenieros (ERDC-CERL), donde se examinó la impresión continua de un concreto reforzado de 47,6 m<sup>2</sup> (512 pies<sup>2</sup>) ( RACC) edificio. Este edificio incorporó la capacidad de la impresión 3D para producir formas únicas de forma libre. También en julio de 2017, se imprimió en 3D un edificio más tradicional utilizando un enfoque discontinuo de impresión de hormigón. Estas demostraciones se realizaron para determinar la viabilidad del uso de concreto construido aditivamente como material para elementos estructurales verticales. se realizó un análisis de comparación de costos que compara los métodos de construcción utilizados en estas demostraciones con la unidad de mampostería de hormigón convencional y la construcción de hormigón colado en el lugar<sup>73</sup>.

- **3D Printing Concrete on temporary surfaces: The design and fabrication of a concrete shell structure.**

C. Borg Costanzi, Z.Y. Ahmed, H.R. Schipper, F.P. Bos, U. Knaack, R.J.M. Wolfs  
27 de Julio de 2018

En este trabajo de investigación se presenta una nueva metodología para la impresión 3D de hormigón en una superficie de forma libre temporal. Esto se logra configurando un flujo de trabajo para combinar un molde flexible desarrollado con una impresora de pórtico de 4 grados de libertad, Se estudian varios casos hipotéticos, como geometrías de impresión completa o combinación de impresión 3D con hormigón colado. El resultado final es una estructura de carcasa de 5m<sup>2</sup>

---

<sup>72</sup> BUCHANAN, C. Y GARDNER, L. Metal 3D printing in construction: A review of methods, research, applications, opportunities and challenges

<sup>73</sup> KREIGER, Eric L. y KREIGER, Megan A. CASE, Michael P. Development of the construction processes for reinforced additively constructed concrete

parcialmente impresa y parcialmente fundida, combinada con un molde fresado que simula un molde flexible<sup>74</sup>.

- **Development of concrete 3D printing**

Nithesh Nadarajah

27 de Agosto de 2018

Se habla de que con la introducción de un nuevo método de construcción debe dar como resultado una nueva forma de construcción, siendo similar a la diferencia en el diseño con concreto o acero. Este nuevo método de innovación en construcción y arquitectura es la impresión 3D con un material similar al concreto. Esta técnica puede crear la oportunidad de personalización de viviendas residenciales a gran escala para la clase baja y media de la población finlandesa, ya que elimina las restricciones de forma, que están presentes en la forma tradicional de construcción. Al optimizar el proceso de impresión, hay espacio para la personalización del edificio. La tecnología también ha demostrado potencial en una amplia gama de disciplinas, que varían desde el mundo médico hasta la industria alimentaria y desde la ingeniería aeroespacial hasta los usos domésticos. En comparación con todas las industrias, la industria de la construcción todavía está atrasada en el desarrollo de la impresión 3D. Al estudiar nuevos materiales imprimibles y optimizar formas que incluyen las propiedades típicas del concreto impreso en 3D, el potencial de esta prometedora técnica se puede realizar en la práctica.<sup>75</sup>

- **3D printing using concrete extrusion: A roadmap for research**

RA. Buswell y W.R. Leal de Silva y S.Z. Jones y J. Dirrenberger

Octubre de 2018

En este documento, se utilizan trabajos publicados y nuevos para explorar la relación entre las propiedades de pasta, mortero y material de hormigón fresco y endurecido y cómo influyen en la geometría del objeto creado. Los resultados se clasifican por aplicación de construcción para crear una matriz de problemas que identifique el espectro de la exploración de investigación futura en este campo emergente<sup>76</sup>.

---

<sup>74</sup> C. Borg Costanzi, Z.Y. Ahmed, H.R. Schipper, F.P. Bos, U. Knaack, R.J.M. Wolfs. 3D Printing Concrete on temporary surfaces: The design and fabrication of a concrete shell structure.

<sup>75</sup> NADARAJAH, Nithesh. Development of concrete 3D printing

<sup>76</sup> BUSWELL, RA. y LEAL DE SILVA, W.R. y JONES, S.Z. y DIRRENBERGER, J. 3D printing using concrete extrusion: A roadmap for research.

- **Particle-bed 3D printing in concrete construction – Possibilities and challenges**

Dirk Lowke, Enrico Dinib, Arnaud Perrotc, Daniel Wegerd, Christoph Gehlend, Benjamin Dillenburger

30 de julio de 2018

Este artículo proporciona una visión general de las diferentes técnicas de impresión 3D de lecho de partículas para la producción de elementos de hormigón donde se propone una clasificación que considera la producción directa de componentes de hormigón, la producción de encofrados y componentes compuestos mediante un encofrado permanente. Tres técnicas se consideran relevantes para la construcción de hormigón, es decir, la activación selectiva del aglutinante, la intrusión selectiva de pasta y la inyección de aglutinante. Se abordan los aspectos de diseño y materiales. La física subyacente de la infiltración de fluidos en el lecho de partículas y su efecto sobre las propiedades del material endurecido se discuten sobre la base de los resultados de investigaciones recientes. Finalmente, se presentan las primeras aplicaciones de la impresión 3D de lecho de partículas que demuestran el potencial de esta técnica en la construcción de hormigón.<sup>77</sup>.

- **Análisis de la factibilidad de implementación de impresoras 3D basado en tecnología FDM para la construcción de viviendas en la ciudad de Guayaquil.**

Pilay Cobos, Eduardo Luis

2019

Las impresoras 3D con tecnología FDM pertenecen a la una nueva generación de dispositivos conocidos como inteligentes, se considera importante el analizar la necesidad e importancia este tipo de dispositivos para la construcción de viviendas que en un nuevo nicho de mercado ya que actualmente no está implementado el mismo. El presente análisis será primordial para conocer cuan factible es el plan de negocios propuesto. En este Plan de negocios la recolección de información se realizó a través de encuestas; el beneficiario son los habitantes de la ciudad de Guayaquil, ya que podrán adquirir una vivienda a través de Planes Habitacionales Populares; La propuesta pretende demostrar el impacto que generará en las

---

<sup>77</sup> LOWKE, Dirk. Y DINIB, Enrico. Y PERROTC, Arnaud. Y WEGERD, Daniel. y GEHLEND, Christoph DILLENBURGERE, BENJAMIN. Particle-bed 3D printing in concrete construction – Possibilities and challenges

técnicas de construcción de viviendas innovadoras que permiten reducir costos de producción y tiempos de entrega del producto<sup>78</sup>.

### • **3D Concrete Printing Technology**

Jay G. Sanjayan, Ali Nazari y Behzad Nematollahi

Febrero de 2019

Butterworth-Heinemann

En este documento, se explica el proceso de impresión de concreto para el diseño de mezclas y las nuevas propiedades para la impresión de concreto de alto rendimiento, junto con su capacidad de extrusión, trabajabilidad y capacidad de construcción. Esto es seguido por una discusión de tres impresiones 3D a gran escala de hormigones de alto rendimiento, incluida su configuración de procesamiento, diseño computacional, proceso de impresión y caracterización de materiales. Las propiedades de la pasta de cemento Pórtland reforzada con fibra impresa en 3D y su resistencia a la flexión y compresión, densidad y porosidad.<sup>79</sup>.

### • **El efecto de la impresión 3D en la construcción global**

Rachel Burger

Julio 31 de 2019

El siglo XXI está emergiendo como la era del 3D, y no es de extrañar que la tecnología, una vez novedosa, haya llegado al ámbito corporativo. Las impresoras 3D han existido desde la década de 1980, pero solo recientemente el mundo de la producción mundial se ha dado cuenta. Las aplicaciones para su uso en la construcción parecen explicarse por sí mismas, ya que construir algo a partir de materiales básicos es lo que hace el negocio de la construcción. A pesar de los beneficios obvios de los materiales de impresión internos, las máquinas de impresión 3D proporcionan una gran cantidad de aplicaciones más allá de reducir la longitud de una cadena de suministro. Las multinacionales están implementando la tecnología a un ritmo ferviente, viendo los beneficios que la impresión 3D puede tener en sus resultados<sup>80</sup>.

---

<sup>78</sup> PILAY COBOS, Eduardo Luis. Análisis de la factibilidad de implementación de impresoras 3D basado en tecnología FDM para la construcción de viviendas en la ciudad de Guayaquil

<sup>79</sup> SANJAYAN, Jay G. NAZARI Ali. Y NEMATOLLAHI, Behzad. 3D Concrete Printing Technology

<sup>80</sup> BURGER, Rachel. El efecto de la impresión 3D en la construcción global

- **3D printing for construction based on a complex wall of polymer-foam and concrete**

Benoit Fureta Y Philippe Poullain Y Sébastien Garnier

Agosto de 2019

El objetivo de este artículo es presentar un nuevo proceso avanzado de Fabricación Aditiva (AM) para la construcción de estructuras de concreto, la tecnología avanzada propuesta consiste en crear una pared compleja de materiales impresos en 3D utilizando un robot móvil y poli-articulado donde se utilizan dos paredes impresas con espuma de polímero para encerrar una tercera pared posterior hecha de concreto. Una vez que las paredes estaban en su lugar, la espuma se mantiene para proporcionar un aislamiento interno y externo a la casa sin necesidad de puentes térmicos. Esta técnica de la pared compleja con material compuesto de hormigón compuesto impreso en 3D es similar al uso de encofrado de relleno de hormigón o Formas de hormigón aislado (ICF), pero en ese caso impreso directamente en el sitio. Mediante el uso de la impresión 3D para la extrusión del hormigón con el mismo sistema robótico, la técnica crea conjuntamente la estructura y los elementos térmicos del edificio. Se presenta el método de impresión 3D de hormigón compuesto y los parámetros de proceso optimizados donde el relleno del vacío interno con concreto puede producir deformaciones altas e incluso la falla del FW, por lo tanto, es necesario controlar este fenómeno. Para eso, se realizó un estudio experimental para determinar un procedimiento de llenado capaz de minimizar las deformaciones. Los resultados muestran que los separadores entre las dos paredes de espuma pueden permitir alturas de hormigón vertido de hasta 50 cm.<sup>81</sup>.

- **Design of 3D printable concrete based on the relationship between flowability of cement paste and optimum aggregate content**

Chao Zhanga, Zeyu Houa, Chun Chena, Yamei Zhanga, Viktor Mechtcherineb, Zhengming Suna

Nanjing, China. Septiembre de 2019

Este artículo trata sobre el diseño de la mezcla de concreto imprimible en 3D (3DPC) basado en el análisis teórico del límite elástico del mortero. Se ha encontrado que existe una relación lineal entre la fluidez de la pasta y el contenido de agregado óptimo en las mezclas 3DPC que cumplen bien con los requisitos de capacidad de

---

<sup>81</sup> FURETA, Benoit Y POULLAIN, Philippe Y GARNIER, Sébastien. 3D printing for construction based on a complex wall of polymer-foam and concrete

impresión. Se revela que si el exceso de espesor de la suspensión y la proporción de la mezcla de pasta son iguales, el mortero tiene un comportamiento reológico similar. El experimento de verificación confirma que, combinado con la relación lineal entre la fluidez de la pasta de cemento y el contenido óptimo de agregado, la fluidez de la pasta es un parámetro útil para el diseño de la proporción de mezcla de 3DPC<sup>82</sup>.

- **Identificación de factores que generan diferencias de tiempo y costos en proyectos de construcción en Colombia.**

LOZANO SERNA, Sara. Y PATIÑO GALINDO, Ivonne. Y GÓMEZ-CABRERA, Adriana. Y TORRES, Andrés.

Los retrasos y sobrecostos en proyectos de construcción son objeto de constante preocupación por parte de los desarrolladores de proyectos, ya que incluso pueden afectar la viabilidad de estos. Esta investigación, realizó inicialmente una revisión de la literatura para identificar causas generadoras de desviaciones en tiempos y costos a nivel mundial. Finalmente, se ejecutó un análisis de significancia basado en los factores influyentes, estableciendo las correlaciones entre estos y aspectos como magnitud, tipo de proyecto, tamaño de las empresas, entre otros, implementando herramientas estadísticas y computacionales. El estudio arrojó la inadecuada planeación y falta de integración entre profesionales como uno de los factores más influyentes en la fluctuación de costos y tiempos en el país<sup>83</sup>.

- **3D concrete printing: A lower bound analytical model for buildability performance quantification.**

KRUGER, Jacques. Y ZERANKA, Stephan. Y ZIJL, Gideon van.

En este documento, se presenta un modelo analítico basado en la caracterización reológica novedosa de un material como un método para cuantificar el rendimiento de construcción de un mortero / concreto imprimible en 3D. Inestabilidad estructural de un objeto recién impreso, por ejemplo el pandeo elástico no se tiene en cuenta ya que este modelo se basa únicamente en la no linealidad física. El mecanismo de falla se basa en el criterio de falla de Mohr-Coulomb e incorpora funciones límite de

---

<sup>82</sup> ZHANGA, Chao. Y HOUA, Zeyu. Y CHENA, Chun. Y ZHANGA, Yamei. Y MECHTCHERINEB, Viktor. Y SUNA, Zhengming. Design of 3D printable concrete based on the relationship between flowability of cement paste and optimum aggregate content.

<sup>83</sup> LOZANO SERNA, Sara. Y PATIÑO GALINDO, Ivonne. Y GÓMEZ-CABRERA, Adriana. Y TORRES, Andrés. Identificación de factores que generan diferencias de tiempo y costos en proyectos de construcción en Colombia.

Tresca y Rankine, que dependen del grado de confinamiento. El modelo se considera un teorema de límite inferior ya que se produce una redistribución de tensiones en las capas de filamento impresas. El modelo se verifica a través de un estudio experimental que produce un error conservador de  $<10\%$ <sup>84</sup>.

• **BIM-based Last Planner System tool for improving construction project management**

Daniel Heigermoser, Borja García de Soto, Ernest Leslie Sidney Abbott, David Kim Huat Chuad.

Marzo 2019.

En este artículo se habla de la industria de AEC la cual está experimentando cambios importantes, los cuales están principalmente impulsados por la implementación de BIM y la integración de nuevas tecnologías donde sí se acoplan estos principios existe el potencial de mejorar la productividad y la eficiencia de los proyectos de construcción. Aunque las nuevas tecnologías tengan enfoques con iniciativas diferentes, se tienen un profundo impacto en la industria. Por lo tanto se ha hecho la implementación de Lean Construction y BIM y así tener un sistema de control de producción del planificador, un sistema de planificación de producción diseñado para producir un plan de proyecto más confiable promoviendo la mejora continua. Al capitalizar las sinergias entre Lean Construction y BIM, este estudio propone una herramienta de gestión de la construcción que combina el LPS con la visualización en 3D de proyectos de construcción para mejorar la productividad y reducir el desperdicio de la construcción. La herramienta prototipo está destinada principalmente a ser utilizada como herramienta de gestión de la construcción durante la fase de construcción.<sup>85</sup>

• **BIM-based Last Planner System tool for improving construction project management.**

Poorang Piroozfar, Eric R.P. Farrb, Amir H.M. Zadeh, Sonia Timoteo Inacio, Steven Kilgallon, Ruoyu Jin.

En este artículo se está investigando en si cómo IPD puede facilitar la implementación de BIM en el Reino Unido. Aprovechando la ontología relativista, el estudio utiliza una metodología mixta para evaluar a los expertos de la industria percepción de las barreras para la implementación y asimilación de BIM y las

---

<sup>84</sup> KRUGER, Jacques. Y ZERANKA, Stephan. Y ZIJL, Gideon van. 3D concrete printing: A lower bound analytical model for buildability performance quantification.

<sup>85</sup> BIM-based Last Planner System tool for improving construction project management.

barreras a lo que constituyen los principios de DPI basados en lo que se ha encontrado en la literatura. Los resultados de la investigación apoyan la hipótesis de que IPD ayuda a superar las barreras para la colaboración, mejorar la participación temprana de los participantes clave y aumentar el nivel de confianza entre los interesados clave; ayudando así a eliminar las barreras para la implementación de BIM. La investigación también ha identificado las principales barreras para la implementación de DPI, que si se superan, podrían mejorar el rendimiento de la construcción en términos de costo, tiempo, eficiencia y productividad en el Reino Unido al desfragmentar a las partes a través de su estructura de acuerdo multipartita, facilitando BIM, mejorando las partes ' participación temprana y colaboración a través de sus principios contractuales BIM inherentes.<sup>86</sup>

---

<sup>86</sup> Facilitating Building Information Modelling (BIM) using Integrated Project Delivery (IPD): A UK perspective

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. FASES DEL TRABAJO DE GRADO

##### 3.1.1. Investigación.

Se investigó en diferentes bases de datos, como Science direct, artículos y revistas sobre la construcción a nivel mundial con implementación de la impresora de gran formato 3D.

##### 3.1.2. Factores de retrasos en los proyectos.

Se detectó los principales factores que generan retrasos en los proyectos de construcción que se han ejecutado a nivel nacional con un elevado costo por medio de visitas técnicas o entrevistas para conocer los datos y el contexto de las impresoras 3D.

##### 3.1.3. Integración de la metodología BIM 2D, 3D, 4D y 5D a los casos de estudio

Para poder realizar una integración de la metodología BIM de 2D (CAD), 3D (Revit) 4D (tiempo) y 5D (costos) en los proyectos civiles de vivienda, local, oficina y bodega, es importante realizar unos pasos previos para ejecutar correctamente estos procesos, los cuales posteriormente harán parte de toda la información necesaria para ejecutar de una manera óptima el modelo en Navisworks. Estos procesos previos, comienzan con las configuraciones paramétricas de la modelación en Revit, como por ejemplo la identificación de las familias en cada proyecto, ya que es de vital importancia en la vinculación de la línea de tiempo y gestión de costos de los proyectos debido a que la programación de las actividades es fundamental en el proceso constructivo para conseguir que este sea innovador y eficiente, y en los costos son relevantes ya que en el desarrollo de las obras se pueden hacer reportes o informes de los retrasos o avances en los procesos constructivos que se desarrollan en la obra.<sup>87</sup>

---

<sup>87</sup> Ana Montilla Duque, 27 de junio de 2017, “Gestión BIM 4D y 5D: planificación temporal y gestión de costes”, Disponible desde Internet en: <<https://revistadigital.inesem.es/disenyo-y-artes-graficas/bim-4d-5d/>>

### 3.1.3.1. Procedimientos previos para la vinculación de la metodología BIM 2D, 3D, 4D y 5D

En seguida, se mostrará la aplicación de la metodología planteada para la obtención de toda la información que son indispensables para la vinculación del 2D, 3D, 4D Y 5D al NavisWorks.

- **Modelación en AutoCAD:** La primera etapa que conforma el BIM sería el modelado paramétrico arquitectónico y estructural de un proyecto por lo tanto se realizaron los planos tradicionales necesarios de cada proyecto (Vivienda, Local, Oficina y Bodega).

- **Cantidades de obra:** El cálculo es importante para la planificación y gestión de costos de un proyecto, es por esto que se realizó el cálculo de la forma convencional con la ayuda del programa AutoCAD.

- **Modelación en Revit:** con éste software se realizaron planos, cortes y fachadas; su diseño arquitectónico, diseño estructural y su diseño de instalaciones hidrosanitarias de cada proyecto (vivienda, local, oficina y bodega), se asignaron los comentarios en las propiedades de cada elemento del modelado en éste, fue bastante importante realizarlo debido a que hacerlo depende de la clasificación de los elementos.

- **Estimación de los costos y tiempos de construcción con la impresora 3D:** por medio de investigaciones se definirá la duración en días de la impresora 3D de gran formato a usar en los cada proceso constructivo la cual se llevara a cabo en obra y que cantidad de personal estará asignado a dicho proceso y esto se realizó a partir de bases de datos ya establecidas efectuando una aproximación real, dicha base de datos fue tomada la empresa COBOD de Dinamarca la cual suministra toda esta información.

- **Cronogramas en MS Project:** Se realizó la duración en días y la ruta crítica de cada una de las fases constructivas de cada proyecto (Vivienda, Local, Oficina y Bodega).

- **Presupuestos en Excel:** Se realizó el presupuesto y programación de obra de cada uno de los proyectos para así tener un control de costos totales de los proyectos.

#### 3.1.4. Simulación BIM 2D, 3D, 4D Y 5D en Navisworks Manage.

Vincular y sincronizar toda la información creada de cada proyecto (vivienda, oficina, local y bodega) con el modelo en Navisworks Manage

#### 3.1.5. Análisis de costos y tiempos.

Según los resultados obtenidos después de la vinculación de toda la información a Navisworks se analizaron los costos y tiempos entre los dos métodos uno con la implementación de las impresoras 3D y otro con el método convencional, realizando las debidas conclusiones y recomendaciones.

### 3.2. INSTRUMENTOS O HERRAMIENTAS UTILIZADAS

#### 3.2.1. Metodología BIM:

Para lograr el desarrollo de éste se manejaron varios softwares nos permite modelar los tipos de infraestructura de los cuales se está haciendo la investigación (casas, bodegas, oficinas y locales comerciales de 100m<sup>2</sup> aproximadamente).

- **AUTOCAD:** Con éste programa se realizó el diseño en 2D (planos) de los diferentes tipos de proyectos.
- **REVIT:** con este programa se realizó el diseño 3D de la tecnología BIM el cual se obtuvo el ciclo de vida completo de un edificio, desde el concepto inicial hasta su edificación con este programa se hizo cambios paramétricos en base a datos relacionales el cual gestionó y coordinó la información necesaria para el modelado del diseño arquitectónico, la construcción, y la ingeniería de un edificio.
- **PRESUPUESTOS (EXCEL):** Con este programa se realizó el debido modelado 4D en el cual se realizó el costo de los diferentes tipos de métodos de construcción.
- **PROJECT:** Con este programa se realizó el debido modelado 5D en el cual se realizó el tiempo de los diferentes tipos de métodos de construcción.
- **NAVISWORK:** Se usó para integrar la metodología BIM es decir con este se tuvo un mayor control del proyecto constructivo debido a que con la

integración de archivos con información constructiva (BIM) y archivos temporales (planificaciones), se obtendrá un archivo en 4D.

### 3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

Para realizar esta investigación se hizo una indagación sobre las empresas de construcción, y las empresas que usan esta tecnología, buscando recopilar la mayor cantidad de datos posibles. Para esto se emplearon entrevistas, indagaciones web, recopilación de información y demás.

### 3.4. ALCANCES Y LIMITACIONES

#### Alcances

- Presentar un estudio detallado, a través de una investigación exploratoria y comparativa, el cual se realizará en el transcurso del semestre, contando con la asesoría y conocimientos del Ingeniero Juan Sebastián Vargas, tutor del proyecto de grado, y en cuanto a la implementación y los conocimientos de la impresión 3D de gran formato se contara con el apoyo del ingeniero Federico Saldarriaga (Profesional de innovación), buscando el cumplimiento de los objetivos y además comprobar la veracidad de las hipótesis planteadas durante la investigación.
- Esta investigación académica abarcara la implementación de esta herramienta para la construcción de viviendas, locales y bodegas comerciales de 100m<sup>2</sup> aproximadamente.
- Indagar sobre la relación de los beneficios generados a partir de la implementación de la tecnología BIM y la impresión 3D de gran formato.

#### Limitaciones

- La principal limitación para la implementación de esta herramienta en Colombia es la NSR 10, debido a que esta herramienta es muy nueva.
- El periodo de tiempo para la recolección de datos y realización de la investigación pues este solo comprende una duración de un año a partir de septiembre de 2019.
- No poder contar con la suficiente información exigidas por la academia para realizar el proyecto.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

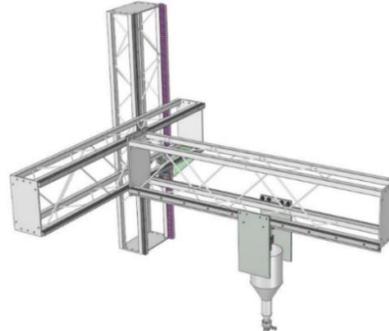
### 4.1. EMPRESAS QUE IMPLEMENTAN LA IMPRESORA 3D (VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE USAR ÉSTA EN CONSTRUCCIÓN DE MUROS EN CONCRETO)

A continuación se mostrará la investigación realizada sobre las ventajas y desventajas dadas por las empresas que hacen uso de la impresora 3D para la construcción de muros en concreto en edificaciones, tal como fue aprobada en la propuesta de grado.

#### 4.1.1. COBOD – Dinamarca

Es una empresa creadora de impresoras en 3D ubicada en Dinamarca, ésta realizó su primera impresora 3D llamada BOD (Building On Demand) la cual fue implementada para la construcción de un edificio en Europa. Actualmente tienen una impresora con una nueva versión mejorada tanto en su funcionalidad como en su estabilidad llamada BOD<sub>2</sub>.<sup>88</sup>

**Imagen 8.** Módulos de la impresora BOD<sub>2</sub>



Fuente: (Cobod, 2018)

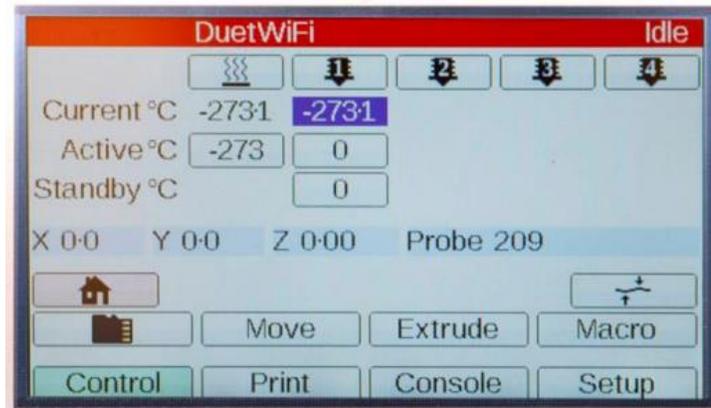
Todas las versiones de la BOD<sub>2</sub> están diseñadas para mover el cabezal de impresión a una velocidad máxima de 1000 mm/s y ésta cuenta con el propio software de rebanador desarrollado por la empresa el cual genera un programa de impresión para dicha impresora donde el segmentador funciona con la entrada de archivos.stl creada por la exportación .stl de sistemas de dibujo 3D arquitectónicos normales.<sup>89</sup>

<sup>88</sup> Cobod, 2020, “what we do” Disponible desde Internet en: <<https://cobod.com/about-us/>>

<sup>89</sup> Cobod, 2020, “Modular 3d construction printer”, Disponible desde Internet en: <<https://cobod.com/bod2/>>

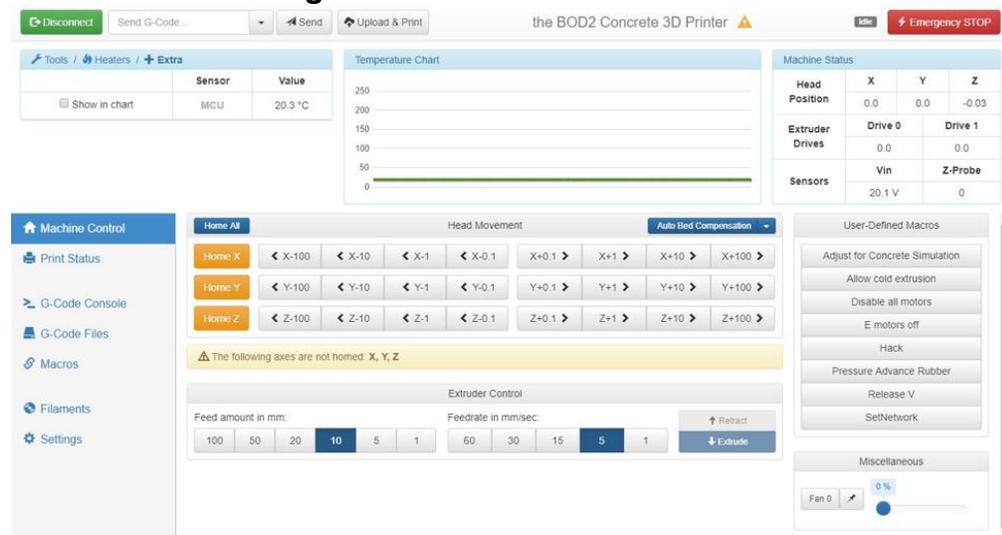
El interfaz está controlado por un controlador de impresora llamado Duet Wifi o Duet Ethernet 3D. El Duet es un controlador de impresora 3D de código abierto desarrollado por el británico David Crocker a través de su compañía y puede ser controlado desde un panel táctil en el E-box o mediante una interfaz web. Debido a que la electrónica que controla es de código abierto.<sup>90</sup>

**Imagen 9.** Interfaz del panel táctil BOD<sub>2</sub>



Fuente: Fuente: (Cobod, 2018)

**Imagen 10.** La interfaz web de BOD<sub>2</sub>



Fuente: Fuente: (Cobod, 2018)

<sup>90</sup> Cobod, 2020, "BOD2: specifications", Disponible desde Internet en: <https://cobod.com/bod2-specifications/>

Para el manejo de la impresora cuenta con un manual el cual explica cómo se debe operar el sistema y así poder realizar el proyecto a ejecutar y además, si es necesario, se puede comprar más capacitación según sea necesario.<sup>91</sup>

Estas impresoras 3D de gran formato se hacen a pedido, la empresa COBOD requiere un 90% de pre-pago antes de la entrega; donde el 50% del costo de la impresora se cancela al momento de realizar el pedido, el 40% cuando la impresora está lista para enviar y el 10% restante del costo total de la impresora 3D se debe pagar después de la instalación.<sup>92</sup>

#### 4.1.2. CyBe Construction

CyBe es una empresa holandesa que está revolucionando la industria de la construcción con la expansión de las oportunidades tecnológicas como las estructuras de hormigón impresas en 3D de gran formato, de una forma rápida y eficaz, cuentan con un software, un hardware y materiales educativos, considerándose una empresa de tecnología para la industria de la construcción.<sup>93</sup>

Tienen un software la cual se basa en la rapidez y flexibilidad. Está desarrollado para la producción rápida y flexible de elementos impresos prefabricados e in situ siendo el resultado más barato y más sostenible.<sup>94</sup>

Cuentan con 3 estrategias de impresión:

Tabla 4. Estrategias de impresión.

| Directamente en el sitio   | Semi-prefabricado  | Prefabricado   |
|--|--|--|
| La empresa transporta la impresora 3D al sitio de construcción e imprime los elementos en la ubicación final del proyecto. | La impresora 3D se ubica en el sitio de construcción e imprime los elementos en un lado reubicando los elementos en la ubicación final del proyecto. | Cada elemento está impreso dentro de la fábrica de CyBe Construction. Luego, se transporta al sitio de construcción. |

Fuente: <https://cybe.eu/service/3d-printing/>

La empresa CyBe Construction ofrece servicios de impresión de concreto en 3D para clientes en todas las facetas de la industria de la construcción, y en todo el

<sup>91</sup> Cobod, 2020, "BOD2: specifications", Disponible desde Internet en: <<https://cobod.com/bod2-specifications/>>

<sup>92</sup> Cobod, 2020, "BOD2: specifications", Disponible desde Internet en: <<https://cobod.com/bod2-specifications/>>

<sup>93</sup> CyBe Construction, 2018, "We are convinced", Disponible desde Internet en: <<https://cybe.eu/>>

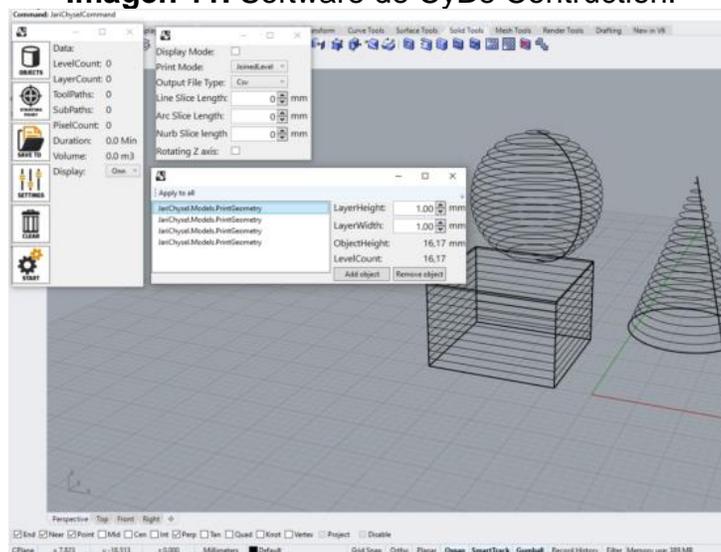
<sup>94</sup> CyBe Construction, 2018, "3D Printing", Disponible desde Internet en: <<https://cybe.eu/service/3d-printing/>>

mundo. El hardware, el software y los materiales de aprendizaje de CyBe simplifican el proceso de construcción generalmente complejo, haciendo que la impresión en 3D sea accesible para todos.<sup>95</sup>

La empresa ha desarrollado un mortero específicamente para aplicarla en la impresora de hormigón en 3D, es un material de alto rendimiento y duradero en todos los entornos. Además, no es metálico y contiene cantidades muy bajas de cloruro y sulfato, además éste mortero se establece en tres minutos y logra una resistencia estructural en solo una hora. Esto permite un proceso de impresión rápido y eficiente, una reducción de costos y resultados sostenibles.<sup>96</sup>

Las impresoras 3D se proporcionan de manera estándar con el software CyBe CHYSEL, el cual es un software de corte que se utiliza para generar una trayectoria a partir de modelos 3D digitales. Algunos ejemplos de lo que se puede dar como entrada son el ancho de capa, la altura de capa y la velocidad de impresión.

**Imagen 11. Software de CyBe Construction.**



Fuente: (CyBe Construction, 2019)

<sup>95</sup> CyBe Construction, 2019, “3D concrete printers”, Disponible desde Internet en: <https://cybe.eu/technology/3d-printers/> >

<sup>96</sup> CyBe Construction, 2019, “CyBe Mortar”, Disponible desde Internet en: <https://cybe.eu/technology/cybe-mortar/> >

#### 4.1.3. Ventajas y desventajas.

De lo investigado anteriormente, cada empresa ha desarrollado un proyecto de construcción implementando la impresora 3D de gran formato significando que cada una tiene experiencias con el resultado obtenido después de esto, las cuales se muestran a continuación:

Tabla 5. Ventajas y desventajas de usar Impresoras 3D de gran formato.

| <b>VENTAJAS</b>  | <b>DESVENTAJAS</b>  |
|--|---|
| La mezcla de concreto usada en las impresoras 3D de gran formato se creó usando materiales reciclados ayudando con el medio ambiente.  | La adquisición de la impresora 3D de gran formato es de un muy elevado costo.   |
| La impresión en 3D aporta la facilidad de realizar las formas libres en la arquitectura, es decir, a la impresora no le importa si las paredes son rectas o con curvas.  | La gran parte de impresoras 3D de gran formato son solo preparadas para hacer casas de una sola planta.   |
| Debido a la velocidad, el material y los bajos requisitos de mano de obra, presuntamente el costo de un muro por m <sup>2</sup> impreso en 3D es relativamente bajo en comparación con los edificios convencionales. | Pone en peligro los puestos de trabajo de los obreros de las obras de construcción.   |
| Para la construcción de muros no son necesarios los moldes, y por ende se evitan los residuos y costes de éstos.   | Al ser una tecnología innovadora, aún existen pocos operadores especializados en el manejo de la impresora 3D, elevando el valor monetario a pagar para capacitar al personal |
| Reducen los costos energéticos aproximadamente un 60% gracias a las propiedades térmicas que contienen los muros.  |   |
| La construcción de 70 metros cuadrados es de aproximadamente menos de 24 horas.  |   |

Fuente propia.

#### **4.2. TIEMPOS Y COSTOS DE LOS PROYECTOS CONSTRUIDOS CON LA AYUDA DE LAS IMPRESORAS 3D Y LA METODOLOGIA BIM**

A continuación se mostrarán los tiempos y costos realizados en cada proyecto (vivienda, oficina, local y bodega) de construcción implementando la impresora 3D de gran formato y la metodología BIM para la construcción de muros en concreto en edificaciones como métodos innovadores, tal como se mencionó en la en la propuesta de grado aprobada, pero antes se mostrará una tabla resumen de cada proyecto con sus parámetros y descripciones:

Tabla 6. Resumen de proyectos de construcción.

| PROYECTO | DESCRIPCION                                       | UBICACIÓN       | AREA (m <sup>2</sup> ) | DISTRIBUCIÓN  |
|----------|---|-----------------|------------------------|---|
| Vivienda | Proyecto familiar, que consta de 1 solo nivel.    | Vélez Santander | 77                     | 3 alcobas, 1 sala, 1 comedor, cocina, 1 baño y 1 patio de ropas     |
| Oficina  | Proyecto empresarial, que consta de 1 solo nivel. | Vélez Santander | 77                     | 2 oficinas, 1 sala de espera, 1 patio, 1 cocineta y 1 baño          |
| Local    | Proyecto comercial, que consta de 1 solo nivel.   | Vélez Santander | 77                     | 1 Oficina, 1 patio, 1 zona de vitrinas, 1 cocineta y 1 baño         |
| Bodega   | Proyecto comercial, que consta de 1 solo nivel.   | Vélez Santander | 77                     | 1 Oficina, 1 patio, 1 cuarto de almacenamiento, 1 cocineta y 1 baño |

Fuente propia.

En seguida se mostrará el costo de las impresoras 3D investigadas las cuales son vendidas por las empresas de COBOD y CyBe Construction que fueron mencionadas anteriormente.

#### - COBOD

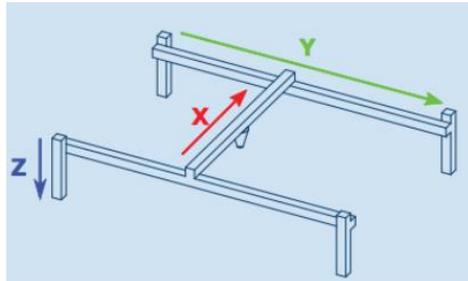
Cada impresora BOD<sub>2</sub> consta de un sistema de pórtico con varios módulos. El número de módulos se elige para adaptarse al proyecto de construcción específico y cada módulo tiene una longitud de 2,5 metros el cual puede extenderse en cualquiera de los tres ejes. Existen 3 tipos de BOD<sub>2</sub> en donde varían los módulos y precios dependiendo la configuración de cada una de ellas.<sup>97</sup>

• **BOD<sub>2-111</sub>** : ésta compuesta de 1 modulo en los ejes x, y & z, la cual abarca un área de impresión de 1,9X2,1X1.5 m ésta tiene un precio de 180.000 € sin IVA incluido que aproximadamente en pesos colombianos es de \$661.557.600 según la tasa representativa promedio de enero 2020.<sup>98</sup>

<sup>97</sup> Cobod, 2020, "about us", Disponible desde Internet en: <<https://cobod.com/about-us/>>

<sup>98</sup> Cobod, 2020, "Modular 3d construction printer", Disponible desde Internet en: <<https://cobod.com/bod2/>>

**Imagen 12.** Impresora 3D con 1 módulo.



Fuente: (Cobod, 2019)

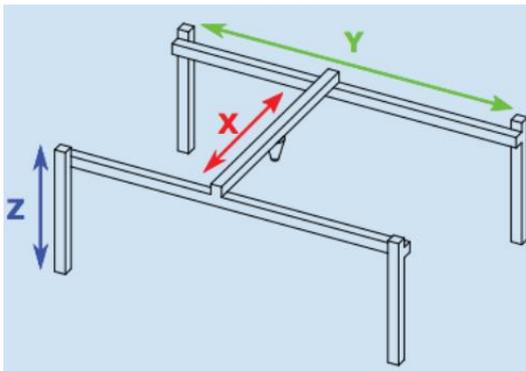
**Imagen 13.** BOD<sub>2-111</sub>



Fuente: (Cobod, 2019)

- **BOD<sub>2-253</sub>** : Está compuesta de 2 módulos en el eje x, 5 módulos en el eje y y 3 módulos en el eje z, la cual abarca un área de impresión de 12 x 7,2 x 6,6 m ésta tiene un precio de 289.000 € que aproximadamente en pesos colombianos es de \$1'062.167.480 según la tasa representativa promedio de enero 2020.<sup>99</sup>

**Imagen 14.** Impresora 3D con 2 módulos.



Fuente: (Cobod, 2019)

**Imagen 15.** BOD<sub>2-253</sub>



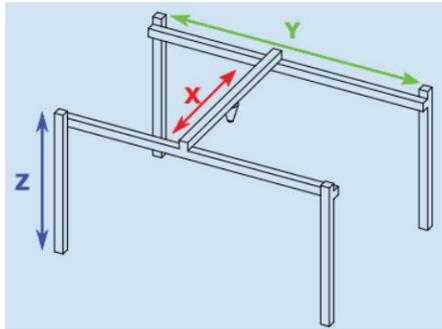
Fuente: (Cobod, 2019)

- **BOD<sub>2-3183</sub>**: ésta compuesta de 3 módulos en el eje x, 18 módulos en el eje y y 3 módulos en el eje z, la cual abarca un área de impresión de 7,0 x 34,9 x 5,6 m ésta tiene un precio de 828000 € que aproximadamente en pesos colombianos es de \$3'043.164.960 según la tasa representativa promedio de enero 2020.<sup>100</sup>

<sup>99</sup> Cobod, 2020, "Modular 3d construction printer", Disponible desde Internet en: <https://cobod.com/bod2/>

<sup>100</sup> Cobod, 2020, "Modular 3d construction printer", Disponible desde Internet en: <https://cobod.com/bod2/>

**Imagen 16.** Impresora 3D con 3 módulos



Fuente: (Cobod, 2019)

**Imagen 17.** BOD<sub>2</sub>-3183



Fuente: (Cobod, 2019)

La receta o cantidad de material que usan los fabricantes de la impresora 3D para 19 metros cúbicos en la construcción en 3D es la siguiente:

**Tabla 7.** Cantidad de material por 19 m<sup>3</sup>.

| Material                                  | Cantidad (ton) | Cantidad (Kg) | Precio (DKK)<br>(1 EUR = 7.45 DKK) | Precio (EUR) | Precio (\$) | Porcentaje en peso (%) |
|---|----------------|---------------|------------------------------------|--------------|-------------|------------------------|
| <b>Cemento</b>                            | 6.12           | 6120          | 10374                              | 1392.48      | \$5.117.821 | 32                     |
| <b>Arena de 0-2 mm</b>                    | 3.5            | 3500          | 595                                | 79.87        | \$293.532   | 18                     |
| <b>Grava de 0-4 mm (0-8mm)</b>            | 3.5            | 3500          | 637                                | 85.50        | \$314.252   | 18                     |
| <b>Tejas recicladas de 0-4 mm (0-8mm)</b> | 4.38           | 4380          | 525                                | 70.47        | \$258.999   | 23                     |
| <b>Agua</b>                               | 1.66           | 1660          | 62                                 | 8.32         | \$30.587    | 9                      |
| <b>Plastificante</b>                      | 0.04           | 40            | 191                                | 25.64        | \$94.226    | 0                      |
| <b>Fibras agrietadas</b>                  | 0.02           | 20            | 1038                               | 139.33       | \$512.078   | 0                      |
| <b>TOTAL</b>                              | 19.22          | 19220         | 13422                              | 1801.61      | \$6.621.496 | 100                    |

Fuente: Cobod, 2020, "BOD2: specifications", Disponible desde Internet en: <https://cobod.com/bod2-specifications/>

La empresa diseño su propia receta para usarla en la impresora 3D que manejan, y se tiene que para un metro cuadrado la receta o cantidad de material para la impresora 3D en la construcción en basándonos en lo anterior es la siguiente:

Tabla 8. Cantidad de material por 1 m<sup>3</sup>.

| Material                                  | Cantidad (ton) | Cantidad (Kg) | Precio (DKK)<br>(1 EUR = 7.45 DKK) | Precio (EUR) | Precio (\$) |
|---|----------------|---------------|------------------------------------|--------------|-------------|
| <b>Cemento</b>                            | 0.322          | 322.11        | 546                                | 73.29        | \$269.359   |
| <b>Arena de 0-2 mm</b>                    | 0.184          | 184.21        | 31                                 | 4.20         | \$15.449    |
| <b>Grava de 0-4 mm (0-8mm)</b>            | 0.184          | 184.21        | 34                                 | 4.50         | \$16.540    |
| <b>Tejas recicladas de 0-4 mm (0-8mm)</b> | 0.231          | 230.53        | 28                                 | 3.71         | \$13.632    |
| <b>Agua</b>                               | 0.087          | 87.37         | 3                                  | 0.44         | \$1.610     |
| <b>Plastificante</b>                      | 0.002          | 2.11          | 10                                 | 1.35         | \$4.959     |
| <b>Fibras agrietadas</b>                  | 0.001          | 1.05          | 55                                 | 7.33         | \$26.951    |
| <b>TOTAL</b>                              | 1.0            | 1011.58       | 700                                | 93.96        | \$345.350   |

#### Realización propia

La receta que se usa es realmente parecida a la de un concreto tradicional, aunque es más fuerte y más duradera que las recetas de mortero utilizadas por otras impresoras de brazo de robot debido a que la resistencia a la compresión es de 52 MPa. Con lo anterior, el precio por tonelada o por metro cúbico es de aproximadamente 700 DKK por metro cúbico que equivalen a 93.96 Euros donde el euro es de \$ 3.675,32 pesos M/CTE, es decir, \$ 345.350 pesos colombianos con tasa representativa del mercado del mes de enero de 2020.<sup>101</sup>

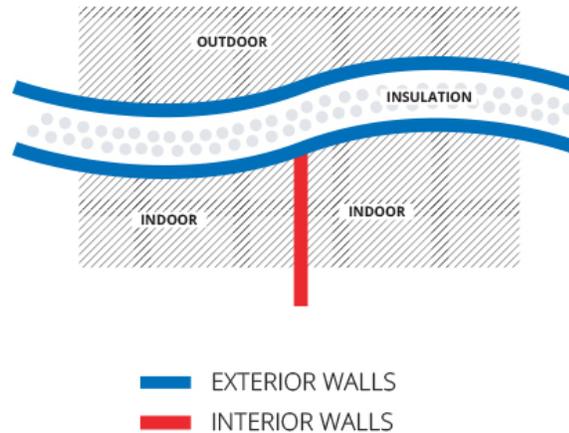
La empresa cuenta con una calculadora, donde se puede estimar el costo de un proyecto de construcción en 3D, en esta se completan algunas variables donde ésta arrojará el tiempo, el uso del material y el costo total de la impresión en 3D en función de 12 factores de entrada de las paredes del proyecto a realizar.<sup>102</sup>

Todos los cálculos se basan en paredes exteriores de doble cara y todas las paredes interiores de una sola cara como se muestra en la siguiente imagen:

<sup>101</sup> Tasa representativa del mercado, 2020, “enero 2020”, Disponible desde Internet en: <<https://cambio.today/historico/euro/peso-colombiano/enero-2020>>

<sup>102</sup> Cobod, 2020, “Cost Calculator”, Disponible desde Internet en: <<https://cobod.com/project-cost-calculator/>>

**Imagen 18.** Esquema representativo de paredes exteriores e interiores.



Fuente: (Cobod, 2018)

En todos los casos o proyectos a evaluar se usara un espesor de pared de los muros internos es de 5 cm, una altura de capa de cada muro de 2 cm, un operador que maneje la máquina y dos ayudantes que se encargaran del monte y desmonte de ésta con una tarifa por hora de \$14.583 pesos M/CTE correspondientes a un salario mensual de \$2'800.000 pesos M/CTE por nómina el cual es un salario promedio de varias empresas del sector, usando un costo del concreto de aproximadamente de \$345.350 pesos M/CTE por metro cúbico.<sup>103</sup>

El costo de envío desde el país de Dinamarca a Colombia es de aproximadamente 18 millones de pesos según la cotización realizada que se muestra a continuación;

**Imagen 19.** Cotización de envío de impresora a Colombia.



**Puarot** ¡Llámanos! 3503189855 Personas Empresas FAQ Contacto

1. Selecciona el servicio 2. Completa el formulario 3. Realiza el pago 4. ¡Listo para recoger!

**Puarot Servicio Especial Rápido Importación** ★ Precio más bajo hoy  
Recibes la guía por email. [Ver más](#)  
Tiempo de tránsito : 3-4 días

★ **\$18.030.706** IVA incluido  
**Contratar**  
[Enviar cotización](#)

**Resumen**

|               |                       |
|---------------|-----------------------|
| Tipo de envío | Paquete               |
| Desde         | Dinamarca             |
| Hacia         | Colombia              |
| Peso          | 70kg                  |
| Dimensiones   | 100cm x 100cm x 100cm |

¡Paga seguro con PayU!

Fuente: Puarot, 2020, Disponible desde Internet en: <<https://co.puarot.com/>>

<sup>103</sup> Cobod, 2020, "Cost Calculator", Disponible desde Internet en: <<https://cobod.com/project-cost-calculator/>>

## - CyBe Construction

La empresa CyBe Construction vende 2 tipos de impresoras 3D, las cuales se muestran a continuación:

### ✓ Impresora 3D móvil:

La CyBe RC 3Dp es una impresora concreta 3D móvil y se puede utilizar en múltiples ubicaciones. Gracias a su portabilidad, esta impresora es ideal para empresas constructoras y fábricas prefabricadas. Tiene un brazo robótico ABB se asienta sobre una oruga de goma y móvil que facilitan la maniobra de la impresora en cualquier terreno. Los pies hidráulicos estabilizan la máquina mientras imprime y son extensibles, aumentando la altura total imprimible dependiendo los proyectos.<sup>104</sup>

Esta impresora tiene un costo desde 180000 € que aproximadamente en pesos colombianos es de \$661.557.600 según la tasa representativa promedio de enero 2020, es decir que no se sabe el precio exacta, si hay más versiones de ésta y si las hay, el costo de cada una de ellas. Si se compra la impresora 3D la empresa ofrece lo siguiente:

- Brazo robótico
- Sistema de orugas
- Unidad de control (incluido el software de CyBe)
- Sistema de bomba de mezcla
- Almacenamiento de material

**Imagen 20.** Impresora 3D móvil



Fuente: (CyBe Construction, 2018)

<sup>104</sup> CyBe Construction, 2019, "3D concrete printers", Disponible desde Internet en: <https://cybe.eu/technology/3d-printers/> >

✓ Impresora fija

La impresora 3D llamada CyBe R 3Dp es fija de nivel básico. Esta impresora es ideal para institutos de investigación, universidades y proveedores que realizan pruebas internas, creación de prototipos o producción prefabricada. El brazo robótico ABB.<sup>105</sup>

El sistema de bomba mixta mueve el mortero CyBe a través de una manguera de bomba de concreto al brazo robótico, que luego imprime en 3D en la ubicación programada. El robot en sí mismo se controla a través de una unidad de control que ejecuta el software CyBe.<sup>106</sup>

Esta impresora tiene un costo desde 150000 € que aproximadamente en pesos colombianos es de \$551.298.000 según la tasa representativa promedio de enero 2020, si se compra la impresora 3D la empresa ofrece lo siguiente:

- Brazo robótico
- Unidad de control (incluido el software de CyBe)
- Sistema de bomba de mezcla
- Sistema de orugas
- Almacenamiento de material
- Robot base

**Imagen 21.** Impresora Fija.



Fuente: (CyBe Construction, 2018)

<sup>105</sup> CyBe Construction, 2019, “3D concrete printers”, Disponible desde Internet en: <https://cybe.eu/technology/3d-printers/> >

<sup>106</sup> CyBe Construction, 2019, “3D concrete printers”, Disponible desde Internet en: <https://cybe.eu/technology/3d-printers/> >

El costo de envío desde el país de Holanda a Colombia es de aproximadamente 18 millones de pesos según la cotización realizada que se muestra a continuación;

**Imagen 22.** Cotización de envío de impresora a Colombia.



**Puarot** ¡Llámanos! 3503189855 Personas Empresas FAQ Contacto

**Puarot Servicio Especial Rápido Importación** ★ **\$18.473.868**  
 IVA incluido  
 ★ Precio más bajo hoy  
 Recibes la guía por email. [Ver más](#)  
 Tiempo de tránsito : 3-4 días

**Resumen**

|               |                       |
|---------------|-----------------------|
| Tipo de envío | Paquete               |
| Desde         | Holanda               |
| Hacia         | Colombia              |
| Peso          | 70kg                  |
| Dimensiones   | 100cm x 100cm x 100cm |

¡Paga seguro con PayU!

Fuente: Puarot, 2020, Disponible desde Internet en: <<https://co.puarot.com/>>

Se mostrara un resumen de costos de las impresoras 3D y lo que incluye cada empresa al comprarla para escoger cual manejar en el desarrollo de los proyectos:

Tabla 9. Resumen de empresas de impresoras 3D.

| EMPRESA                  | IMPRESORA 3D         | COSTO                             | INCLUYE  |
|--------------------------|----------------------|-----------------------------------|--|
| <b>COBOD</b>             | BOD <sub>2-253</sub> | 289.000 € =<br>\$1'062.167.480    | - Mantenimientos<br>- Software<br>-Capacitaciones operadores |
| <b>CyBe Construction</b> | Impresora 3D móvil   | Desde 150.000€<br>= \$661.557.600 | - Software   |

Fuente propia.

Como se observa en la tabla resumen anterior, la primer característica es que la impresora 3D que ofrece COBOD es más costosa debido a la dimensión de ésta, pues la cantidad de ejes, de módulos y el área de impresión que tiene es mayor a la impresora que ofrece la de CyBe Construction según las características obtenidas en la investigación, la segunda característica es que el costo de la impresora 3D móvil no es exacto ya que puede variar y no se saben las características exactas de las demás y del porque varia el costo, la tercera y última es que al momento de la compra de cada una incluye ciertos beneficios donde la BOD<sub>2-253</sub> tiene más, es decir, las capacitaciones y mantenimientos que son adicional a la de la Impresora 3D móvil generarían un costo al adquirirlos ya que son necesarios para el uso de la misma, este costo es de aproximadamente 150.000 € más por lo tanto el costo de la impresora 3D móvil es de 300.000€ que es \$1'102.596.000 pesos M/CTE según la

tasa representativa promedio de enero 2020, superando el costo de la BOD<sub>2-253</sub> que ofrece la empresa de COBOD ubicada en Dinamarca.

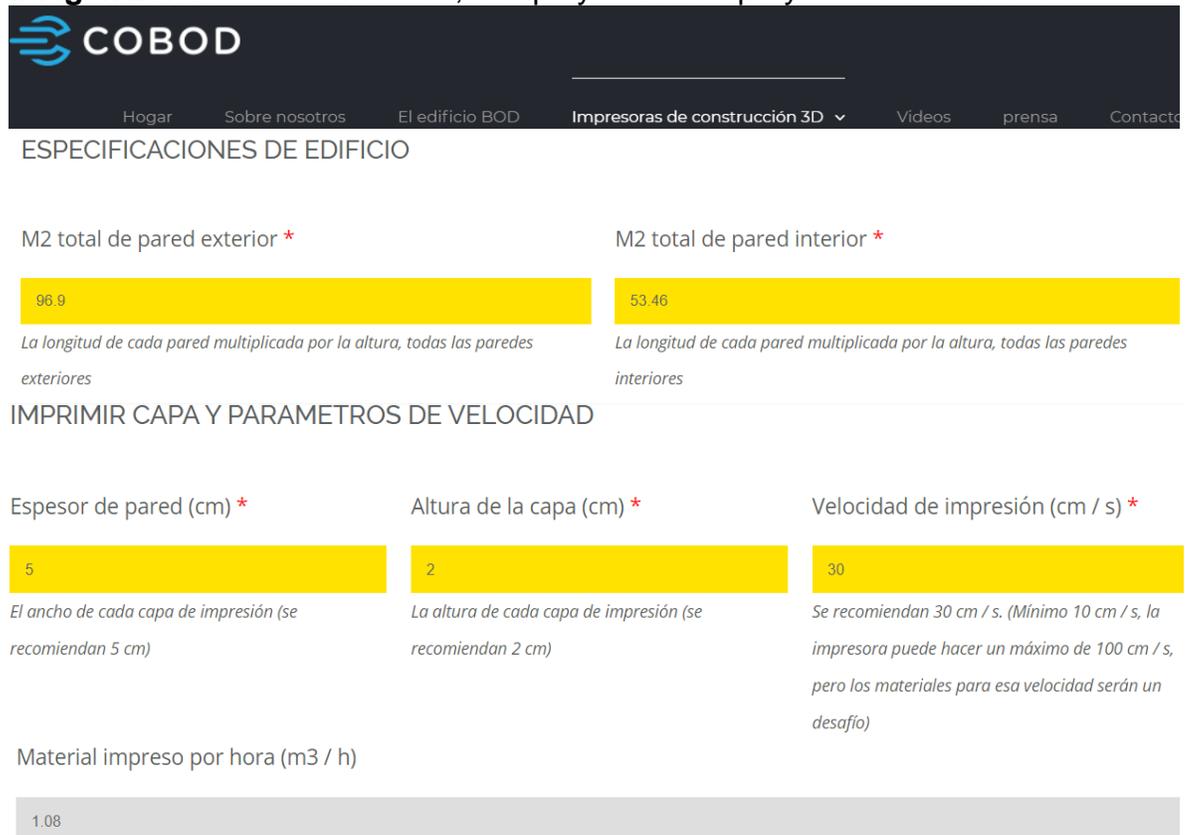
Por las 3 razones mencionadas anteriormente, se elige la impresora BOD<sub>2-253</sub> de la empresa COBOD de Dinamarca debido a que es más sustentable por los alcances y ventajas que brindan, por ende los presupuestos a realizar en cada proyecto de construcción se utilizarán los costos de muro por m<sup>2</sup> investigados en la empresa COBOD.

#### 4.2.1. Tiempos y costos de la construcción de muros con la impresora 3D

##### - VIVIENDA

La vivienda cuenta con un área de fachada (pared exterior) de 96.9 m<sup>2</sup> y un área interna de 53.46 m<sup>2</sup> insertando estos valores en la calculadora se obtiene lo siguiente:

#### Imagen 23. Cálculo de material, tiempo y costo del proyecto de la vivienda.



The screenshot shows the COBOD website interface for calculating building specifications and printing parameters. The page is titled "ESPECIFICACIONES DE EDIFICIO" and includes a navigation menu with options like "Hogar", "Sobre nosotros", "El edificio BOD", "Impresoras de construcción 3D", "Videos", "prensa", and "Contacto".

Under "ESPECIFICACIONES DE EDIFICIO", there are two input fields for wall area:

- M2 total de pared exterior \***: 96.9. Description: *La longitud de cada pared multiplicada por la altura, todas las paredes exteriores*
- M2 total de pared interior \***: 53.46. Description: *La longitud de cada pared multiplicada por la altura, todas las paredes interiores*

Below this is the section "IMPRIMIR CAPA Y PARAMETROS DE VELOCIDAD" with three input fields:

- Espesor de pared (cm) \***: 5. Description: *El ancho de cada capa de impresión (se recomiendan 5 cm)*
- Altura de la capa (cm) \***: 2. Description: *La altura de cada capa de impresión (se recomiendan 2 cm)*
- Velocidad de impresión (cm / s) \***: 30. Description: *Se recomiendan 30 cm / s. (Mínimo 10 cm / s, la impresora puede hacer un máximo de 100 cm / s, pero los materiales para esa velocidad serán un desafío)*

At the bottom, there is a field for **Material impreso por hora (m<sup>3</sup> / h)** with a value of 1.08.

## ENTRADA ECONÓMICA

Precio de material por m3 \*

345,350

*El precio del concreto 3D es típicamente el precio del concreto normal + 20%*

Número de operadores \*

1

*Recomendamos 2 operadores, pero se puede hacer con 1*

Tarifa por hora para operadores de impresoras (moneda local) \*

14,583

*Variará considerablemente de un país a otro*

## TIEMPO DE CONFIGURACIÓN Y FACTOR DE RIESGO

Factor de seguridad (porcentaje,%) \*

50

*Ejemplo: el 50% aumenta el número de horas de impresión en un 50%; deje que refleje la cantidad de experiencia que tiene con la impresión de construcción en 3D*

Tiempo de configuración de la impresora en el sitio (horas) \*

8

*La configuración inicial requerirá 8 horas*

Tiempo de inactividad de la impresora en el sitio (horas) \*

4

*El primer desmontaje requerirá 4 horas.*

Número de trabajadores involucrados en la instalación / desmontaje \*

2

*Se recomiendan 2 trabajadores*

## COSTO TOTAL, TIEMPO Y MATERIAL NECESARIO

Total m2 de paredes (m2)

140

Total m2 de paredes a imprimir (m2)

235

*(Incluidas paredes exteriores de doble cara)*

Uso total de material (m3)

11.80

Horas de tiempo de impresión: teórico (horas)

10.88

Horas de tiempo de impresión necesarias, incluido el factor de seguridad (horas)

16.32

Total de horas del operador para imprimir (horas)

18.60

*incl. preparación*

Total de horas de operación para el proyecto (horas)

42.60

*incl. configuración y tiempo de inactividad*

Costo total de los operadores.

621,235.80

*moneda local*

Costo total por m<sup>2</sup> de muro

33,422.13

*moneda local*

Costo total del concreto

4,057,862.50

*moneda local*

Costo total del proyecto.

4,679,098.30

*moneda local*

Fuente: Cobod, 2019, "Cost Calculator", Disponible desde Internet en:  
<<https://cobod.com/project-cost-calculator/>>

Como se observa en lo anterior, se tiene como resultado lo siguiente:

- Tiempo en horas necesarias para el desarrollo del proyecto = 42.70 horas
- Costo total por m<sup>2</sup> de muro= \$33.422 pesos M/CTE
- Costo total de operarios= \$622.694 pesos M/CTE
- Costo total del concreto= \$4'057.863 pesos M/CTE
- **Costo total del proyecto = 4'679.098 pesos M/CTE**

- OFICINA:

La oficina cuenta con un área de fachada (pared exterior) de 96.9 m<sup>2</sup> y un área interna de 53.46 m<sup>2</sup> insertando estos valores en la calculadora se obtiene lo siguiente:

## Imagen 24. Cálculo de material, tiempo y costo del proyecto de las oficinas.



### ESPECIFICACIONES DE EDIFICIO

M2 total de pared exterior \*

96.9

La longitud de cada pared multiplicada por la altura, todas las paredes exteriores

M2 total de pared interior \*

53.46

La longitud de cada pared multiplicada por la altura, todas las paredes interiores

### IMPRIMIR CAPA Y PARAMETROS DE VELOCIDAD

Espesor de pared (cm) \*

5

El ancho de cada capa de impresión (se recomiendan 5 cm)

Altura de la capa (cm) \*

2

La altura de cada capa de impresión (se recomiendan 2 cm)

Velocidad de impresión (cm / s) \*

30

Se recomiendan 30 cm / s. (Mínimo 10 cm / s, la impresora puede hacer un máximo de 100 cm / s, pero los materiales para esa velocidad serán un desafío)

Material impreso por hora (m3 / h)

1.08

### ENTRADA ECONÓMICA

Precio de material por m3 \*

345,350

El precio del concreto 3D es típicamente el precio del concreto normal + 20%

Número de operadores \*

1

Recomendamos 2 operadores, pero se puede hacer con 1

Tarifa por hora para operadores de impresoras (moneda local) \*

14,583

Variará considerablemente de un país a otro

### TIEMPO DE CONFIGURACIÓN Y FACTOR DE RIESGO

Factor de seguridad (porcentaje,%) \*

50

Ejemplo: el 50% aumenta el número de horas de impresión en un 50%; deje que refleje la cantidad de experiencia que tiene con la impresión de construcción en 3D

Tiempo de configuración de la impresora en el sitio

(horas) \*

8

La configuración inicial requerirá 8 horas

Tiempo de inactividad de la impresora en el sitio (horas) \*      Número de trabajadores involucrados en la instalación /  
desmontaje \*

4

*El primer desmontaje requerirá 4 horas.*

2

*Se recomiendan 2 trabajadores*

### COSTO TOTAL, TIEMPO Y MATERIAL NECESARIO

Total m2 de paredes (m2)

150

Total m2 de paredes a imprimir (m2)

247

*(Incluidas paredes exteriores de doble cara)*

Uso total de material (m3)

12.40

Horas de tiempo de impresión: teórico (horas)

11.44

Horas de tiempo de impresión necesarias, incluido el factor de seguridad (horas)

17.16

Total de horas del operador para imprimir (horas)

19.70

*incl. preparación*

Total de horas de operación para el proyecto (horas)

43.70

*incl. configuración y tiempo de inactividad*

Costo total de los operadores.

637,277.10

*moneda local*

Costo total por m2 de muro

32,682.33

*moneda local*

Costo total del concreto

4,265,072.50

*moneda local*

Costo total del proyecto.

4,902,349.60

*moneda local*

Fuente: Cobod, 2020, "Cost Calculator", Disponible desde Internet en:  
<<https://cobod.com/project-cost-calculator/>>

Como se observa en lo anterior, se tiene como resultado lo siguiente:

- Total de horas necesarias para el desarrollo del proyecto = 43.7 horas
- Costo total por m<sup>2</sup> de muro= \$32.682 pesos M/CTE

- Costo total de operarios= \$637.277 pesos M/CTE
- Costo total del concreto= \$4'265.073 pesos M/CTE
- **Costo total del proyecto = \$4'902.350 pesos M/CTE**

- LOCAL:

El local cuenta con un área de fachada (pared exterior) de 93.44 m<sup>2</sup> y un área interna de 23.1 m<sup>2</sup> insertando estos valores en la calculadora se obtiene lo siguiente:

**Imagen 25.** Cálculo de material, tiempo y costo del proyecto del local.



**COBOD**

Hogar Sobre nosotros El edificio BOD **Impresoras de construcción 3D** Videos prensa Contacto

M2 total de pared exterior \* 93.44  
*La longitud de cada pared multiplicada por la altura, todas las paredes exteriores*

M2 total de pared interior \* 23.1  
*La longitud de cada pared multiplicada por la altura, todas las paredes interiores*

IMPRIMIR CAPA Y PARAMETROS DE VELOCIDAD

Esesor de pared (cm) \* 5  
*El ancho de cada capa de impresión (se recomiendan 5 cm)*

Altura de la capa (cm) \* 2  
*La altura de cada capa de impresión (se recomiendan 2 cm)*

Velocidad de impresión (cm / s) \* 30  
*Se recomiendan 30 cm / s. (Mínimo 10 cm / s, la impresora puede hacer un máximo de 100 cm / s,*

Material impreso por hora (m3 / h) 1.08

ENTRADA ECONOMICA

Precio de material por m3 \* 345,350  
*El precio del concreto 3D es típicamente el precio del concreto normal + 20%*

Número de operadores \* 1  
*Recomendamos 2 operadores, pero se puede hacer con 1*

Tarifa por hora para operadores de impresoras (moneda local) \* 14,583  
*Variará considerablemente de un país a otro*

## TIEMPO DE CONFIGURACIÓN Y FACTOR DE RIESGO

Factor de seguridad (porcentaje,%) \*

50

*Ejemplo: el 50% aumenta el número de horas de impresión en un 50%; deje que refleje la cantidad de experiencia que tiene con la impresión de construcción en 3D*

Tiempo de inactividad de la impresora en el sitio (horas) \*

4

*El primer desmontaje requerirá 4 horas.*

Tiempo de configuración de la impresora en el sitio

(horas) \*

8

*La configuración inicial requerirá 8 horas*

Número de trabajadores involucrados en la instalación / desmontaje \*

2

*Se recomiendan 2 trabajadores*

## COSTO TOTAL, TIEMPO Y MATERIAL NECESARIO

Total m2 de paredes (m2)

116

Total m2 de paredes a imprimir (m2)

209

*(Incluidas paredes exteriores de doble cara)*

Uso total de material (m3)

10.40

Horas de tiempo de impresión: teórico (horas)

9.68

Horas de tiempo de impresión necesarias, incluido el factor de seguridad (horas)

14.52

Total de horas del operador para imprimir (horas)

16.60

*incl. preparación*

Total de horas de operación para el proyecto (horas)

40.60

*incl. configuración y tiempo de inactividad*

Costo total de los operadores.

592,069.80

*moneda local*

Costo total por m2 de muro

36,215.32

*moneda local*

Costo total del concreto

3,608,907.50

*moneda local*

Costo total del proyecto.

4,200,977.30

*moneda local*

Fuente: Cobod, 2020, “Cost Calculator”, Disponible desde Internet en: <https://cobod.com/project-cost-calculator/>

Como se observa en lo anterior, se tiene como resultado lo siguiente:

- Total de horas necesarias para el desarrollo del proyecto = 40.6 horas
- Costo total por m<sup>2</sup> de muro= \$36.215 pesos M/CTE
- Costo total de operarios= \$592.070 pesos M/CTE
- Costo total del concreto= \$3'608.908 pesos M/CTE
- **Costo total del proyecto = \$4'200.977 pesos M/CTE**

- BODEGA

La bodega cuenta con un área de fachada (pared exterior) de 95.28 m<sup>2</sup> y un área interna de 19.98 m<sup>2</sup> insertando estos valores en la calculadora se obtiene lo siguiente:

**Imagen 26.** Cálculo de material, tiempo y costo del proyecto de la bodega.



**COBOD**

Hogar Sobre nosotros El edificio BOD Impresoras de construcción 3D Videos prensa Contact

### ESPECIFICACIONES DE EDIFICIO

M2 total de pared exterior \*

95.28

La longitud de cada pared multiplicada por la altura, todas las paredes exteriores

M2 total de pared interior \*

19.98

La longitud de cada pared multiplicada por la altura, todas las paredes interiores

### IMPRIMIR CAPA Y PARÁMETROS DE VELOCIDAD

Espesor de pared (cm) \*

5

El ancho de cada capa de impresión (se recomiendan 5 cm)

Altura de la capa (cm) \*

2

La altura de cada capa de impresión (se recomiendan 2 cm)

Velocidad de impresión (cm / s) \*

30

Se recomiendan 30 cm / s. (Mínimo 10 cm / s, la impresora puede hacer un máximo de 100 cm / s, pero los materiales para esa velocidad serán un desafío)

Material impreso por hora (m3 / h)

1.08

## ENTRADA ECONOMICA

Precio de material por m3 \*

345,350

*El precio del concreto 3D es típicamente el precio del concreto normal + 20%*

Número de operadores \*

1

*Recomendamos 2 operadores, pero se puede hacer con 1*

Tarifa por hora para operadores de impresoras (moneda local) \*

14,583

*Variará considerablemente de un país a otro*

## TIEMPO DE CONFIGURACIÓN Y FACTOR DE RIESGO

Factor de seguridad (porcentaje,%) \*

50

*Ejemplo: el 50% aumenta el número de horas de impresión en un 50%; deje que refleje la cantidad de experiencia que tiene con la impresión de construcción en 3D*

Tiempo de configuración de la impresora en el sitio (horas) \*

8

*La configuración inicial requerirá 8 horas*

Tiempo de inactividad de la impresora en el sitio (horas) \*

4

*El primer desmontaje requerirá 4 horas.*

Número de trabajadores involucrados en la instalación / desmontaje \*

2

*Se recomiendan 2 trabajadores*

## COSTO TOTAL, TIEMPO Y MATERIAL NECESARIO

Total m2 de paredes (m2)

115

Total m2 de paredes a imprimir (m2)

210

*(Incluidas paredes exteriores de doble cara)*

Uso total de material (m3)

10.50

Horas de tiempo de impresión: teórico (horas)

9.72

Horas de tiempo de impresión necesarias, incluido el factor de seguridad (horas)

14.58



Total de horas del operador para imprimir (horas)

16.70

*incl. preparación*

Total de horas de operación para el proyecto (horas)

40.70

*incl. configuración y tiempo de inactividad*

Costo total de los operadores.

593,528.10

*moneda local*

Costo total por m2 de muro

36,693.07

*moneda local*

Costo total del concreto

3,626,175

*moneda local*

Costo total del proyecto.

4,219,703.10

*moneda local*

Fuente: Cobod, 2020, "Cost Calculator", Disponible desde Internet en:  
[<https://cobod.com/project-cost-calculator/>](https://cobod.com/project-cost-calculator/)

Como se observa en lo anterior, se tiene como resultado lo siguiente:

- Total de horas necesarias para el desarrollo del proyecto = 40.70 horas
- Costo total por m<sup>2</sup> de muro= \$36.693 pesos M/CTE
- Costo total de operarios= \$593.528 pesos M/CTE
- Costo total del concreto= \$3'626.175 pesos M/CTE
- **Costo total del proyecto = \$4'219.703 pesos M/CTE**

Tabla 10. Resumen de datos

| PROYECTO | TOTAL DE MUROS EXTERIORES (m <sup>2</sup> ) | TOTAL DE MUROS INTERIORES (m <sup>2</sup> ) | TOTAL DE MUROS (m <sup>2</sup> ) | COSTO POR M2 DE MURO (\$) | DURACIÓN DE IMPRESIÓN (HORAS) | COSTO TOTAL DEL PROYECTO (\$) |
|----------|---|---|----------------------------------|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| VIVIENDA | 95.28                                       | 45.96                                       | 236.52                           | \$33.422                  | 42.70                         | \$4'679.098                   |
| OFICINA  | 96.90                                       | 53.46                                       | 247.26                           | \$32.682                  | 43.7                          | \$4'902.350                   |
| LOCAL    | 94.44                                       | 23.10                                       | 211.98                           | \$36.215                  | 40.6                          | \$4'200.977                   |
| BODEGA   | 95.28                                       | 19.92                                       | 210.48                           | \$36.693                  | 40.7                          | \$4'219.703                   |

Realización propia.

Como se evidencia en la tabla anterior los costos de m<sup>2</sup> de muros para los diferentes proyectos en cuestión son diferentes, esto se debe a que los parámetros de la calculadora perteneciente a la empresa que suministra ésta clase de impresora (COBOD), hace un cálculo con el costo total del proyecto dividido por la cantidad de m<sup>2</sup> de cada uno de ellos (muros interiores + muros exteriores), pero cabe resaltar que por seguridad y obteniendo un aislamiento termoacústico, es decir, conseguir que un aislamiento del sonido y de calor en el espacio, los muros exteriores de cada proyecto lleva doble capa de impresión, eso quiere decir que para conocer el costo real aproximado de m<sup>2</sup> de impresión de muros con este dispositivo y sistema, se

debe sumar la doble capa de muro exterior con los muros interiores (Total de m<sup>2</sup> impresos) y ese valor es que se divide por el costo total del proyecto, como se indica a continuación:

Vivienda:

$$\begin{aligned}
 \text{Muros exteriores} &= 95.28 \text{ m}^2 \\
 \text{Total de Muros exteriores} &= 95.28 \text{ m}^2 * 2 = 190.56 \text{ m}^2 \\
 \text{Muros interiores} &= 45.96 \text{ m}^2 \\
 \text{Total de Muros} &= 236.52 \\
 \text{Costo Proyecto} &= \$ 4'679.098 \\
 \text{Costo muro por m}^2 &= \frac{\$ 4'679.098}{236.52} = \$19.783
 \end{aligned}$$

Así se realiza el procedimiento por cada proyecto obteniendo la siguiente tabla resumen:

Tabla 11. Resumen Costo de muro por m<sup>2</sup>

| PROYECTO        | MUROS EXTERIORES | MUROS EXTERIORES TOTAL | MUROS INTERIORES | TOTAL MURO | COSTO PROYECTO | M2       |
|-----------------|------------------|------------------------|------------------|------------|----------------|----------|
| <b>VIVIENDA</b> | 95.28            | 190.56                 | 45.96            | 236.52     | \$4.679.098    | \$19.783 |
| <b>OFICINA</b>  | 96.9             | 193.8                  | 53.46            | 247.26     | \$4.902.350    | \$19.827 |
| <b>LOCAL</b>    | 93.44            | 186.88                 | 23.1             | 209.98     | \$4.200.977    | \$20.007 |
| <b>BODEGA</b>   | 95.28            | 190.56                 | 19.98            | 210.54     | \$4.219.703    | \$20.042 |

Realización propia.

De la tabla anterior se encuentra una diferencia mínima en el costo por m<sup>2</sup> de muro en los diferentes proyectos, lo cual se debe a que los rendimientos de impresión de los muros exteriores e interiores son prácticamente igual, ya que la impresora tiene los comandos preestablecidos.

#### 4.2.2. Cronogramas de los proyectos en MS Project (tiempos 4D)

Microsoft ofrece un software para poder realizar la planificación de cada proyecto mediante opciones de visualización como diagramas de Gantt o herramientas de asignación de recursos.

En este ítem se fijaron los datos iniciales de cada proyecto los cuales dependieron de la duración y el coste final del mismo, en los parámetros iniciales para la realización de los cronogramas se estableció los siguientes datos:

- Fecha de inicio de los proyectos: 07 de Junio de 2020.
- Días laborales de Lunes a sábados
- Horario laborable: de lunes a viernes de 7 AM – 5:00 PM con 1 hora de almuerzo cada día a la semana y sábados de 7:00 am a 12M.
- Se configuró el calendario con los respectivos festivos que contiene el año 2020 en Colombia

Se realizó la asignación de duración y tareas predecesoras de cada uno de los ítems a ejecutar durante el ciclo de los proyectos para así conseguir la ruta crítica de cada una de las fases constructivas de los proyectos, por ende se mostrará, a continuación, el resultado obtenido al momento de realizar la programación en Project del proyecto de cada uno de los proyectos para construirlos en 3D y también se mostrará el resultado obtenido de la ruta crítica que arrojó el programa.

**Nota:** Los cronogramas realizados de cada proyecto (vivienda, local, oficina y bodega) se encuentran anexos fuera del documento, en archivos PDF.

- VIVIENDA (Muros impresos en 3D)

**Imagen 27.** Cronograma de vivienda 3D.

| Nombre de tarea  | Duración | Comienzo     | Fin          | Predecesoras     |
|--|----------|--------------|--------------|------------------|
| ▸ PRESUPUESTO VIVIENDA DE 81 M2 (1 PLANTA) EN EL MUNICIPIO DE VÉLEZ SANTANDER. MUROS CON IMPRESORA | 98 días  | lun 6/07/20  | jue 22/10/20 |                  |
| ▸ COSTOS DIRECTOS  | 98 días  | lun 6/07/20  | jue 22/10/20 |                  |
| ▸ PRELIMINARES   | 4 días   | mar 25/08/20 | vie 28/08/20 |                  |
| Descapote Mecánico e. 20 incluye cargue y retiro   | 2 días   | mié 26/08/20 | vie 28/08/20 | 8FC-9 días       |
| Cerca en tela verde h: 2.10  | 1 día    | mar 25/08/20 | mar 25/08/20 | 62               |
| Redes provisionales  | 1 día    | mié 26/08/20 | jue 27/08/20 | 4CC              |
| ▸ LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO   | 10 días  | mié 26/08/20 | sáb 5/09/20  |                  |
| Localización y replanteo de cimientos con elementos de pre   | 10 días  | mié 26/08/20 | sáb 5/09/20  | 5                |
| ▸ CIMENTACIÓN  | 13 días  | jue 27/08/20 | vie 11/09/20 |                  |
| Excavación Manual de 0 m a 2m  | 4 días   | jue 27/08/20 | mar 1/09/20  | 8FC-8 días       |
| Mejoramiento de la sub-rasante con B-200   | 3 días   | lun 31/08/20 | mié 2/09/20  | 10FC-2 días      |
| Base en concreto pobre 1500 psi (e=0,10m)  | 2 días   | vie 28/08/20 | lun 31/08/20 | 10FC-3 días      |
| Zapata en concreto de 3500 psi   | 6 días   | mar 1/09/20  | mar 8/09/20  | 15FC-4 días      |
| Viga en concreto de 3500 psi   | 5 días   | sáb 5/09/20  | vie 11/09/20 | 13FC-2 días      |
| Acero de refuerzo de 60000 psi Zapatas y Vigas   | 6 días   | lun 31/08/20 | sáb 5/09/20  | 12FC-1 día       |
| ▸ ESTRUCTURAS EN CONCRETO  | 16 días  | jue 10/09/20 | lun 28/09/20 |                  |
| Columna en concreto de 3500 psi  | 8 días   | mar 15/09/20 | mié 23/09/20 | 20FC-9 días      |
| Viga aérea en concreto de 3500 psi   | 5 días   | mié 23/09/20 | lun 28/09/20 | 17FC-2 días,20FC |
| Placa de piso concreto de 3500 psi (e=20cm) reforzada  | 2 días   | jue 10/09/20 | sáb 12/09/20 | 14FC-1 día;30    |
| Acero de refuerzo de 60000 psi Columnas y Vigas  | 12 días  | vie 11/09/20 | jue 24/09/20 | 19FC-1 día       |
| ▸ REDES DE SUMINISTRO  | 12 días  | mié 2/09/20  | mié 16/09/20 |                  |
| Red Suministro PVC 1" y 1/2" + ACCESORIOS  | 8 días   | mié 2/09/20  | vie 11/09/20 | 11               |
| Punto hidráulico de 1/2"   | 3 días   | vie 11/09/20 | mar 15/09/20 | 22               |
| Pruebas de presión   | 1 día    | mar 15/09/20 | mié 16/09/20 | 23               |
| ▸ REDES DE EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES  | 11 días  | jue 27/08/20 | mié 9/09/20  |                  |
| Excavación Manual de 0 m a 2m  | 4 días   | jue 27/08/20 | mar 1/09/20  | 10CC             |

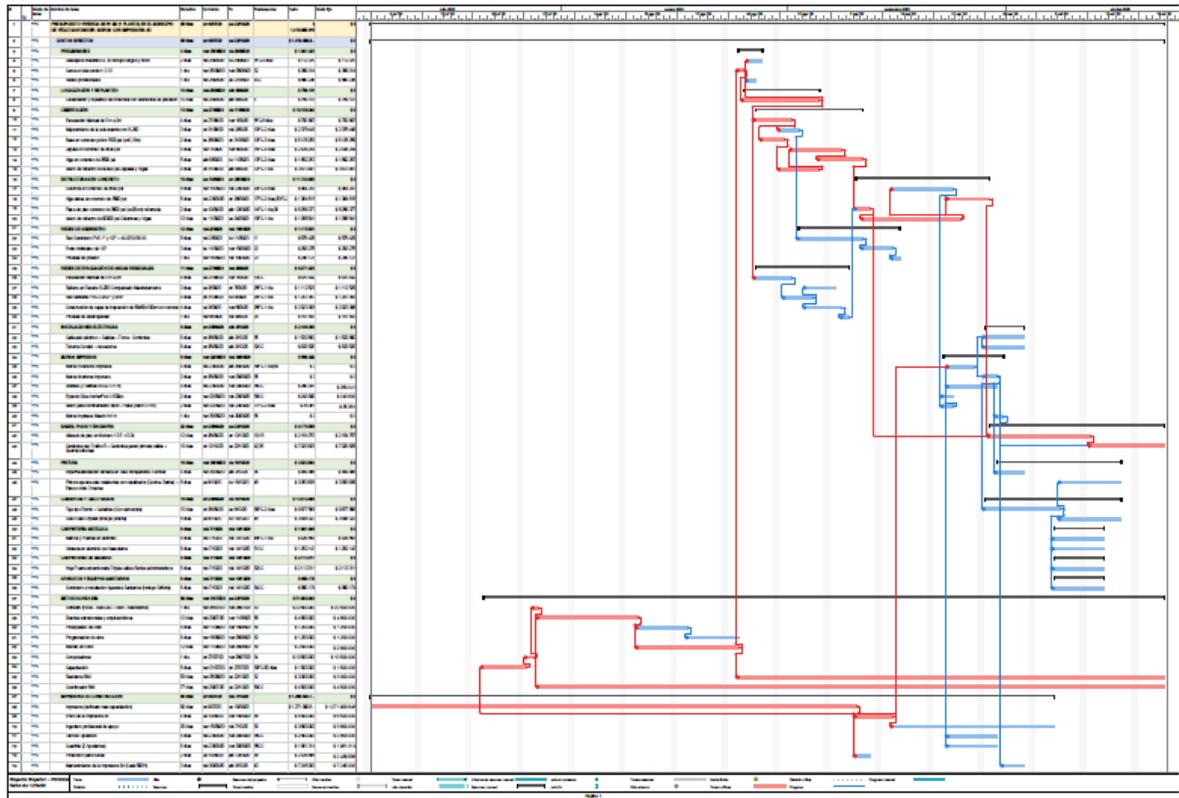
|   |                |                     |                     |               |
|---|----------------|---------------------|---------------------|---------------|
| Relleno en Recebo B-200 Compactado Mecánicamente                            | 3 días         | jue 3/09/20         | lun 7/09/20         | 28FC-1 día    |
| Red sanitaria PVC-S Ø=2" y Ø=4"   | 4 días         | lun 31/08/20        | vie 4/09/20         | 26FC-1 día    |
| Construcción de cajas de inspección de 80x80x100cm en c                     | 4 días         | jue 3/09/20         | mar 8/09/20         | 28FC-1 día    |
| Pruebas de estanqueidad   | 1 día          | mar 8/09/20         | mié 9/09/20         | 29            |
| <b>▸ INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>   | <b>6 días</b>  | <b>lun 28/09/20</b> | <b>sáb 3/10/20</b>  |               |
| Cableado eléctrico + Salidas + Toma - Corrientes                            | 6 días         | lun 28/09/20        | sáb 3/10/20         | 35            |
| Tubería Conduit + Accesorios  | 6 días         | lun 28/09/20        | sáb 3/10/20         | 32CC          |
| <b>▸ MUROS IMPRESOS</b>   | <b>8 días</b>  | <b>mar 22/09/20</b> | <b>mié 30/09/20</b> |               |
| Muros Exteriores Impresos   | 4 días         | mié 23/09/20        | sáb 26/09/20        | 39FC-1 día;69 |
| Muros Interiores Impresos   | 2 días         | lun 28/09/20        | mar 29/09/20        | 35            |
| Grafiles (2 Varillas No.02 c/1 m)   | 6 días         | mié 23/09/20        | mar 29/09/20        | 35CC          |
| Epóxido Sika AnchorFix4 X 600cc   | 2 días         | mar 22/09/20        | mié 23/09/20        | 39CC          |
| Acero para confinamiento Muro - Placa (30cm c/1m)                           | 2 días         | mar 22/09/20        | mié 23/09/20        | 17FC-2 días   |
| Muros Impresos Mesón h=1m   | 1 día          | mar 29/09/20        | mié 30/09/20        | 36            |
| <b>▸ BASES, PISOS Y ENCHAPES</b>  | <b>22 días</b> | <b>lun 28/09/20</b> | <b>jue 22/10/20</b> |               |
| Alistado de piso en Mortero 1:3 E = 0.04                                    | 12 días        | lun 28/09/20        | lun 12/10/20        | 19;18         |
| Cerámica piso Trafico 5 + Cerámica pared primera cálida +<br>Guarda escobas | 10 días        | lun 12/10/20        | jue 22/10/20        | 42;36         |
| <b>▸ PINTURA</b>  | <b>16 días</b> | <b>mar 29/09/20</b> | <b>vie 16/10/20</b> |               |
| Impermeabilización fachada en Sika transparente o similar                   | 4 días         | mar 29/09/20        | sáb 3/10/20         | 36            |
| Pintura epoxica alta resistencia con catalizador (Cocina-                   | 8 días         | jue 8/10/20         | vie 16/10/20        | 48            |
| <b>▸ CUBIERTAS Y CIELO RASOS</b>  | <b>18 días</b> | <b>lun 28/09/20</b> | <b>vie 16/10/20</b> |               |
| Teja tipo Eternit + Caballete (Con estructura)                              | 10 días        | lun 28/09/20        | jue 8/10/20         | 36FC-2 días   |
| Cielo Raso Drywall (incluye pintura)  | 8 días         | jue 8/10/20         | vie 16/10/20        | 48            |
| <b>▸ CARPINTERÍA METÁLICA</b>   | <b>6 días</b>  | <b>mié 7/10/20</b>  | <b>mié 14/10/20</b> |               |
| Marcos y Puertas en aluminio  | 6 días         | mié 7/10/20         | mié 14/10/20        | 48FC-1 día    |
| Ventana en aluminio con basculante  | 6 días         | mié 7/10/20         | mié 14/10/20        | 51CC          |
| <b>▸ CARPINTERÍA DE MADERA</b>  | <b>6 días</b>  | <b>mié 7/10/20</b>  | <b>mié 14/10/20</b> |               |
| Hoja Puerta entamborada Triplex-tablex Baños administrativ                  | 6 días         | mié 7/10/20         | mié 14/10/20        | 52CC          |
| <b>▸ APARATOS Y EQUIPOS SANITARIOS</b>                                      | <b>6 días</b>  | <b>mié 7/10/20</b>  | <b>mié 14/10/20</b> |               |
| Suministro e Instalación Aparatos Sanitarios (Incluye Grifería              | 6 días         | mié 7/10/20         | mié 14/10/20        | 54CC          |
| <b>▸ METODOLOGÍA BIM</b>  | <b>84 días</b> | <b>mar 21/07/20</b> | <b>jue 22/10/20</b> |               |
| Software (Excel - AutoCAD - Revit - Navisworks)                             | 1 día          | mar 28/07/20        | mar 28/07/20        | 63            |
| Diseños estructurales y arquitectónicos                                     | 12 días        | mié 29/07/20        | mar 11/08/20        | 58            |
| Presupuesto de obra   | 6 días         | mar 11/08/20        | mar 18/08/20        | 59            |
| Programación de obra  | 6 días         | mar 18/08/20        | mar 25/08/20        | 60            |
| Modelo en Revit   | 12 días        | mar 11/08/20        | mar 25/08/20        | 59            |
| Computadores  | 1 día          | lun 27/07/20        | mar 28/07/20        | 64            |
| Capacitación  | 5 días         | mar 21/07/20        | lun 27/07/20        | 69FC-50 días  |
| Residente BIM   | 53 días        | mar 25/08/20        | jue 22/10/20        | 62            |
| Coordinador BIM   | 77 días        | mié 29/07/20        | jue 22/10/20        | 59CC          |
| <b>▸ IMPRESORA 3D CONSTRUCCIÓN</b>  | <b>84 días</b> | <b>lun 6/07/20</b>  | <b>mié 7/10/20</b>  |               |
| Impresora (software mas capacitación)                                       | 60 días        | lun 6/07/20         | jue 10/09/20        |               |
| Envío de la Impresora 3d  | 4 días         | jue 10/09/20        | mar 15/09/20        | 68            |
| Ingeniero profesional de apoyo  | 20 días        | mar 15/09/20        | mié 7/10/20         | 69            |
| Técnico Operativo   | 6 días         | mié 23/09/20        | mar 29/09/20        | 35CC          |
| Cuadrilla (2 Ayudantes)   | 6 días         | mié 23/09/20        | mar 29/09/20        | 35CC          |
| Protección para lluvias   | 2 días         | jue 10/09/20        | sáb 12/09/20        | 68            |
| Mantenimiento de la Impresora 3d (Cada 500H)                                | 3 días         | mié 30/09/20        | sáb 3/10/20         | 40            |

Fuente propia.

Con lo anterior se observa que la duración total del proyecto de la vivienda es de **98 días** esto debido a los días que se demora el envío de la impresora 3D ya que es adquirida en otro país y también por si hay que realizar mantenimientos a ésta misma por algún daño que se vea reflejado al momento de estar construyendo los

muros, también se observa que hay varios días adicionales debido a lo que se demora el diseño total de la metodología BIM que en total son aproximadamente **36 días**, siendo éste el **36,7%** del tiempo total de la ejecución del proyecto y éste diseño se observara más detalladamente en ítem 4.3. También se observa que los muros impresos se construyen en **8 días**.

**Imagen 28.** Ruta Crítica de la vivienda en 3D.



Fuente propia.

Con la ruta crítica mostrada anteriormente, se observa que si alguna actividad de las que se encuentra en color rojo se llegase a retrasar afectaría o perjudicaría la duración total de los 98 días que dura el proyecto, es decir se retrasa todo el ciclo de vida del proyecto, esto es debido a las predecesores interpuestos en cada fase por el equipo de trabajo.

- OFICINA (Muros impresos en 3D)

**Imagen 29.** Cronograma de oficina 3D.

| Nombre de tarea  | Duració          | Comienzo            | Fin                 | Predecesoras     |
|--|------------------|---------------------|---------------------|------------------|
| <b>▲ PRESUPUESTO OFICINA DE 81 M2 (1 PLANTA) EN EL MUNICIPIO DE VÉLEZ SANTANDER. MUROS CON IMPRESORA</b> | <b>94,5 días</b> | <b>lun 6/07/20</b>  | <b>lun 19/10/20</b> |                  |
| <b>▲ COSTOS DIRECTOS</b>   | <b>94,5 días</b> | <b>lun 6/07/20</b>  | <b>lun 19/10/20</b> |                  |
| <b>▲ PRELIMINARES</b>  | <b>4 días</b>    | <b>mar 18/08/20</b> | <b>vie 21/08/20</b> |                  |
| Descapote Mecánico e. 20 incluye cargue y retiro   | 2 días           | jue 20/08/20        | vie 21/08/20        | 8FC-9 días       |
| Cerca en tela verde h: 2.10  | 1 día            | mar 18/08/20        | mié 19/08/20        | 62               |
| Redes provisionales  | 1 día            | jue 20/08/20        | jue 20/08/20        | 4CC              |
| <b>▲ LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO</b>  | <b>10 días</b>   | <b>mié 19/08/20</b> | <b>sáb 29/08/20</b> |                  |
| Localización y replanteo de cimientos con elementos de pre   | 10 días          | mié 19/08/20        | sáb 29/08/20        | 5                |
| <b>▲ CIMENTACIÓN</b>   | <b>13 días</b>   | <b>vie 21/08/20</b> | <b>vie 4/09/20</b>  |                  |
| Excavación Manual de 0 m a 2m  | 4 días           | vie 21/08/20        | mar 25/08/20        | 8FC-8 días       |
| Mejoramiento de la sub-rasante con B-200   | 3 días           | lun 24/08/20        | mié 26/08/20        | 10FC-2 días      |
| Base en concreto pobre 1500 psi (e=0,10m)  | 2 días           | vie 21/08/20        | mar 25/08/20        | 10FC-3 días      |
| Zapata en concreto de 3500 psi   | 6 días           | mié 26/08/20        | mar 1/09/20         | 15FC-4 días      |
| Viga en concreto de 3500 psi   | 5 días           | lun 31/08/20        | vie 4/09/20         | 13FC-2 días      |
| Acero de refuerzo de 60000 psi Zapatas y Vigas   | 6 días           | lun 24/08/20        | sáb 29/08/20        | 12FC-1 día       |
| <b>▲ ESTRUCTURAS EN CONCRETO</b>   | <b>16 días</b>   | <b>sáb 5/09/20</b>  | <b>mié 23/09/20</b> |                  |
| Columna en concreto de 3500 psi  | 8 días           | jue 10/09/20        | vie 18/09/20        | 20FC-9 días      |
| Viga aérea en concreto de 3500 psi   | 5 días           | vie 18/09/20        | mié 23/09/20        | 17FC-2 días;20FC |
| Placa de piso concreto de 3500 psi (e=20cm) reforzada  | 2 días           | sáb 5/09/20         | mar 8/09/20         | 14FC-1 día;30    |
| Acero de refuerzo de 60000 psi Columnas y Vigas  | 12 días          | lun 7/09/20         | lun 21/09/20        | 19FC-1 día       |
| <b>▲ REDES DE SUMINISTRO</b>   | <b>15 días</b>   | <b>mié 26/08/20</b> | <b>sáb 12/09/20</b> |                  |
| Red Suministro PVC 1" y 1/2" + ACCESORIOS  | 10 días          | mié 26/08/20        | lun 7/09/20         | 11               |
| Punto hidráulico de 1/2"   | 4 días           | lun 7/09/20         | vie 11/09/20        | 22               |
| Pruebas de presión   | 1 día            | vie 11/09/20        | sáb 12/09/20        | 23               |
| <b>▲ REDES DE EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES</b>   | <b>14 días</b>   | <b>vie 21/08/20</b> | <b>sáb 5/09/20</b>  |                  |
| Excavación Manual de 0 m a 2m  | 5 días           | vie 21/08/20        | mié 26/08/20        | 10CC             |
| Relleno en Recebo B-200 Compactado Mecánicamente   | 4 días           | lun 31/08/20        | jue 3/09/20         | 28FC-1 día       |
| Red sanitaria PVC-S Ø=2" y Ø=4"  | 5 días           | mié 26/08/20        | lun 31/08/20        | 26FC-1 día       |
| Construcción de cajas de inspección de 80x80x100cm en c  | 5 días           | lun 31/08/20        | vie 4/09/20         | 28FC-1 día       |
| Pruebas de estanqueidad  | 1 día            | vie 4/09/20         | sáb 5/09/20         | 29               |
| <b>▲ INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>  | <b>8 días</b>    | <b>mié 23/09/20</b> | <b>vie 2/10/20</b>  |                  |
| Cableado eléctrico + Salidas + Toma - Corrientes   | 8 días           | mié 23/09/20        | vie 2/10/20         | 35               |
| Tubería Conduit + Accesorios   | 8 días           | mié 23/09/20        | vie 2/10/20         | 32CC             |
| <b>▲ MUROS IMPRESOS</b>  | <b>9,5 días</b>  | <b>jue 17/09/20</b> | <b>lun 28/09/20</b> |                  |
| Muros Exteriores Impresos  | 5 días           | vie 18/09/20        | mié 23/09/20        | 39FC-1 día       |
| Muros Interiores Impresos  | 2,5 días         | mié 23/09/20        | sáb 26/09/20        | 35               |
| Grafiles (2 Varillas No.02 c./1 m)   | 8 días           | vie 18/09/20        | sáb 26/09/20        | 35CC             |
| Epoxico Sika AnchorFix4 X 600cc  | 2 días           | jue 17/09/20        | vie 18/09/20        | 39CC             |

|   |                |                     |                     |              |
|---|----------------|---------------------|---------------------|--------------|
| Acero para confinamiento Muro - Placa (30cm c./1m)                                      | 2 días         | jue 17/09/20        | vie 18/09/20        | 17FC-2 días  |
| Muros Impresos Mesón h=1m   | 1 día          | sáb 26/09/20        | lun 28/09/20        | 36           |
| <b>▸ BASES, PISOS Y ENCHAPES</b>  | <b>22 días</b> | <b>mié 23/09/20</b> | <b>lun 19/10/20</b> |              |
| Alistado de piso en Mortero 1:3 E = 0.04  | 12 días        | mié 23/09/20        | mié 7/10/20         | 19;18        |
| Cerámica piso Trafico 5 + Cerámica pared primera cálida + Guarda escobas                | 10 días        | mié 7/10/20         | lun 19/10/20        | 42;36        |
| <b>▸ PINTURA</b>  | <b>16 días</b> | <b>sáb 26/09/20</b> | <b>mié 14/10/20</b> |              |
| Impermeabilización fachada en Sika transparente o similar                               | 4 días         | sáb 26/09/20        | jue 1/10/20         | 36           |
| Pintura epoxica alta resistencia con catalizador (Cocina-Baños) + Estuco vinilo 3 manos | 8 días         | mar 6/10/20         | mié 14/10/20        | 48           |
| <b>▸ CUBIERTAS Y CIELO RASOS</b>  | <b>18 días</b> | <b>jue 24/09/20</b> | <b>mié 14/10/20</b> |              |
| Teja tipo Eternit + Caballete (Con estructura)  | 10 días        | jue 24/09/20        | mar 6/10/20         | 36FC-2 días  |
| Cielo Raso Drywall (incluye pintura)  | 8 días         | mar 6/10/20         | mié 14/10/20        | 48           |
| <b>▸ CARPINTERÍA METÁLICA</b>   | <b>10 días</b> | <b>lun 5/10/20</b>  | <b>jue 15/10/20</b> |              |
| Marcos y Puertas en aluminio  | 10 días        | lun 5/10/20         | jue 15/10/20        | 48FC-1 día   |
| Ventana en aluminio con basculante  | 6 días         | lun 5/10/20         | sáb 10/10/20        | 51CC         |
| <b>▸ CARPINTERÍA DE MADERA</b>  | <b>8 días</b>  | <b>lun 5/10/20</b>  | <b>mar 13/10/20</b> |              |
| Hoja Puerta entamborada Triplex-tablex Baños administrativ                              | 8 días         | lun 5/10/20         | mar 13/10/20        | 52CC         |
| <b>▸ APARATOS Y EQUIPOS SANITARIOS</b>  | <b>10 días</b> | <b>lun 5/10/20</b>  | <b>jue 15/10/20</b> |              |
| Suministro e Instalación Aparatos Sanitarios (Incluye Grifería                          | 10 días        | lun 5/10/20         | jue 15/10/20        | 54CC         |
| <b>▸ METODOLOGÍA BIM</b>  | <b>80 días</b> | <b>mar 21/07/20</b> | <b>lun 19/10/20</b> |              |
| Software (Excel - AutoCAD - Revit - Navisworks)   | 1 día          | mar 28/07/20        | mar 28/07/20        | 65           |
| Diseños estructurales y arquitectónicos   | 12 días        | mié 29/07/20        | mar 11/08/20        | 60           |
| Presupuesto de obra   | 6 días         | mar 11/08/20        | mar 18/08/20        | 61           |
| Programación de obra  | 6 días         | mar 18/08/20        | mar 25/08/20        | 62           |
| Modelo en Revit   | 12 días        | mar 11/08/20        | mar 25/08/20        | 61           |
| Computadores  | 1 día          | lun 27/07/20        | mar 28/07/20        | 66           |
| Capacitación  | 5 días         | mar 21/07/20        | lun 27/07/20        | 71FC-50 días |
| Residente BIM   | 49 días        | mar 25/08/20        | lun 19/10/20        | 64           |
| Coordinador BIM   | 73 días        | mié 29/07/20        | lun 19/10/20        | 61CC         |
| <b>▸ IMPRESORA 3D CONSTRUCCIÓN</b>  | <b>84 días</b> | <b>lun 6/07/20</b>  | <b>mié 7/10/20</b>  |              |
| Impresora (software mas capacitación)   | 60 días        | lun 6/07/20         | jue 10/09/20        |              |
| Envío de la Impresora 3d  | 4 días         | jue 10/09/20        | mar 15/09/20        | 70           |
| Ingeniero profesional de apoyo  | 20 días        | mar 15/09/20        | mié 7/10/20         | 71           |
| Técnico Operativo   | 8 días         | vie 18/09/20        | sáb 26/09/20        | 35CC         |
| Cuadrilla (2 Ayudantes)   | 8 días         | vie 18/09/20        | sáb 26/09/20        | 35CC         |
| Protección para lluvias   | 2 días         | jue 10/09/20        | sáb 12/09/20        | 70           |
| Mantenimiento de la Impresora 3d (Cada 500H)  | 3 días         | lun 28/09/20        | jue 1/10/20         | 40           |

Fuente propia.

- Duración total del proyecto (Días) = **94.5 días**
- Duración del diseño de la metodología BIM (Días) = **36 días**
- Duración de los muros impresos = **9.5 días.**

- LOCAL (Muros impresos en 3D)

**Imagen 30.** Cronograma del local 3D.

| Nombre de tarea   | Duració         | Comienzo            | Fin                 | Predecesoras     |
|---|-----------------|---------------------|---------------------|------------------|
| <b>▸ PRESUPUESTO LOCAL DE 81 M2 (1 PLANTA) EN EL MUNICIPIO DE VÉLEZ SANTANDER. MUROS CON IMPRESORA 3D</b> | <b>108 días</b> | <b>lun 6/07/20</b>  | <b>mar 3/11/20</b>  |                  |
| <b>▸ COSTOS DIRECTOS</b>  | <b>108 días</b> | <b>lun 6/07/20</b>  | <b>mar 3/11/20</b>  |                  |
| <b>▸ PRELIMINARES</b>   | <b>4 días</b>   | <b>mar 25/08/20</b> | <b>vie 28/08/20</b> |                  |
| Descapote Mecánico e. 20 incluye cargue y retiro  | 2 días          | mié 26/08/20        | vie 28/08/20        | 8FC-9 días       |
| Cerca en tela verde h: 2.10   | 1 día           | mar 25/08/20        | mar 25/08/20        | 73               |
| Redes provisionales   | 1 día           | mié 26/08/20        | jue 27/08/20        | 4CC              |
| <b>▸ LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO</b>   | <b>10 días</b>  | <b>mié 26/08/20</b> | <b>sáb 5/09/20</b>  |                  |
| Localización y replanteo de cimientos con elementos de precis   | 10 días         | mié 26/08/20        | sáb 5/09/20         | 5                |
| <b>▸ CIMENTACIÓN</b>  | <b>13 días</b>  | <b>jue 27/08/20</b> | <b>vie 11/09/20</b> |                  |
| Excavación Manual de 0 m a 2m   | 4 días          | jue 27/08/20        | mar 1/09/20         | 8FC-8 días       |
| Mejoramiento de la subrasante con B-200   | 3 días          | lun 31/08/20        | mié 2/09/20         | 10FC-2 días      |
| Base en concreto pobre 1500 psi (e=0,10m)   | 2 días          | vie 28/08/20        | lun 31/08/20        | 10FC-3 días      |
| Zapata en concreto de 3500 psi  | 6 días          | mar 1/09/20         | mar 8/09/20         | 15FC-4 días      |
| Viga en concreto de 3500 psi  | 5 días          | sáb 5/09/20         | vie 11/09/20        | 13FC-2 días      |
| Acero de refuerzo de 60000 psi Zapatas y Vigas  | 6 días          | lun 31/08/20        | sáb 5/09/20         | 12FC-1 día       |
| <b>▸ ESTRUCTURAS EN CONCRETO</b>  | <b>15 días</b>  | <b>sáb 12/09/20</b> | <b>mar 29/09/20</b> |                  |
| Columna en concreto de 3500 psi   | 8 días          | jue 17/09/20        | vie 25/09/20        | 20FC-9 días      |
| Viga aérea en concreto de 3500 psi  | 5 días          | mié 23/09/20        | mar 29/09/20        | 17FC-3 días;20FC |
| Placa de piso concreto de 3500 psi (e=20cm) reforzada   | 2 días          | sáb 12/09/20        | mar 15/09/20        | 14FC-1 día;30    |
| Acero de refuerzo de 60000 psi Columnas y Vigas   | 12 días         | lun 14/09/20        | sáb 26/09/20        | 19FC-1 día       |
| <b>▸ REDES DE SUMINISTRO</b>  | <b>15 días</b>  | <b>mié 2/09/20</b>  | <b>vie 18/09/20</b> |                  |
| Red Suministro PVC 1" y 1/2" + ACCESORIOS   | 10 días         | mié 2/09/20         | lun 14/09/20        | 11               |
| Punto hidráulico de 1/2"  | 4 días          | lun 14/09/20        | jue 17/09/20        | 22               |
| Pruebas de presión  | 1 día           | vie 18/09/20        | vie 18/09/20        | 23               |
| <b>▸ REDES DE EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES</b>  | <b>14 días</b>  | <b>jue 27/08/20</b> | <b>sáb 12/09/20</b> |                  |
| Excavación Manual de 0 m a 2m   | 5 días          | jue 27/08/20        | mié 2/09/20         | 10CC             |
| Relleno en Recebo B-200 Compactado Mecánicamente  | 4 días          | sáb 5/09/20         | jue 10/09/20        | 28FC-1 día       |
| Red sanitaria PVC-S Ø=2" y Ø=4"   | 5 días          | mar 1/09/20         | lun 7/09/20         | 26FC-1 día       |
| Construcción de cajas de inspección de 80x80x100cm en con   | 5 días          | sáb 5/09/20         | vie 11/09/20        | 28FC-1 día       |
| Pruebas de estanqueidad   | 1 día           | vie 11/09/20        | sáb 12/09/20        | 29               |
| <b>▸ RED CONTRA INCENDIO</b>  | <b>12 días</b>  | <b>mar 20/10/20</b> | <b>lun 2/11/20</b>  |                  |
| Tubería Acero Negro Roscada 1" SCH 40 (Incluye accesorios y   | 8 días          | mar 20/10/20        | mié 28/10/20        | 33CC             |
| Tubería Acero Negro Ranurada 2" SCH 40 (Incluye accesorios  | 5 días          | mar 20/10/20        | sáb 24/10/20        | 54FC-4 días      |
| Rociador Automático 1/2" K=5.6 Pendiente UL-FM  | 2 días          | mié 28/10/20        | vie 30/10/20        | 32               |
| Gabinete tipo II  | 4 días          | mié 28/10/20        | lun 2/11/20         | 32               |
| Siamesa Inyección 4" X 2 1/2" X 2 1/2"  | 2 días          | mié 28/10/20        | vie 30/10/20        | 32               |
| <b>▸ AIRE ACONDICIONADO</b>   | <b>9 días</b>   | <b>vie 23/10/20</b> | <b>mar 3/11/20</b>  |                  |
| Mini Split  | 1 día           | lun 2/11/20         | mar 3/11/20         | 41FC-1 día       |

|   |                |                     |                     |               |
|---|----------------|---------------------|---------------------|---------------|
| Potencia  | 4 días         | vie 23/10/20        | mié 28/10/20        | 54            |
| Gas refrigerante  | 1 día          | lun 2/11/20         | mar 3/11/20         | 41FC-1 día    |
| Equipos + cableado  | 9 días         | vie 23/10/20        | mar 3/11/20         | 39CC          |
| <b>▸ INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>   | <b>9 días</b>  | <b>mié 23/09/20</b> | <b>sáb 3/10/20</b>  |               |
| Cableado eléctrico + Salidas + Toma - Corrientes  | 6 días         | lun 28/09/20        | sáb 3/10/20         | 46            |
| Tubería Conduit + Accesorios  | 6 días         | lun 28/09/20        | sáb 3/10/20         | 43CC          |
| <b>▸ MUROS IMPRESOS</b>   | <b>5 días</b>  | <b>mié 23/09/20</b> | <b>mar 29/09/20</b> |               |
| Muros Exteriores Impresos   | 2 días         | jue 24/09/20        | sáb 26/09/20        | 50FC-1 día,80 |
| Muros Interiores Impresos   | 1 día          | lun 28/09/20        | lun 28/09/20        | 46            |
| Grafiles (2 Varillas No.02 c./1 m)  | 3 días         | jue 24/09/20        | lun 28/09/20        | 46CC          |
| Epóxico Sika AnchorFix4 X 600cc   | 2 días         | mié 23/09/20        | vie 25/09/20        | 50CC          |
| Acero para confinamiento Muro - Placa (30cm c./1m)                                      | 2 días         | mié 23/09/20        | vie 25/09/20        | 17FC-2 días   |
| Muros Impresos Mesón h=1m   | 1 día          | lun 28/09/20        | mar 29/09/20        | 47            |
| <b>▸ BASES, PISOS Y ENCHAPES</b>  | <b>22 días</b> | <b>mar 29/09/20</b> | <b>vie 23/10/20</b> |               |
| Alistado de piso en Mortero 1:3 E = 0.04  | 12 días        | mar 29/09/20        | mar 13/10/20        | 19;18         |
| Cerámica piso Trafico 5 + Cerámica pared primera cálida + Guarda escobas                | 10 días        | mar 13/10/20        | vie 23/10/20        | 53;47         |
| <b>▸ PINTURA</b>  | <b>22 días</b> | <b>lun 28/09/20</b> | <b>mié 21/10/20</b> |               |
| Impermeabilización fachada en Sika transparente o similar                               | 4 días         | lun 28/09/20        | jue 1/10/20         | 46            |
| Pintura epoxica alta resistencia con catalizador (Cocina-Baños) + Estuco vinilo 3 manos | 11 días        | vie 9/10/20         | mié 21/10/20        | 59            |
| <b>▸ CUBIERTAS Y CIELO RASOS</b>  | <b>23 días</b> | <b>vie 25/09/20</b> | <b>mié 21/10/20</b> |               |
| Teja tipo Eternit + Caballete (Con estructura)  | 12 días        | vie 25/09/20        | vie 9/10/20         | 47FC-2 días   |
| Cielo Raso Drywall (incluye pintura)  | 11 días        | vie 9/10/20         | mié 21/10/20        | 59            |
| <b>▸ CARPINTERÍA METÁLICA</b>   | <b>10 días</b> | <b>jue 8/10/20</b>  | <b>mar 20/10/20</b> |               |
| Marcos y Puertas en aluminio  | 10 días        | jue 8/10/20         | mar 20/10/20        | 59FC-1 día    |
| Ventana en aluminio con basculante  | 10 días        | jue 8/10/20         | mar 20/10/20        | 62CC          |
| <b>▸ CARPINTERÍA DE MADERA</b>  | <b>4 días</b>  | <b>jue 8/10/20</b>  | <b>mar 13/10/20</b> |               |
| Hoja Puerta entamborada Triplex-tablex Baños administrativos                            | 4 días         | jue 8/10/20         | mar 13/10/20        | 63CC          |
| <b>▸ APARATOS Y EQUIPOS SANITARIOS</b>  | <b>10 días</b> | <b>jue 8/10/20</b>  | <b>mar 20/10/20</b> |               |
| Suministro e Instalación Aparatos Sanitarios (Incluye Grifería)                         | 10 días        | jue 8/10/20         | mar 20/10/20        | 65CC          |
| <b>▸ METODOLOGÍA BIM</b>  | <b>94 días</b> | <b>mar 21/07/20</b> | <b>mar 3/11/20</b>  |               |
| Software (Excel - AutoCAD - Revit - Navisworks)   | 1 día          | mar 28/07/20        | mar 28/07/20        | 74            |
| Diseños estructurales y arquitectónicos   | 12 días        | mié 29/07/20        | mar 11/08/20        | 69            |
| Presupuesto de obra   | 6 días         | mar 11/08/20        | mar 18/08/20        | 70            |
| Programación de obra  | 6 días         | mar 18/08/20        | mar 25/08/20        | 71            |
| Modelo en Revit   | 12 días        | mar 11/08/20        | mar 25/08/20        | 70            |
| Computadores  | 1 día          | lun 27/07/20        | mar 28/07/20        | 75            |
| Capacitación  | 5 días         | mar 21/07/20        | lun 27/07/20        | 80FC-50 días  |
| Residente BIM   | 63 días        | mar 25/08/20        | mar 3/11/20         | 73            |
| Coordinador BIM   | 87 días        | mié 29/07/20        | mar 3/11/20         | 70CC          |
| <b>▸ IMPRESORA 3D CONSTRUCCIÓN</b>  | <b>84 días</b> | <b>lun 6/07/20</b>  | <b>mié 7/10/20</b>  |               |
| Impresora (software mas capacitación)   | 60 días        | lun 6/07/20         | jue 10/09/20        |               |
| Envío de la Impresora 3d  | 4 días         | jue 10/09/20        | mar 15/09/20        | 79            |

|  |         |              |              |      |
|--|---------|--------------|--------------|------|
| Ingeniero profesional de apoyo               | 20 días | mar 15/09/20 | mié 7/10/20  | 80   |
| Técnico Operativo                            | 3 días  | ue 24/09/20  | lun 28/09/20 | 46CC |
| Cuadrilla (2 Ayudantes)                      | 3 días  | ue 24/09/20  | lun 28/09/20 | 46CC |
| Protección para llluvias                     | 2 días  | ue 10/09/20  | sáb 12/09/20 | 79   |
| Mantenimiento de la Impresora 3d (Cada 500H) | 3 días  | mar 29/09/20 | vie 2/10/20  | 51   |

Fuente propia.

- Duración total del proyecto (Días) = **108 días**
  - Duración de los muros impresos = **5 días.**
- BODEGA (Muros impresos en 3D)

**Imagen 31.** Cronograma de la bodega 3D.

| Nombre de tarea   | Duració         | Comienzo            | Fin                 | Predecesoras     |
|---|-----------------|---------------------|---------------------|------------------|
| <b>▲ PRESUPUESTO BODEGA DE 81 M2 (1 PLANTA) EN EL MUNICIPIO DE VÉLEZ SANTANDER. MUROS CON IMPRESORA</b> | <b>109 días</b> | <b>lun 6/07/20</b>  | <b>mié 4/11/20</b>  |                  |
| <b>▲ COSTOS DIRECTOS</b>  | <b>109 días</b> | <b>lun 6/07/20</b>  | <b>mié 4/11/20</b>  |                  |
| <b>▲ PRELIMINARES</b>   | <b>4 días</b>   | <b>mar 25/08/20</b> | <b>vie 28/08/20</b> |                  |
| Descapote Mecánico e. 20 incluye cargue y retiro  | 2 días          | mié 26/08/20        | vie 28/08/20        | 8FC-9 días       |
| Cerca en tela verde h: 2.10   | 1 día           | mar 25/08/20        | mar 25/08/20        | 73               |
| Redes provisionales   | 1 día           | mié 26/08/20        | jue 27/08/20        | 4CC              |
| <b>▲ LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO</b>   | <b>10 días</b>  | <b>mié 26/08/20</b> | <b>sáb 5/09/20</b>  |                  |
| Localización y replanteo de cimientos con elementos de pro  | 10 días         | mié 26/08/20        | sáb 5/09/20         | 5                |
| <b>▲ CIMENTACIÓN</b>  | <b>13 días</b>  | <b>jue 27/08/20</b> | <b>vie 11/09/20</b> |                  |
| Excavación Manual de 0 m a 2m   | 4 días          | jue 27/08/20        | mar 1/09/20         | 8FC-8 días       |
| Mejoramiento de la sub-rasante con B-200  | 3 días          | lun 31/08/20        | mié 2/09/20         | 10FC-2 días      |
| Base en concreto pobre 1500 psi (e=0,10m)   | 2 días          | vie 28/08/20        | lun 31/08/20        | 10FC-3 días      |
| Zapata en concreto de 3500 psi  | 6 días          | mar 1/09/20         | mar 8/09/20         | 15FC-4 días      |
| Viga en concreto de 3500 psi  | 5 días          | sáb 5/09/20         | vie 11/09/20        | 13FC-2 días      |
| Acero de refuerzo de 60000 psi Zapatas y Vigas  | 6 días          | lun 31/08/20        | sáb 5/09/20         | 12FC-1 día       |
| <b>▲ ESTRUCTURAS EN CONCRETO</b>  | <b>16 días</b>  | <b>sáb 12/09/20</b> | <b>mié 30/09/20</b> |                  |
| Columna en concreto de 3500 psi   | 8 días          | jue 17/09/20        | vie 25/09/20        | 20FC-9 días      |
| Viga aérea en concreto de 3500 psi  | 5 días          | jue 24/09/20        | mié 30/09/20        | 17FC-2 días;20FC |
| Placa de piso concreto de 3500 psi (e=20cm) reforzada   | 2 días          | sáb 12/09/20        | mar 15/09/20        | 14FC-1 día;30    |
| Acero de refuerzo de 60000 psi Columnas y Vigas   | 12 días         | lun 14/09/20        | sáb 26/09/20        | 19FC-1 día       |
| <b>▲ REDES DE SUMINISTRO</b>  | <b>13 días</b>  | <b>mié 2/09/20</b>  | <b>jue 17/09/20</b> |                  |
| Red Suministro PVC 1" y 1/2" + ACCESORIOS   | 8 días          | mié 2/09/20         | vie 11/09/20        | 11               |
| Punto hidráulico de 1/2"  | 4 días          | vie 11/09/20        | mié 16/09/20        | 22               |
| Pruebas de presión  | 1 día           | mié 16/09/20        | jue 17/09/20        | 23               |
| <b>▲ REDES DE EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES</b>  | <b>14 días</b>  | <b>jue 27/08/20</b> | <b>sáb 12/09/20</b> |                  |
| Excavación Manual de 0 m a 2m   | 5 días          | jue 27/08/20        | mié 2/09/20         | 10CC             |
| Relleno en Recebo B-200 Compactado Mecánicamente  | 4 días          | sáb 5/09/20         | jue 10/09/20        | 28FC-1 día       |



|   |                |                     |                     |             |
|---|----------------|---------------------|---------------------|-------------|
| Red sanitaria PVC-S Ø=2" y Ø=4"   | 5 días         | mar 1/09/20         | lun 7/09/20         | 26FC-1 día  |
| Construcción de cajas de inspección de 80x80x100cm en                                   | 5 días         | sáb 5/09/20         | vie 11/09/20        | 28FC-1 día  |
| Pruebas de estanqueidad   | 1 día          | vie 11/09/20        | sáb 12/09/20        | 29          |
| <b>RED CONTRA INCENDIO</b>  | <b>12 días</b> | <b>mié 21/10/20</b> | <b>mar 3/11/20</b>  |             |
| Tubería Acero Negro Roscada 1" SCH 40 (Incluye accesorios y soportes)                   | 8 días         | mié 21/10/20        | jue 29/10/20        | 33CC        |
| Tubería Acero Negro Ranurada 2" SCH 40 (Incluye accesorios y soportes)                  | 5 días         | mié 21/10/20        | lun 26/10/20        | 54FC-4 días |
| Rociador Automático 1/2" K=5.6 Pendiente UL-FM  | 2 días         | jue 29/10/20        | sáb 31/10/20        | 32          |
| Gabinete tipo II  | 4 días         | jue 29/10/20        | mar 3/11/20         | 32          |
| Siamesa Inyección 4" X 2 1/2" X 2 1/2"  | 2 días         | jue 29/10/20        | sáb 31/10/20        | 32          |
| <b>AIRE ACONDICIONADO</b>   | <b>9 días</b>  | <b>lun 26/10/20</b> | <b>mié 4/11/20</b>  |             |
| Mini Split  | 1 día          | mar 3/11/20         | mié 4/11/20         | 41FC-1 día  |
| Potencia  | 4 días         | lun 26/10/20        | jue 29/10/20        | 54          |
| Gas refrigerante  | 1 día          | mar 3/11/20         | mié 4/11/20         | 41FC-1 día  |
| Equipos + cableado  | 9 días         | lun 26/10/20        | mié 4/11/20         | 39CC        |
| <b>INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>   | <b>8 días</b>  | <b>mié 23/09/20</b> | <b>vie 2/10/20</b>  |             |
| Cableado eléctrico + Salidas + Toma - Corrientes  | 5 días         | lun 28/09/20        | vie 2/10/20         | 46          |
| Tubería Conduit + Accesorios  | 5 días         | lun 28/09/20        | vie 2/10/20         | 43CC        |
| <b>MUROS IMPRESOS</b>   | <b>5 días</b>  | <b>mié 23/09/20</b> | <b>mar 29/09/20</b> |             |
| Muros Exteriores Impresos   | 2 días         | jue 24/09/20        | sáb 26/09/20        | 50FC-1 día  |
| Muros Interiores Impresos   | 1 día          | lun 28/09/20        | lun 28/09/20        | 46          |
| Grafiles (2 Varillas No.02 c./1 m)  | 3 días         | jue 24/09/20        | lun 28/09/20        | 46CC        |
| Epóxico Sika AnchorFix4 X 600cc   | 2 días         | mié 23/09/20        | vie 25/09/20        | 50CC        |
| Acero para confinamiento Muro - Placa (30cm c./1m)                                      | 2 días         | mié 23/09/20        | vie 25/09/20        | 17FC-2 días |
| Muros Impresos Mesón h=1m   | 1 día          | lun 28/09/20        | mar 29/09/20        | 47          |
| <b>BASES, PISOS Y ENCHAPES</b>  | <b>22 días</b> | <b>mié 30/09/20</b> | <b>sáb 24/10/20</b> |             |
| Alistado de piso en Mortero 1:3 E = 0.04  | 12 días        | mié 30/09/20        | mié 14/10/20        | 19;18       |
| Cerámica piso Trafico 5 + Cerámica pared primera cálida + Guarda escobas                | 10 días        | mié 14/10/20        | sáb 24/10/20        | 53;47       |
| <b>PINTURA</b>  | <b>17 días</b> | <b>lun 28/09/20</b> | <b>jue 15/10/20</b> |             |
| Impermeabilización fachada en Sika transparente o similar                               | 4 días         | lun 28/09/20        | jue 1/10/20         | 46          |
| Pintura epoxica alta resistencia con catalizador (Cocina-Baños) + Estuco vinilo 3 manos | 6 días         | vie 9/10/20         | jue 15/10/20        | 59          |
| <b>CUBIERTAS Y CIELO RASOS</b>  | <b>20 días</b> | <b>vie 25/09/20</b> | <b>lun 19/10/20</b> |             |
| Teja tipo Eternit + Caballete (Con estructura)  | 12 días        | vie 25/09/20        | vie 9/10/20         | 47FC-2 días |
| Cielo Raso Drywall (incluye pintura)  | 8 días         | vie 9/10/20         | lun 19/10/20        | 59          |
| <b>CARPINTERÍA METÁLICA</b>   | <b>10 días</b> | <b>jue 8/10/20</b>  | <b>mar 20/10/20</b> |             |
| Marcos y Puertas en aluminio  | 10 días        | jue 8/10/20         | mar 20/10/20        | 59FC-1 día  |
| Ventana en aluminio con basculante  | 8 días         | jue 8/10/20         | vie 16/10/20        | 62CC        |
| <b>CARPINTERÍA DE MADERA</b>  | <b>4 días</b>  | <b>jue 8/10/20</b>  | <b>mar 13/10/20</b> |             |
| Hoja Puerta entamborada Triplex-tablex Baños administrat                                | 4 días         | jue 8/10/20         | mar 13/10/20        | 63CC        |
| <b>APARATOS Y EQUIPOS SANITARIOS</b>  | <b>10 días</b> | <b>jue 8/10/20</b>  | <b>mar 20/10/20</b> |             |
| Suministro e Instalación Aparatos Sanitarios (Incluye Griferi                           | 10 días        | jue 8/10/20         | mar 20/10/20        | 65CC        |

|   |                |                     |                    |              |
|---|----------------|---------------------|--------------------|--------------|
| <b>▸ METODOLOGÍA BIM</b>                        | <b>95 días</b> | <b>mar 21/07/20</b> | <b>mié 4/11/20</b> |              |
| Software (Excel - AutoCAD - Revit - Navisworks) | 1 día          | mar 28/07/20        | mar 28/07/20       | 74           |
| Diseños estructurales y arquitectónicos         | 12 días        | mié 29/07/20        | mar 11/08/20       | 69           |
| Presupuesto de obra                             | 6 días         | mar 11/08/20        | mar 18/08/20       | 70           |
| Programación de obra                            | 6 días         | mar 18/08/20        | mar 25/08/20       | 71           |
| Modelo en Revit                                 | 12 días        | mar 11/08/20        | mar 25/08/20       | 70           |
| Computadores                                    | 1 día          | lun 27/07/20        | mar 28/07/20       | 75           |
| Capacitación                                    | 5 días         | mar 21/07/20        | lun 27/07/20       | 80FC-50 días |
| Residente BIM                                   | 64 días        | mar 25/08/20        | mié 4/11/20        | 73           |
| Coordinador BIM                                 | 88 días        | mié 29/07/20        | mié 4/11/20        | 70CC         |
| <b>▸ IMPRESORA 3D CONSTRUCCIÓN</b>              | <b>84 días</b> | <b>lun 6/07/20</b>  | <b>mié 7/10/20</b> |              |
| Impresora (software mas capacitación)           | 60 días        | lun 6/07/20         | jue 10/09/20       |              |
| Envío de la Impresora 3d                        | 4 días         | jue 10/09/20        | mar 15/09/20       | 79           |
| Ingeniero profesional de apoyo                  | 20 días        | mar 15/09/20        | mié 7/10/20        | 80           |
| Técnico Operativo                               | 3 días         | jue 24/09/20        | lun 28/09/20       | 46CC         |
| Cuadrilla (2 Ayudantes)                         | 3 días         | jue 24/09/20        | lun 28/09/20       | 46CC         |
| Protección para llluvias                        | 2 días         | jue 10/09/20        | sáb 12/09/20       | 79           |
| Mantenimiento de la Impresora 3d (Cada 500H)    | 3 días         | mar 29/09/20        | vie 2/10/20        | 51           |

Fuente propia.

- Duración total del proyecto (Días) = **109 días**
- Duración del diseño de la metodología BIM (Días) = **36 días**
- Duración de los muros impresos = **5 días.**

**Nota:** La ruta crítica de cada proyecto (vivienda, local, oficina y bodega) se encuentran anexos fuera del documento, en archivos PDF.

#### 4.2.3. Presupuestos en Excel (Costos 5D)

Una vez establecida la ejecución del proceso constructivo además de una estimación de tiempos, se puede concluir un flujo de caja necesario que aumenta la rentabilidad del proyecto, y facilita el cumplimiento del presupuesto inicial.

En el desarrollo de los presupuestos se tuvieron en cuenta las cantidades de obra y los costos actuales por unidad también se usaron los costos investigados sobre la impresora 3D como el costo del m<sup>2</sup> de muro impreso y el de la impresora 3D, a continuación se mostrará el resultado obtenido de los presupuestos realizados en los proyectos.

- Vivienda (Muros impresos en 3D)

**Imagen 32. Presupuesto de la vivienda 3D.**

| PRESUPUESTO VIVIENDA DE 77 M2 (1 PLANTA) EN EL MUNICIPIO DE VÉLEZ SANTANDER.   |  |                  |          |                 |                 |
|--|--|------------------|----------|-----------------|-----------------|
| ÍTEM   | DESCRIPCIÓN  | UNIDAD DE MEDIDA | CANTIDAD | V/R UNITARIO    | V/R TOTAL       |
| <b>UNIVERSIDAD:</b> UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA   |  |                  |          |                 |                 |
| <b>ESTUDIANTES:</b> MATEUS MALAGON JEFFERSON ARMENDIS 551389<br>PAREDES ACOSTA JUAN ANDRÉS 551397  |  |                  |          |                 |                 |
| <b>TUTOR:</b> JUAN SEBASTIÁN VARGAS  |  |                  |          |                 |                 |
| <b>OBJETO:</b> ANÁLISIS DE TIEMPOS Y COSTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE IMPRESORAS 3D PARA PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DESARROLLADOS EN COLOMBIA CON METODOLOGÍA BIM |  |                  |          |                 |                 |
| <b>I PRELIMINARES</b>  |  |                  |          |                 |                 |
| 1  | Descapote Mecánico e. 20 incluye cargue y retro  | M2               | 75.57    | \$ 1.483.00     | \$ 112.070.00   |
| 2  | Cerca en tela verde h: 2.10  | ML               | 19.29    | \$ 20.685.00    | \$ 399.014.00   |
| 3  | Redes provisionales  | UN               | 1.00     | \$ 580.236.31   | \$ 580.236.00   |
| <b>II LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO</b>   |  |                  |          |                 |                 |
| 4  | Localización y replanteo de cimientos con elementos de precisión                         | M2               | 75.57    | \$ 10.045.00    | \$ 759.101.00   |
| <b>III CIMENTACIÓN</b>   |  |                  |          |                 |                 |
| 5  | Excavación Manual de 0 m a 2m  | M3               | 16.83    | \$ 41.632.00    | \$ 700.667.00   |
| 6  | Mejoramiento de la sub-rasante con B-200   | M3               | 22.67    | \$ 104.916.00   | \$ 2.378.446.00 |
| 7  | Base en concreto pobre 1500 psi (e=0,10m)  | M2               | 15.42    | \$ 332.377.39   | \$ 5.125.259.00 |
| 8  | Zapata en concreto de 3500 psi   | M3               | 4.10     | \$ 594.205.86   | \$ 2.436.244.00 |
| 9  | Viga en concreto de 3500 psi   | M3               | 2.97     | \$ 637.127.05   | \$ 1.892.267.00 |
| 10   | Acero de refuerzo de 60000 psi   | KG               | 848.40   | \$ 4.212.00     | \$ 3.573.461.00 |
| <b>IV ESTRUCTURAS EN CONCRETO</b>  |  |                  |          |                 |                 |
| 11   | Columna en concreto de 3500 psi  | M3               | 1.22     | \$ 790.366.52   | \$ 964.247.00   |
| 12   | Viga aérea en concreto de 3500 psi   | M3               | 1.67     | \$ 829.051.01   | \$ 1.384.515.00 |
| 13   | Placa de piso concreto de 3500 psi (e=20cm)  | M2               | 75.57    | \$ 109.784.00   | \$ 8.296.377.00 |
| 14   | Acero para elementos estructurales   | KG               | 260.10   | \$ 4.212.00     | \$ 1.095.541.00 |
| <b>V INSTALACIONES HIDROSANITARIAS</b>   |  |                  |          |                 |                 |
| <b>REDES DE SUMINISTRO</b>   |  |                  |          |                 |                 |
| 15   | Red Suministro PVC 1" y 1/2" + ACCESORIOS  | ML               | 35.41    | \$ 16.278.70    | \$ 576.429.00   |
| 16   | Punto hidráulico de 1/2"   | UN               | 5.00     | \$ 58.655.00    | \$ 293.275.00   |
| 17   | Pruebas de presión   | UN               | 2.00     | \$ 123.063.58   | \$ 246.127.00   |
| <b>REDES DE EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES</b>   |  |                  |          |                 |                 |
| 18   | Excavación Manual de 0 m a 2m  | M3               | 16.10    | \$ 41.632.00    | \$ 670.442.00   |
| 19   | Relleno en Recebo B-200 Compactado Mecánicamente   | M3               | 10.60    | \$ 104.916.00   | \$ 1.112.529.00 |
| 20   | Red sanitaria PVC-S Ø=2" y Ø=4"  | ML               | 26.51    | \$ 45.532.00    | \$ 1.207.053.00 |
| 21   | Construcción de cajas de inspección de 80x80x100cm en concreto                           | UN               | 5.00     | \$ 584.661.60   | \$ 2.923.308.00 |
| 22   | Pruebas de estanqueidad  | UN               | 2.00     | \$ 78.848.25    | \$ 157.697.00   |
| <b>VI INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>   |  |                  |          |                 |                 |
| 23   | Cableado eléctrico + Salidas + Toma - Corrientes   | GL               | 1.00     | \$ 1.532.860.00 | \$ 1.532.860.00 |
| 24   | Tubería Conduit + Accesorios   | GL               | 1.00     | \$ 633.520.00   | \$ 633.520.00   |
| <b>VII MUROS IMPRESOS</b>  |  |                  |          |                 |                 |
| 25   | Muros Exteriores Impresos (Incluido mano de obra 1 Técnico + 2 Ayudantes) 95,28m2        | M2               | 190.56   | \$ 19.780.00    | \$ 3.769.277.00 |
| 26   | Muros Interiores Impresos (Incluido mano de obra 1 Técnico + 2 Ayudantes)                | M2               | 45.96    | \$ 19.780.00    | \$ 909.089.00   |
| 27   | Grañes (2 Varillas No.02 c/1 m)  | KG               | 66.49    | \$ 4.212.00     | \$ 280.041.00   |
| 28   | Epoxico Sika AnchorFix4 X 600cc  | UN               | 4.00     | \$ 60.900.00    | \$ 243.600.00   |
| 29   | Acero para confinamiento Muro - Placa (30cm c/1m)  | KG               | 8.40     | \$ 4.212.00     | \$ 35.381.00    |
| 30   | Muros Impresos Mesón h=1m  | ML               | 2.40     | \$ 19.780.00    | \$ 47.472.00    |
| <b>VIII BASES, PISOS Y ENCHAPES</b>  |  |                  |          |                 |                 |
| 31   | Alistado de piso en Mortero 1:3 E = 0.04   | M2               | 75.57    | \$ 28.513.39    | \$ 2.154.757.00 |
| 32   | Cerámica piso Trafico 5 + Cerámica pared primera cálida + Guarda escobas                 | GL               | 1.00     | \$ 7.020.829.00 | \$ 7.020.829.00 |
| <b>IX PINTURA</b>  |  |                  |          |                 |                 |
| 33   | Impermeabilización fachada en Sika transparente o similar                                | M2               | 96.90    | \$ 4.850.00     | \$ 469.965.00   |
| 34   | Pintura epoxica alta resistencia con catalizador (Cocina- Baños) + Estuco vinilo 3 manos | M2               | 376.14   | \$ 14.860.53    | \$ 5.589.640.00 |
| <b>X CUBIERTAS Y CIELO RASOS</b>   |  |                  |          |                 |                 |
| 35   | Teja tipo Eternit + Caballete (Con estructura)   | M2               | 83.13    | \$ 118.825.00   | \$ 9.877.566.00 |
| 36   | Cielo Raso Drywall (incluye pintura)   | M2               | 75.57    | \$ 48.899.34    | \$ 3.695.323.00 |

|             |   |              |      |    |                  |                         |
|-------------|---|--------------|------|----|------------------|-------------------------|
| <b>XI</b>   | <b>CARPINTERÍA METÁLICA</b>                                     |              |      |    | \$               | -                       |
| 37          | Marcos y Puertas en aluminio                                    | M2           | 1.62 | \$ | 265.155.99       | \$ 429.553.00           |
| 38          | Ventana en aluminio con basculante                              | M2           | 4.76 | \$ | 265.155.99       | \$ 1.262.143.00         |
| <b>XII</b>  | <b>CARPINTERÍA DE MADERA</b>                                    |              |      |    | \$               | -                       |
| 39          | Hoja Puerta entamborada Triplex-tablex Baños administrativos    | UN           | 5.00 | \$ | 422.662.12       | \$ 2.113.311.00         |
| <b>XIII</b> | <b>APARATOS Y EQUIPOS SANITARIOS</b>                            |              |      |    | \$               | -                       |
| 40          | Suministro e Instalación Aparatos Sanitarios (Incluye Grifería) | UN           | 2.00 | \$ | 475.087.07       | \$ 950.174.00           |
| <b>XIV</b>  | <b>METODOLOGÍA BIM</b>  |              |      |    | \$               | -                       |
| 41          | Software (Excel - AutoCAD - Revit - Navisworks)                 | GL           | 3.00 | \$ | 7.500.000.00     | \$ 22.500.000.00        |
| 42          | Diseños estructurales y arquitectónicos                         | UN           | 1.00 | \$ | 4.800.000.00     | \$ 4.800.000.00         |
| 43          | Elaboración Presupuesto de obra                                 | UN           | 1.00 | \$ | 1.200.000.00     | \$ 1.200.000.00         |
| 44          | Programación de obra  | UN           | 1.00 | \$ | 1.200.000.00     | \$ 1.200.000.00         |
| 45          | Modelo en Revit   | UN           | 1.00 | \$ | 3.500.000.00     | \$ 3.500.000.00         |
| 46          | Computadores  | UN           | 3.00 | \$ | 4.200.000.00     | \$ 12.600.000.00        |
| 47          | Capacitación  | UN           | 1.00 | \$ | 5.000.000.00     | \$ 5.000.000.00         |
| 48          | Residente BIM   | GL           | 1.00 | \$ | 3.200.000.00     | \$ 3.200.000.00         |
| 49          | Coordinador BIM   | GL           | 1.00 | \$ | 4.500.000.00     | \$ 4.500.000.00         |
| <b>XV</b>   | <b>IMPRESORA 3D CONSTRUCCIÓN</b>                                |              |      |    | \$               | -                       |
| 50          | Impresora (software mas capacitación)                           | UN           | 1.00 | \$ | 1.062.167.480.00 | \$ 1.062.167.480.00     |
| 51          | Envío de la Impresora 3D  | UN           | 1.00 | \$ | 18.030.706.00    | \$ 18.030.706.00        |
| 52          | Ingeniero profesional de apoyo                                  | UN           | 1.00 | \$ | 3.800.000.00     | \$ 3.800.000.00         |
| 53          | Cuadrilla 1 Técnico Operativo + 2 Ayudantes de Construcción     | UN           | 1.00 | \$ | -                | \$ -                    |
| 54          | Protección para lluvias   | GL           | 1.00 | \$ | 2.450.000.00     | \$ 2.450.000.00         |
|             | <b>VALOR COSTOS DIRECTOS</b>                                    |              |      |    | \$               | <b>1.222.846.992.00</b> |
|             | <b>ADMINISTRACIÓN</b>   | <b>6.00%</b> |      |    | \$               | <b>73.370.820.00</b>    |
|             | <b>IMPREVISTOS</b>  | <b>5.00%</b> |      |    | \$               | <b>61.142.350.00</b>    |
|             | <b>UTILIDAD</b>   | <b>5.00%</b> |      |    | \$               | <b>61.142.350.00</b>    |
|             | <b>VALOR TOTAL</b>  |              |      |    | \$               | <b>1.418.502.512.00</b> |

Fuente propia.

De lo anterior se puede observar que:

- El valor total de la construcción de la vivienda, imprimiendo los muros con la impresora 3D, es de \$ **1'418.502.512 pesos M/CTE**,
- El valor de los costos directos del proyecto de la vivienda es de \$ **1'222.846.992 pesos M/CTE**.
- La impresora 3D cuesta \$ **1'062.167.480 pesos M/CTE**, por ende éste costo equivale a un **86.86%** del **100%** del costo directo del proyecto.
- El valor de los muros impresos en 3D internos es de \$ **3'769.277 pesos M/CTE** y el de los muros impresos en 3D externos es de \$ **909.089 pesos M/CTE**, dando un total de muro impreso en 3D de la vivienda de \$ **4'678.366 pesos M/CTE**
- En el desarrollo del diseño BIM es necesario la compra de computadores donde la inversión es de \$ **12'600.000 pesos M/CTE**, éstos deben ser de un buen procesador ya que los programas a usar, que también deben ser adquiridos, son pesados, es por ello que se contempla éste ítem por si en la empresa donde se desea implementar este diseño no cuentan con buenos computadores para el diseño de BIM.



- OFICINA (Muros impresos en 3D)

### Imagen 33. Presupuesto de la oficina 3D.

| UNIVERSIDAD:  | UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  |                  |  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia<br>Vigilada Mineducación |                 |                 |
|---|---|------------------|--|-----------------|-----------------|
| ESTUDIANTES:  | MATEUS MALAGON JEFFERSON ARMENDIS<br>PAREDES ACOSTA JUAN ANDRÉS   | 551389<br>551397 |  |                 |                 |
| TUTOR:  | JUAN SEBASTIÁN VARGAS   |                  |  |                 |                 |
| OBJETO:   | ANÁLISIS DE TIEMPOS Y COSTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE IMPRESORAS 3D PARA PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DESARROLLADOS EN COLOMBIA CON METODOLOGÍA BIM |                  |  |                 |                 |
| PRESUPUESTO OFICINA DE 77 M2 (1 PLANTA) EN EL MUNICIPIO DE VÉLEZ SANTANDER. |   |                  |  |                 |                 |
| ÍTEM  | DESCRIPCIÓN   | UNIDAD DE MEDIDA | CANTIDAD   | V/R UNITARIO    | V/R TOTAL       |
| <b>I</b>  | <b>PRELIMINARES</b>   |                  |  |                 |                 |
| 1   | Descapote Mecánico e. 20 incluye cargue y retiro  | M2               | 75.57  | \$ 1.483.00     | \$ 112.070.00   |
| 2   | Cerca en tela verde h: 2.10   | ML               | 19.29  | \$ 20.685.00    | \$ 399.014.00   |
| 3   | Redes provisionales   | UN               | 1.00   | \$ 580.236.31   | \$ 580.236.00   |
| <b>II</b>   | <b>LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO</b>   |                  |  |                 | \$ -            |
| 4   | Localización y replanteo de cimientos con elementos de precisión  | M2               | 75.57  | \$ 10.045.00    | \$ 759.101.00   |
| <b>III</b>  | <b>CIMENTACIÓN</b>  |                  |  |                 | \$ -            |
| 5   | Excavación Manual de 0 m a 2m   | M3               | 16.83  | \$ 41.632.00    | \$ 700.667.00   |
| 6   | Mejoramiento de la sub-rasante con B-200  | M3               | 22.67  | \$ 104.916.00   | \$ 2.378.446.00 |
| 7   | Base en concreto pobre 1500 psi (e=0,10m)   | M2               | 15.42  | \$ 332.377.39   | \$ 5.125.259.00 |
| 8   | Zapata en concreto de 3500 psi  | M3               | 4.10   | \$ 594.205.86   | \$ 2.436.244.00 |
| 9   | Viga en concreto de 3500 psi  | M3               | 2.97   | \$ 637.127.05   | \$ 1.892.267.00 |
| 10  | Acero de refuerzo de 60000 psi  | KG               | 848.40   | \$ 4.212.00     | \$ 3.573.461.00 |
| <b>IV</b>   | <b>ESTRUCTURAS EN CONCRETO</b>  |                  |  |                 | \$ -            |
| 11  | Columna en concreto de 3500 psi   | M3               | 1.22   | \$ 790.366.52   | \$ 964.247.00   |
| 12  | Viga aérea en concreto de 3500 psi  | M3               | 1.67   | \$ 829.051.01   | \$ 1.384.515.00 |
| 13  | Placa de piso concreto de 3500 psi (e=20cm)   | M2               | 75.57  | \$ 109.784.00   | \$ 8.296.377.00 |
| 14  | Acero para elementos estructurales  | KG               | 260.10   | \$ 4.212.00     | \$ 1.095.541.00 |
| <b>V</b>  | <b>INSTALACIONES HIDROSANITARIAS</b>  |                  |  |                 | \$ -            |
|   | <b>REDES DE SUMINISTRO</b>  |                  |  |                 | \$ -            |
| 15  | Red Suministro PVC 1" y 1/2" + ACCESORIOS   | ML               | 38.07  | \$ 16.278.70    | \$ 619.730.00   |
| 16  | Punto hidráulico de 1/2"  | UN               | 5.00   | \$ 58.655.00    | \$ 293.275.00   |
| 17  | Pruebas de presión  | UN               | 2.00   | \$ 123.063.58   | \$ 246.127.00   |
|   | <b>REDES DE EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES</b>  |                  |  |                 | \$ -            |
| 18  | Excavación Manual de 0 m a 2m   | M3               | 16.67  | \$ 41.632.00    | \$ 694.089.00   |
| 19  | Relleno en Recebo B-200 Compactado Mecánicamente  | M3               | 11.17  | \$ 104.916.00   | \$ 1.172.122.00 |
| 20  | Red sanitaria PVC-S Ø=2" y Ø=4"   | ML               | 27.93  | \$ 45.532.00    | \$ 1.271.709.00 |
| 21  | Construcción de cajas de inspección de 80x80x100cm en concreto  | UN               | 5.00   | \$ 584.661.60   | \$ 2.923.308.00 |
| 22  | Pruebas de estanqueidad   | UN               | 2.00   | \$ 78.848.25    | \$ 157.697.00   |
| <b>VI</b>   | <b>INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>   |                  |  |                 | \$ -            |
| 23  | Cableado eléctrico + Salidas + Toma - Corrientes  | GL               | 1.00   | \$ 2.159.302.00 | \$ 2.159.302.00 |
| 24  | Tubería Conduit + Accesorios  | GL               | 1.00   | \$ 852.072.00   | \$ 852.072.00   |
| <b>VII</b>  | <b>MUROS IMPRESOS</b>   |                  |  |                 | \$ -            |
| 25  | Muros Exteriores Impresos (Incluido mano de obra 1 Técnico + 2 Ayudantes) 96,90m2   | M2               | 193.80   | \$ 19.827.00    | \$ 3.842.473.00 |
| 26  | Muros Interiores Impresos (Incluido mano de obra 1 Técnico + 2 Ayudantes)   | M2               | 53.46  | \$ 19.827.00    | \$ 1.059.951.00 |
| 27  | Grañiles (2 Varillas No.02 c./1 m)  | KG               | 74.65  | \$ 4.212.00     | \$ 314.426.00   |
| 28  | Epoxico Sika AnchorFix4 X 600cc   | UN               | 4.00   | \$ 60.900.00    | \$ 243.600.00   |
| 29  | Acero para confinamiento Muro - Placa (30cm c./1m)  | KG               | 7.95   | \$ 4.212.00     | \$ 33.485.00    |
| 30  | Muros Impresos Mesón h=1m   | ML               | 2.40   | \$ 19.827.00    | \$ 47.585.00    |
| <b>VIII</b>   | <b>BASES, PISOS Y ENCHAPES</b>  |                  |  |                 | \$ -            |
| 31  | Alistado de piso en Mortero 1:3 E = 0.04  | M2               | 75.57  | \$ 28.513.39    | \$ 2.154.757.00 |
| 32  | Cerámica piso Trafico 5 + Cerámica pared primera cálida + Guarda escobas  | GL               | 1.00   | \$ 1.398.653.00 | \$ 1.398.653.00 |
| <b>IX</b>   | <b>PINTURA</b>  |                  |  |                 | \$ -            |
| 33  | Impermeabilización fachada en Sika transparente o similar   | M2               | 95.28  | \$ 4.850.00     | \$ 462.108.00   |
| 34  | Pintura epoxica alta resistencia con catalizador (Cocina- Baños) + Estuco vinilo 3 manos  | M2               | 399.24   | \$ 14.860.53    | \$ 5.932.918.00 |
| <b>X</b>  | <b>CUBIERTAS Y CIELO RASOS</b>  |                  |  |                 | \$ -            |
| 35  | Teja tipo Eternit + Caballete (Con estructura)  | M2               | 83.13  | \$ 118.825.00   | \$ 9.877.566.00 |
| 36  | Cielo Raso Drywall (incluye pintura)  | M2               | 75.57  | \$ 48.899.34    | \$ 3.695.323.00 |
| <b>XI</b>   | <b>CARPINTERÍA METÁLICA</b>   |                  |  |                 | \$ -            |
| 37  | Marcos y Puertas en aluminio (Corredera)  | M2               | 3.24   | \$ 304.929.39   | \$ 987.971.00   |
| 38  | Ventana en aluminio con basculante  | M2               | 4.76   | \$ 265.155.99   | \$ 1.262.143.00 |
| <b>XII</b>  | <b>CARPINTERÍA DE MADERA</b>  |                  |  |                 | \$ -            |
| 39  | Hoja Puerta entlamborada Triplex-tablex Baños administrativos   | UN               | 6.00   | \$ 422.662.12   | \$ 2.535.973.00 |
| <b>XIII</b>   | <b>APARATOS Y EQUIPOS SANITARIOS</b>  |                  |  |                 | \$ -            |
| 40  | Suministro e Instalación Aparatos Sanitarios (Incluye Grifería)   | UN               | 4.00   | \$ 475.087.07   | \$ 1.900.348.00 |

|            |   |              |      |                     |                            |
|------------|---|--------------|------|---------------------|----------------------------|
| <b>XIV</b> | <b>AMOBLAGO</b>   |              |      |                     | \$ -                       |
| 41         | Amoblado para oficinas                                      | GL           | 1.00 | \$ 12.543.205.00    | \$ 12.543.205.00           |
| <b>XIV</b> | <b>METODOLOGÍA BIM</b>                                      |              |      |                     | \$ -                       |
| 42         | Software (Excel - AutoCAD - Revit - Navisworks)             | GL           | 3.00 | \$ 7.500.000.00     | \$ 22.500.000.00           |
| 43         | Diseños estructurales y arquitectónicos                     | UN           | 1.00 | \$ 4.800.000.00     | \$ 4.800.000.00            |
| 44         | Elaboración Presupuesto de obra                             | UN           | 1.00 | \$ 1.200.000.00     | \$ 1.200.000.00            |
| 45         | Programación de obra  | UN           | 1.00 | \$ 1.200.000.00     | \$ 1.200.000.00            |
| 46         | Modelo en Revit   | UN           | 1.00 | \$ 3.500.000.00     | \$ 3.500.000.00            |
| 47         | Computadores  | UN           | 3.00 | \$ 4.200.000.00     | \$ 12.600.000.00           |
| 48         | Capacitación  | UN           | 1.00 | \$ 5.000.000.00     | \$ 5.000.000.00            |
| 49         | Residente BIM   | GL           | 1.00 | \$ 3.200.000.00     | \$ 3.200.000.00            |
| 50         | Coordinador BIM   | GL           | 1.00 | \$ 4.500.000.00     | \$ 4.500.000.00            |
| <b>XV</b>  | <b>IMPRESORA 3D CONSTRUCCIÓN</b>                            |              |      |                     | \$ -                       |
| 51         | Impresora (software mas capacitación)                       | UN           | 1.00 | \$ 1.062.167.480.00 | \$ 1.062.167.480.00        |
| 52         | Envío de la Impresora 3D                                    | UN           | 1.00 | \$ 18.030.706.00    | \$ 18.030.706.00           |
| 53         | Ingeniero profesional de apoyo                              | UN           | 1.00 | \$ 3.800.000.00     | \$ 3.800.000.00            |
| 54         | Cuadrilla 1 Técnico Operativo + 2 Ayudantes de Construcción | UN           | 1.00 | \$ -                | \$ -                       |
| 55         | Protección para lluvias                                     | GL           | 1.00 | \$ 2.450.000.00     | \$ 2.450.000.00            |
|            | <b>VALOR COSTOS DIRECTOS</b>                                |              |      |                     | \$ <b>1.233.327.547.00</b> |
|            | <b>ADMINISTRACIÓN</b>                                       | <b>6.00%</b> |      |                     | \$ 73.999.653.00           |
|            | <b>IMPREVISTOS</b>  | <b>5.00%</b> |      |                     | \$ 61.666.377.00           |
|            | <b>UTILIDAD</b>   | <b>5.00%</b> |      |                     | \$ 61.666.377.00           |
|            | <b>VALOR TOTAL</b>  |              |      |                     | \$ <b>1.430.659.954.00</b> |

Fuente propia.

De lo anterior se puede observar que:

- El valor total de la construcción de la oficina, imprimiendo los muros con la impresora 3D, es de \$ **1'430.659.954 pesos M/CTE**,

- El valor de los costos directos del proyecto de la oficina es de \$ **1'233.327.547 pesos M/CTE**.

- El valor de los muros impresos en 3D internos es de \$ **3'842.473 pesos M/CTE** y el de los muros impresos en 3D externos es de \$ **1'059.951 pesos M/CTE**, dando un total de muro impreso en 3D de la vivienda de \$ **4'902.404 pesos M/CTE**

- La impresora 3D cuesta \$ **1'062.167.480 pesos M/CTE**, por ende éste costo equivale a un **86.12%** del **100%** del costo directo del proyecto.

- LOCAL (Muros impresos en 3D)

**Imagen 34. Presupuesto del local 3D.**

|  |   |  |                 |                     |                  |
|--|---|--|-----------------|---------------------|------------------|
| <b>UNIVERSIDAD:</b>  | UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  |  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>Vigilada Mineducación |                 |                     |                  |
| <b>ESTUDIANTES:</b>  | MATEUS MALAGON JEFFERSON ARMENDIS 551389<br>PAREDES ACOSTA JUAN ANDRÉS 551397   |  |                 |                     |                  |
| <b>TUTOR:</b>  | JUAN SEBASTIÁN VARGAS   |  |                 |                     |                  |
| <b>OBJETO:</b>   | ANÁLISIS DE TIEMPOS Y COSTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE IMPRESORAS 3D PARA PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DESARROLLADOS EN COLOMBIA CON METODOLOGÍA BIM |  |                 |                     |                  |
| <b>PRESUPUESTO LOCAL DE 77 M2 (1 PLANTA) EN EL MUNICIPIO DE VÉLEZ SANTANDER.</b> |   |  |                 |                     |                  |
| <b>ÍTEM</b>  | <b>DESCRIPCIÓN</b>  | <b>UNIDAD DE MEDIDA</b>  | <b>CANTIDAD</b> | <b>V/R UNITARIO</b> | <b>V/R TOTAL</b> |
| <b>I</b>   | <b>PRELIMINARES</b>   |  |                 |                     |                  |
| 1  | Descapote Mecánico e. 20 incluye cargue y retiro  | M2   | 75.57           | \$ 1.483.00         | \$ 112.070.00    |
| 2  | Cerca en tela verde h: 2.10   | ML   | 19.29           | \$ 20.685.00        | \$ 399.014.00    |



|             |  |    |        |                  |                  |
|-------------|--|----|--------|------------------|------------------|
| 3           | Redes provisionales  | UN | 1.00   | \$ 580.236.31    | \$ 580.236.00    |
| <b>II</b>   | <b>LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO</b>  |    |        |                  | \$ -             |
| 4           | Localización y replanteo de cimientos con elementos de precisión                         | M2 | 75.57  | \$ 10.045.00     | \$ 759.101.00    |
| <b>III</b>  | <b>CIMENTACIÓN</b>   |    |        |                  | \$ -             |
| 5           | Excavación Manual de 0 m a 2m  | M3 | 16.83  | \$ 41.632.00     | \$ 700.667.00    |
| 6           | Mejoramiento de la sub-rasante con B-200   | M3 | 22.67  | \$ 104.916.00    | \$ 2.378.446.00  |
| 7           | Base en concreto pobre 1500 psi (e=0,10m)  | M2 | 15.42  | \$ 332.377.39    | \$ 5.125.259.00  |
| 8           | Zapata en concreto de 3500 psi   | M3 | 4.10   | \$ 594.205.86    | \$ 2.436.244.00  |
| 9           | Viga en concreto de 3500 psi   | M3 | 2.97   | \$ 637.127.05    | \$ 1.892.267.00  |
| 10          | Acero de refuerzo de 60000 psi   | KG | 848.40 | \$ 4.212.00      | \$ 3.573.461.00  |
| <b>IV</b>   | <b>ESTRUCTURAS EN CONCRETO</b>   |    |        |                  | \$ -             |
| 11          | Columna en concreto de 3500 psi  | M3 | 1.22   | \$ 790.366.52    | \$ 964.247.00    |
| 12          | Viga aérea en concreto de 3500 psi   | M3 | 1.67   | \$ 829.051.01    | \$ 1.384.515.00  |
| 13          | Placa de piso concreto de 3500 psi (e=20cm)  | M2 | 75.57  | \$ 109.784.00    | \$ 8.296.377.00  |
| 14          | Acero para elementos estructurales   | KG | 260.10 | \$ 4.212.00      | \$ 1.095.541.00  |
| <b>V</b>    | <b>INSTALACIONES HIDROSTRUCTURARIAS</b>  |    |        |                  | \$ -             |
|             | <b>REDES DE SUMINISTRO</b>   |    |        |                  | \$ -             |
| 15          | Red Suministro PVC 1" y 1/2" + ACCESORIOS  | ML | 38.07  | \$ 16.278.70     | \$ 619.730.00    |
| 16          | Punto hidráulico de 1/2"   | UN | 5.00   | \$ 58.655.00     | \$ 293.275.00    |
| 17          | Pruebas de presión   | UN | 2.00   | \$ 123.063.58    | \$ 246.127.00    |
|             | <b>REDES DE EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES</b>   |    |        |                  | \$ -             |
| 18          | Excavación Manual de 0 m a 2m  | M3 | 16.67  | \$ 41.632.00     | \$ 694.089.00    |
| 19          | Relleno en Recebo B-200 Compactado Mecánicamente   | M3 | 11.17  | \$ 104.916.00    | \$ 1.172.122.00  |
| 20          | Red sanitaria PVC-S Ø=2" y Ø=4"  | ML | 27.93  | \$ 45.532.00     | \$ 1.271.709.00  |
| 21          | Construcción de cajas de inspección de 80x80x100cm en concreto                           | UN | 5.00   | \$ 584.661.60    | \$ 2.923.308.00  |
| 22          | Pruebas de estanqueidad  | UN | 2.00   | \$ 78.848.25     | \$ 157.697.00    |
| <b>VI</b>   | <b>RED CONTRA INCENDIO</b>   |    |        |                  | \$ -             |
| 23          | Tubería Acero Negro Roscada 1" SCH 40 (Incluye accesorios y soportes)                    | ML | 27.38  | \$ 36.145.99     | \$ 989.677.00    |
| 24          | Tubería Acero Negro Ranurada 2" SCH 40 (Incluye accesorios y soportes)                   | ML | 16.67  | \$ 62.034.14     | \$ 1.034.109.00  |
| 25          | Rociador Automático 1/2" K=5.6 Pendiente UL-FM   | UN | 4.00   | \$ 59.275.00     | \$ 237.100.00    |
| 26          | Gabinete tipo II   | UN | 2.00   | \$ 696.440.53    | \$ 1.392.881.00  |
| 27          | Siamesa Inyección 4" X 2 1/2" X 2 1/2"   | UN | 1.00   | \$ 2.319.235.27  | \$ 2.319.235.00  |
| <b>VII</b>  | <b>AIRE ACONDICIONADO</b>  |    |        |                  | \$ -             |
| 28          | Mini Split   | UN | 1.00   | \$ 15.120.369.00 | \$ 15.120.369.00 |
| 29          | Potencia   | GL | 1.00   | \$ 1.532.650.00  | \$ 1.532.650.00  |
| 30          | Gas refrigerante   | GL | 1.00   | \$ 532.652.00    | \$ 532.652.00    |
| 31          | Equipos + cableado   | GL | 1.00   | \$ 9.520.000.00  | \$ 9.520.000.00  |
| <b>VI</b>   | <b>INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>  |    |        |                  | \$ -             |
| 32          | Cableado eléctrico + Salidas + Toma - Corrientes   | GL | 1.00   | \$ 2.159.302.00  | \$ 2.159.302.00  |
| 33          | Tubería Conduit + Accesorios   | GL | 1.00   | \$ 852.072.00    | \$ 852.072.00    |
| <b>VII</b>  | <b>MUROS IMPRESOS</b>  |    |        |                  | \$ -             |
| 34          | Muros Exteriores Impresos (Incluido mano de obra 1 Técnico + 2 Ayudantes) 93,44m2        | M2 | 186.88 | \$ 20.007.00     | \$ 3.738.908.00  |
| 35          | Muros Interiores Impresos (Incluido mano de obra 1 Técnico + 2 Ayudantes)                | M2 | 23.10  | \$ 20.007.00     | \$ 462.162.00    |
| 36          | Graffes (2 Vanillas No 02 c./1 m)  | KG | 52.07  | \$ 4.212.00      | \$ 219.319.00    |
| 37          | Epoxico Sika AnchorFix4 X 600cc  | UN | 4.00   | \$ 60.900.00     | \$ 243.600.00    |
| 38          | Acero para confinamiento Muro - Placa (30cm c./1m)                                       | KG | 6.12   | \$ 4.212.00      | \$ 25.777.00     |
| 39          | Muros Impresos Mesón h=1m  | ML | 2.40   | \$ 20.007.00     | \$ 48.017.00     |
| <b>VIII</b> | <b>BASES, PISOS Y ENCHAPES</b>   |    |        |                  | \$ -             |
| 40          | Alistado de piso en Mortero 1:3 E = 0.04   | M2 | 75.57  | \$ 28.513.39     | \$ 2.154.757.00  |
| 41          | Cerámica piso Trafico 5 + Cerámica pared primera cálida + Guarda escobas                 | GL | 1.00   | \$ 1.092.565.00  | \$ 1.092.565.00  |
| <b>IX</b>   | <b>PINTURA</b>   |    |        |                  | \$ -             |
| 42          | Impermeabilización fachada en Sika transparente o similar                                | M2 | 93.44  | \$ 4.850.00      | \$ 453.184.00    |
| 43          | Pintura epoxica alta resistencia con catalizador (Cocina- Baños) + Estuco vinilo 3 manos | M2 | 326.52 | \$ 14.860.53     | \$ 4.852.260.00  |
| <b>X</b>    | <b>CUBIERTAS Y CIELO RASOS</b>   |    |        |                  | \$ -             |
| 44          | Teja tipo Eternit + Caballete (Con estructura)   | M2 | 83.13  | \$ 118.825.00    | \$ 9.877.566.00  |
| 45          | Cielo Raso Drywall (incluye pintura)   | M2 | 75.57  | \$ 48.899.34     | \$ 3.695.323.00  |
| <b>XI</b>   | <b>CARPINTERÍA METÁLICA</b>  |    |        |                  | \$ -             |
| 46          | Marcos y Puertas en aluminio   | M2 | 6.48   | \$ 265.155.99    | \$ 1.718.211.00  |
| 47          | Ventana en aluminio con basculante   | M2 | 3.36   | \$ 265.155.99    | \$ 890.924.00    |
| <b>XII</b>  | <b>CARPINTERÍA DE MADERA</b>   |    |        |                  | \$ -             |
| 48          | Hoja Puerta entamborada Triplex-tablex Baños administrativos                             | UN | 3.00   | \$ 422.662.12    | \$ 1.267.986.00  |
| <b>XIII</b> | <b>APARATOS Y EQUIPOS SANITARIOS</b>   |    |        |                  | \$ -             |
| 49          | Suministro e Instalación Aparatos Sanitarios (Incluye Grifería)                          | UN | 4.00   | \$ 475.087.07    | \$ 1.900.348.00  |
| <b>XIV</b>  | <b>METODOLOGÍA BIM</b>   |    |        |                  | \$ -             |
| 50          | Software (Excel - AutoCAD - Revit - Navisworks)  | GL | 3.00   | \$ 7.500.000.00  | \$ 22.500.000.00 |
| 51          | Diseños estructurales y arquitectónicos  | UN | 1.00   | \$ 4.800.000.00  | \$ 4.800.000.00  |
| 52          | Elaboracion Presupuesto de obra  | UN | 1.00   | \$ 1.200.000.00  | \$ 1.200.000.00  |
| 53          | Programación de obra   | UN | 1.00   | \$ 1.200.000.00  | \$ 1.200.000.00  |
| 54          | Modelo en Revit  | UN | 1.00   | \$ 3.500.000.00  | \$ 3.500.000.00  |
| 55          | Computadores   | UN | 3.00   | \$ 4.200.000.00  | \$ 12.600.000.00 |
| 56          | Capacitación   | UN | 1.00   | \$ 5.000.000.00  | \$ 5.000.000.00  |
| 57          | Residente BIM  | GL | 1.00   | \$ 3.200.000.00  | \$ 3.200.000.00  |
| 58          | Coordinador BIM  | GL | 1.00   | \$ 4.500.000.00  | \$ 4.500.000.00  |

Página 1

|           |   |              |      |                     |                            |
|-----------|---|--------------|------|---------------------|----------------------------|
| <b>XV</b> | <b>IMPRESORA 3D CONSTRUCCIÓN</b>                            |              |      |                     | \$ -                       |
| 59        | Impresora (software mas capacitación)                       | UN           | 1.00 | \$ 1.062.167.480.00 | \$ 1.062.167.480.00        |
| 60        | Envío de la Impresora 3D                                    | UN           | 1.00 | \$ 18.030.706.00    | \$ 18.030.706.00           |
| 61        | Ingeniero profesional de apoyo                              | UN           | 1.00 | \$ 3.800.000.00     | \$ 3.800.000.00            |
| 62        | Cuadrilla 1 Técnico Operativo + 2 Ayudantes de Construcción | UN           | 1.00 | \$ -                | \$ -                       |
| 63        | Protección para lluvias                                     | GL           | 1.00 | \$ 2.450.000.00     | \$ 2.450.000.00            |
|           | <b>VALOR COSTOS DIRECTOS</b>                                |              |      |                     | <b>\$ 1.250.354.642.00</b> |
|           | <b>ADMINISTRACIÓN</b>                                       | <b>6.00%</b> |      |                     | \$ 75.021.279.00           |
|           | <b>IMPREVISTOS</b>  | <b>5.00%</b> |      |                     | \$ 62.517.732.00           |
|           | <b>UTILIDAD</b>   | <b>5.00%</b> |      |                     | \$ 62.517.732.00           |
|           | <b>VALOR TOTAL</b>  |              |      |                     | <b>\$ 1.450.411.385.00</b> |

Fuente propia.

De lo anterior se puede observar que:

- El valor total de la construcción del local, imprimiendo los muros con la impresora 3D, es de \$ **1'450.411.385 pesos M/CTE**,
- El valor de los costos directos del proyecto del local es de \$ **1'250.354.642 pesos M/CTE**.
- El valor de los muros impresos en 3D internos es de \$ **3'738.908 pesos M/CTE** y el de los muros impresos en 3D externos es de \$ **462.162 pesos M/CTE**, dando un total de muro impreso en 3D de la vivienda de \$ **4'201.070 pesos M/CTE**
- La impresora 3D cuesta \$ **1'062.167.480 pesos M/CTE**, por ende éste costo equivale a un **84.95%** del **100%** del costo directo del proyecto.

- BODEGA (Muros impresos en 3D)

### Imagen 35. Presupuesto de la Bodega 3D.

| <b>UNIVERSIDAD:</b>   | UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  |                  |          |  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>Vigilada Mineducación |                 |
|---|---|------------------|----------|--|-----------------|
| <b>ESTUDIANTES:</b>   | MATEUS MALAGON JEFFERSON ARMENDIS   | 551389           |          |  |                 |
|   | PAREDES ACOSTA JUAN ANDRÉS  | 551397           |          |  |                 |
| <b>TUTOR:</b>   | JUAN SEBASTIÁN VARGAS   |                  |          |  |                 |
| <b>OBJETO:</b>  | ANÁLISIS DE TIEMPOS Y COSTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE IMPRESORAS 3D PARA PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DESARROLLADOS EN COLOMBIA CON METODOLOGÍA BIM |                  |          |  |                 |
| <b>PRESUPUESTO BODEGA DE 77 M2 (1 PLANTA) EN EL MUNICIPIO DE VÉLEZ SANTANDER.</b> |   |                  |          |  |                 |
| ÍTEM  | DESCRIPCIÓN   | UNIDAD DE MEDIDA | CANTIDAD | V/R UNITARIO   | V/R TOTAL       |
| <b>I</b>  | <b>PRELIMINARES</b>   |                  |          |  |                 |
| 1   | Descapote Mecánico e. 20 incluye cargue y retiro  | M2               | 75.57    | \$ 1.483.00  | \$ 112.070.00   |
| 2   | Cerca en tela verde h: 2.10   | ML               | 19.29    | \$ 20.685.00   | \$ 399.014.00   |
| 3   | Redes provisionales   | UN               | 1.00     | \$ 580.236.31  | \$ 580.236.00   |
| <b>II</b>   | <b>LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO</b>   |                  |          |  |                 |
| 4   | Localización y replanteo de cimientos con elementos de precisión  | M2               | 75.57    | \$ 10.045.00   | \$ 759.101.00   |
| <b>III</b>  | <b>CIMENTACIÓN</b>  |                  |          |  |                 |
| 5   | Excavación Manual de 0 m a 2m   | M3               | 16.83    | \$ 41.632.00   | \$ 700.667.00   |
| 6   | Mejoramiento de la sub-rasante con B-200  | M3               | 22.67    | \$ 104.916.00  | \$ 2.378.446.00 |
| 7   | Base en concreto pobre 1500 psi (e=0,10m)   | M2               | 15.42    | \$ 332.377.39  | \$ 5.125.259.00 |
| 8   | Zapata en concreto de 3500 psi  | M3               | 4.10     | \$ 594.205.86  | \$ 2.436.244.00 |
| 9   | Viga en concreto de 3500 psi  | M3               | 2.97     | \$ 637.127.05  | \$ 1.892.267.00 |



|             |  |    |        |                  |                  |
|-------------|--|----|--------|------------------|------------------|
| 10          | Acero de refuerzo de 60000 psi   | KG | 848.40 | \$ 4.212.00      | \$ 3.573.461.00  |
| <b>IV</b>   | <b>ESTRUCTURAS EN CONCRETO</b>   |    |        |                  | \$ -             |
| 11          | Columna en concreto de 3500 psi  | M3 | 1.22   | \$ 790.366.52    | \$ 964.247.00    |
| 12          | Viga aérea en concreto de 3500 psi   | M3 | 1.67   | \$ 829.051.01    | \$ 1.384.515.00  |
| 13          | Placa de piso concreto de 3500 psi (e=20cm)  | M2 | 75.57  | \$ 109.784.00    | \$ 8.296.377.00  |
| 14          | Acero para elementos estructurales   | KG | 260.10 | \$ 4.212.00      | \$ 1.095.541.00  |
| <b>V</b>    | <b>INSTALACIONES HIDROSANITARIAS</b>   |    |        |                  | \$ -             |
|             | <b>REDES DE SUMINISTRO</b>   |    |        |                  | \$ -             |
| 15          | Red Suministro PVC 1" y 1/2" + ACCESORIOS  | ML | 35.41  | \$ 16.278.70     | \$ 576.429.00    |
| 16          | Punto hidráulico de 1/2"   | UN | 5.00   | \$ 58.655.00     | \$ 293.275.00    |
| 17          | Pruebas de presión   | UN | 2.00   | \$ 123.063.58    | \$ 246.127.00    |
|             | <b>REDES DE EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES</b>   |    |        |                  | \$ -             |
| 18          | Excavación Manual de 0 m a 2m  | M3 | 16.10  | \$ 41.632.00     | \$ 670.442.00    |
| 19          | Relleno en Recebo B-200 Compactado Mecánicamente   | M3 | 10.60  | \$ 104.916.00    | \$ 1.112.529.00  |
| 20          | Red sanitaria PVC-S Ø=2" y Ø=4"  | ML | 26.51  | \$ 45.532.00     | \$ 1.207.053.00  |
| 21          | Construcción de cajas de inspección de 80x80x100cm en concreto                           | UN | 5.00   | \$ 584.661.60    | \$ 2.923.308.00  |
| 22          | Pruebas de estanqueidad  | UN | 2.00   | \$ 78.848.25     | \$ 157.697.00    |
| <b>VI</b>   | <b>RED CONTRA INCENDIO</b>   |    |        |                  | \$ -             |
| 23          | Tubería Acero Negro Roscada 1" SCH 40 (Incluye accesorios y soportes)                    | ML | 27.38  | \$ 36.145.99     | \$ 989.677.00    |
| 24          | Tubería Acero Negro Ranurada 2" SCH 40 (Incluye accesorios y soportes)                   | ML | 16.67  | \$ 62.034.14     | \$ 1.034.109.00  |
| 25          | Rociador Automático 1/2" K=5.6 Pendiente UL-FM   | UN | 4.00   | \$ 59.275.00     | \$ 237.100.00    |
| 26          | Gabinete tipo II   | UN | 2.00   | \$ 696.440.53    | \$ 1.392.881.00  |
| 27          | Siamesa Inyección 4" X 2 1/2" X 2 1/2"   | UN | 1.00   | \$ 2.319.235.27  | \$ 2.319.235.00  |
| <b>VII</b>  | <b>AIRE ACONDICIONADO</b>  |    |        |                  | \$ -             |
| 28          | Mini Split   | UN | 1.00   | \$ 15.120.369.00 | \$ 15.120.369.00 |
| 29          | Potencia   | GL | 1.00   | \$ 1.532.650.00  | \$ 1.532.650.00  |
| 30          | Gas refrigerante   | GL | 1.00   | \$ 532.652.00    | \$ 532.652.00    |
| 31          | Equipos + cableado   | GL | 1.00   | \$ 9.520.000.00  | \$ 9.520.000.00  |
| <b>VI</b>   | <b>INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>  |    |        |                  | \$ -             |
| 32          | Cableado eléctrico + Salidas + Toma - Corrientes   | GL | 1.00   | \$ 1.659.302.00  | \$ 1.659.302.00  |
| 33          | Tubería Conduit + Accesorios   | GL | 1.00   | \$ 722.072.00    | \$ 722.072.00    |
| <b>VII</b>  | <b>MUROS IMPRESOS</b>  |    |        |                  | \$ -             |
| 34          | Muros Exteriores Impresos (Incluido mano de obra 1 Técnico + 2 Ayudantes) 95,28m2        | M2 | 190.56 | \$ 20.042.00     | \$ 3.819.204.00  |
| 35          | Muros Interiores Impresos (Incluido mano de obra 1 Técnico + 2 Ayudantes)                | M2 | 19.98  | \$ 20.042.00     | \$ 400.439.00    |
| 36          | Graffies (2 Vanillas No.02 c./1 m)   | KG | 50.29  | \$ 4.212.00      | \$ 211.821.00    |
| 37          | Epoxico Sika AnchorFix4 X 600cc  | UN | 4.00   | \$ 60.900.00     | \$ 243.600.00    |
| 38          | Acero para confinamiento Muro - Placa (30cm c./1m)                                       | KG | 5.93   | \$ 4.212.00      | \$ 24.977.00     |
| 39          | Muros Impresos Mesón h=1m  | ML | 2.40   | \$ 20.042.00     | \$ 48.101.00     |
| <b>VIII</b> | <b>BASES, PISOS Y ENCHAPES</b>   |    |        |                  | \$ -             |
| 39          | Alistado de piso en Mortero 1:3 E = 0.04   | M2 | 75.57  | \$ 28.513.39     | \$ 2.154.757.00  |
| 40          | Cerámica piso Trafico 5 + Cerámica pared primera cálida + Guarda escobas                 | GL | 1.00   | \$ 492.565.00    | \$ 492.565.00    |
| <b>IX</b>   | <b>PINTURA</b>   |    |        |                  | \$ -             |
| 41          | Impermeabilización fachada en Sika transparente o similar                                | M2 | 95.28  | \$ 4.850.00      | \$ 462.108.00    |
| 42          | Pintura epoxica alta resistencia con catalizador (Cocina- Baños) + Estuco vinilo 3 manos | M2 | 325.80 | \$ 14.860.53     | \$ 4.841.561.00  |
| <b>X</b>    | <b>CUBIERTAS Y CIELO RASOS</b>   |    |        |                  | \$ -             |
| 43          | Teja tipo Eternit + Caballete (Con estructura)   | M2 | 83.13  | \$ 118.825.00    | \$ 9.877.566.00  |
| 44          | Cielo Raso Drywall (incluye pintura)   | M2 | 75.57  | \$ 48.899.34     | \$ 3.695.323.00  |
| <b>XI</b>   | <b>CARPINTERÍA METÁLICA</b>  |    |        |                  | \$ -             |
| 45          | Marcos y Puertas en aluminio   | M2 | 3.24   | \$ 265.155.99    | \$ 859.105.00    |
| 46          | Ventana en aluminio con basculante   | M2 | 4.76   | \$ 265.155.99    | \$ 1.262.143.00  |
| <b>XII</b>  | <b>CARPINTERÍA DE MADERA</b>   |    |        |                  | \$ -             |
| 47          | Hoja Puerta entamborada Triplex-tablex Baños administrativos                             | UN | 3.00   | \$ 422.662.12    | \$ 1.267.986.00  |
| <b>XIII</b> | <b>APARATOS Y EQUIPOS SANITARIOS</b>   |    |        |                  | \$ -             |
| 48          | Suministro e Instalación Aparatos Sanitarios (Incluye Grifería)                          | UN | 4.00   | \$ 475.087.07    | \$ 1.900.348.00  |
| <b>XIV</b>  | <b>METODOLOGÍA BIM</b>   |    |        |                  | \$ -             |
| 49          | Software (Excel - AutoCAD - Revit - Navisworks)  | GL | 3.00   | \$ 7.500.000.00  | \$ 22.500.000.00 |
| 50          | Diseños estructurales y arquitectónicos  | UN | 1.00   | \$ 4.800.000.00  | \$ 4.800.000.00  |
| 51          | Elaboracion Presupuesto de obra  | UN | 1.00   | \$ 1.200.000.00  | \$ 1.200.000.00  |
| 52          | Programación de obra   | UN | 1.00   | \$ 1.200.000.00  | \$ 1.200.000.00  |
| 53          | Modelo en Revit  | UN | 1.00   | \$ 3.500.000.00  | \$ 3.500.000.00  |
| 54          | Computadores   | UN | 3.00   | \$ 4.200.000.00  | \$ 12.600.000.00 |
| 55          | Capacitación   | UN | 1.00   | \$ 5.000.000.00  | \$ 5.000.000.00  |
| 56          | Residente BIM  | GL | 1.00   | \$ 3.200.000.00  | \$ 3.200.000.00  |
| 57          | Coordinador BIM  | GL | 1.00   | \$ 4.500.000.00  | \$ 4.500.000.00  |
| <b>XV</b>   | <b>IMPRESORA 3D CONSTRUCCIÓN</b>   |    |        |                  | \$ -             |

|                              |   |              |      |                     |                            |
|------------------------------|---|--------------|------|---------------------|----------------------------|
| 58                           | Impresora (software mas capacitación)                       | UN           | 1.00 | \$ 1.062.167.480.00 | \$ 1.062.167.480.00        |
| 59                           | Envío de la Impresora 3D                                    | UN           | 1.00 | \$ 18.030.706.00    | \$ 18.030.706.00           |
| 60                           | Ingeniero profesional de apoyo                              | UN           | 1.00 | \$ 3.800.000.00     | \$ 3.800.000.00            |
| 61                           | Cuadrilla 1 Técnico Operativo + 2 Ayudantes de Construcción | UN           | 1.00 | \$ -                | \$ -                       |
| 62                           | Protección para lluvias                                     | GL           | 1.00 | \$ 2.450.000.00     | \$ 2.450.000.00            |
| <b>VALOR COSTOS DIRECTOS</b> |   |              |      |                     | <b>\$ 1.248.454.142.00</b> |
| <b>ADMINISTRACIÓN</b>        |   | <b>6.00%</b> |      |                     | \$ 74.907.249.00           |
| <b>IMPREVISTOS</b>           |   | <b>5.00%</b> |      |                     | \$ 62.422.707.00           |
| <b>UTILIDAD</b>              |   | <b>5.00%</b> |      |                     | \$ 62.422.707.00           |
| <b>VALOR TOTAL</b>           |   |              |      |                     | <b>\$ 1.448.206.805.00</b> |

Fuente propia.

De lo anterior se puede observar que:

- El valor total de la construcción de la bodega, imprimiendo los muros con la impresora 3D, es de **\$ 1'448.4206.805 pesos M/CTE**,
- El valor de los costos directos del proyecto de la bodega es de **\$1'248.454.142 pesos M/CTE**.
- El valor de los muros impresos en 3D internos es de **\$ 3'819.204 pesos M/CTE** y el de los muros impresos en 3D externos es de **\$ 400.439 pesos M/CTE**, dando un total de muro impreso en 3D de la vivienda de **\$ 4'219.643 pesos M/CTE**
- La impresora 3D cuesta **\$1'062.167.480 pesos M/CTE**, por ende éste costo equivale a un **85.08%** del **100%** del costo directo del proyecto.

### 4.3. METODOLOGIA BIM E IMPRESORAS 3D

A continuación se mostrarán el procedimiento que se desarrolló de la metodología BIM (2D, 3D, 4D, 5D) realizados en cada proyecto (vivienda, oficina, local y bodega) de construcción implementando la impresora 3D de gran formato para la construcción de muros en concreto en edificaciones, tal como se mencionó en la en la propuesta de grado aprobada:

#### 4.3.1. Modelación en AutoCAD (2D)

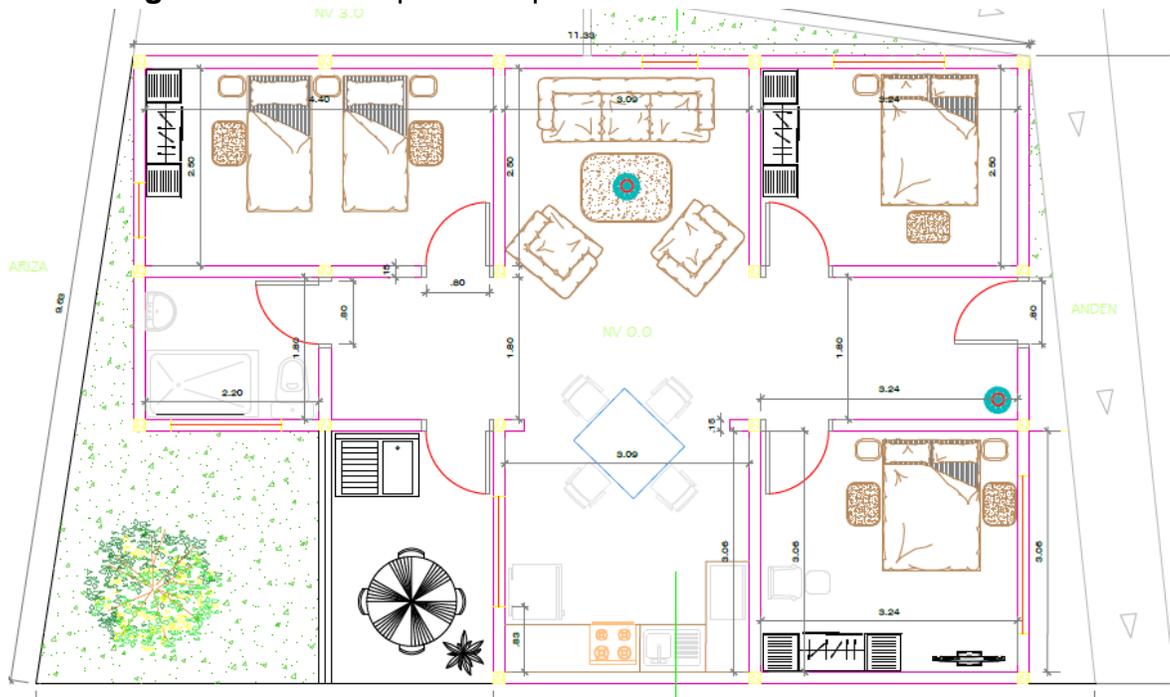
Como punto de partida, se realizaron los diseños preliminares de los respectivos proyectos para este caso se realizan diseños preliminares de una vivienda, oficina, local y bodega de 77 m<sup>2</sup> de construcción cada uno. Se hacen los diseños para ejecutar las construcciones con el sistema de la impresión de muros en concreto con impresoras en 3D con ayuda del AutoCAD el cual es un software adquirido gracias a la universidad mediante las licencias educativas.

**Nota:** Los planos de los diseños arquitectónicos, estructurales y planos de detalles de cada proyecto se encuentran anexos fuera del documento, en archivos PDF.

• VIVIENDA (Muros impresos en 3D):

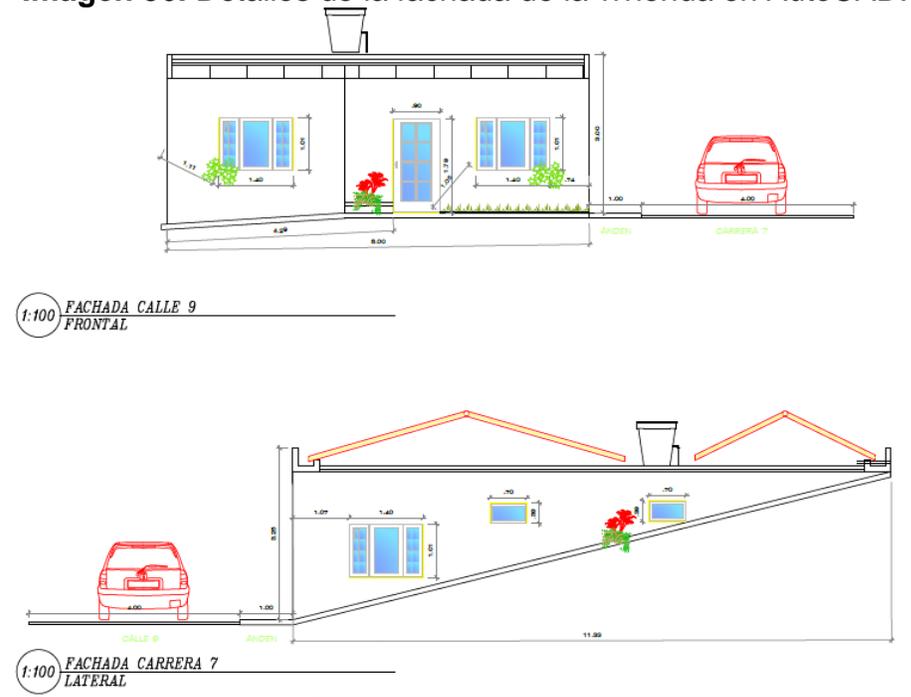
Es un proyecto familiar, el cual consta de 1 solo nivel con aproximadamente 77 m<sup>2</sup> de Área para construcción. Dicho proyecto estará ubicado en el municipio de Vélez – Santander, en el barrio Aquileo Parra, justo en la esquina de la calle 9 con carrera 7. Cabe recalcar que, para este barrio, la secretaria de planeación tiene un índice de ocupación de 0.7 y un índice de construcción de 2.0, dándonos a entender que del total del predio (115 m<sup>2</sup>) máximo se puede ocupar un 70% (Aprox. 80 m<sup>2</sup>) y que se puede construir hasta 230 m<sup>2</sup>. Esta vivienda familiar contará con 2 alcobas principales, una alcoba auxiliar, una sala, un comedor, una cocina, un baño y un patio de ropas.

**Imagen 35.** Plano de planta arquitectónico de la vivienda en AutoCAD.



Fuente propia.

**Imagen 36.** Detalles de la fachada de la vivienda en AutoCAD.

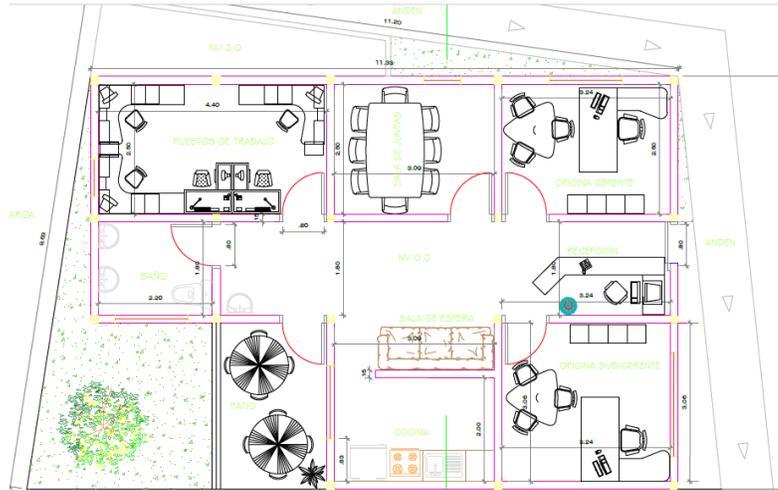


Fuente propia.

- OFICINA (Muros impresos en 3D).

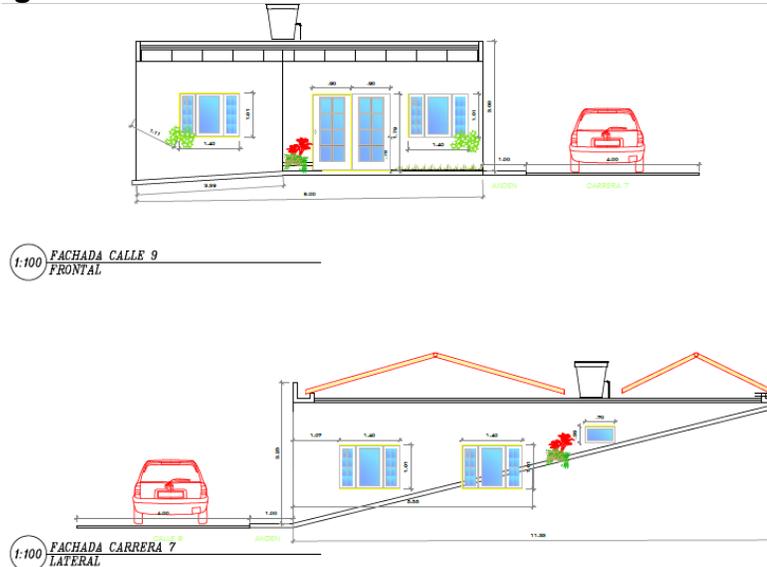
Se llevará acabo el desarrollo de un proyecto empresarial, el cual consta de una oficina de 1 solo nivel con aproximadamente 77 m<sup>2</sup> de Área. Dicho proyecto estará ubicado en el municipio de Vélez – Santander, Esta oficina contara con recepción, la oficina principal que será la gerencia de la compañía, una oficina auxiliar que será del subgerente de la compañía, una salida de espera, una sala de juntas, un patio amplio como zona de dispersión para los funcionarios, una cocineta y un baño para los funcionarios de la empresa, también cuenta con un espacio amplio para la disposición de los funcionarios de la compañía con sus respectivos escritorios y computadores de trabajo.

**Imagen 36.** Plano de planta arquitectónico de la oficina en AutoCAD.



Fuente propia.

**Imagen 37.** Detalles de la fachada de la oficina en AutoCAD.

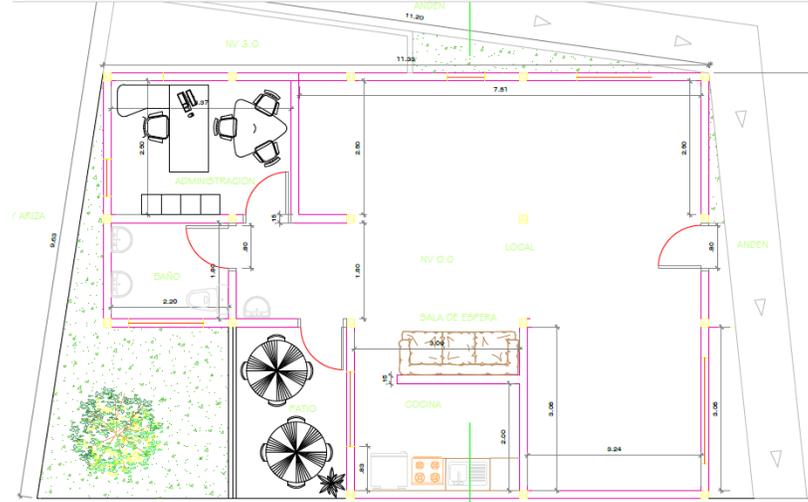


Fuente propia.

- LOCAL (Muros impresos en 3D).

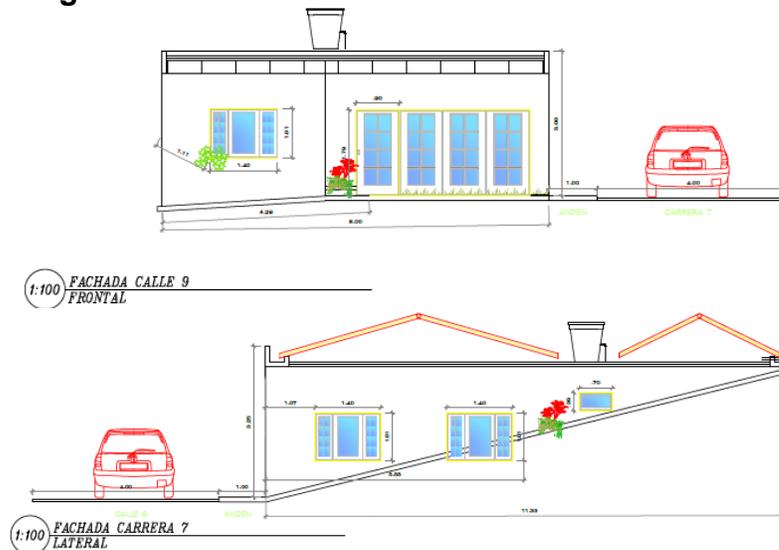
Se llevará acabo el desarrollo de un proyecto comercial, el cual consta de un local de 1 solo nivel con aproximadamente 77 m<sup>2</sup> de Área. Este local comercial contara de una oficina para el administrador del negocio, un patio, una zona destinada a las vitrinas y/o demás elementos que el dueño del local comercial considere necesario disponer para que su negocio crezca y de frutos, con una cocineta y baño para el o los empleados de dicho negocio.

**Imagen 38.** Plano de planta arquitectónico del local en AutoCAD.



Fuente propia.

**Imagen 39.** Detalles de la fachada del local en AutoCAD.

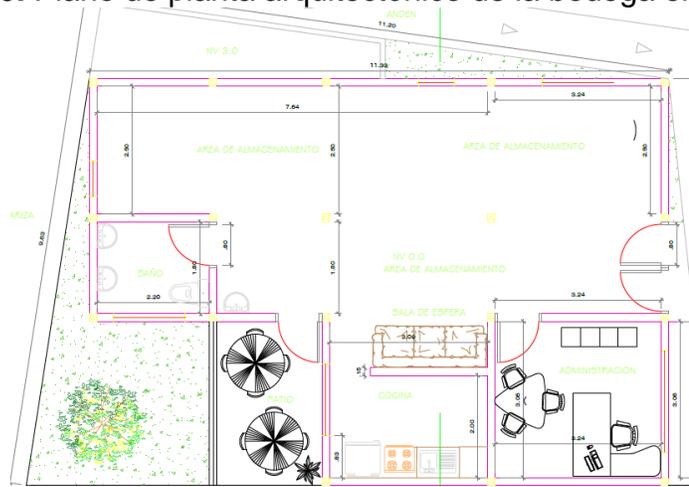


Fuente propia.

- BODEGA (Muros impresos en 3D).

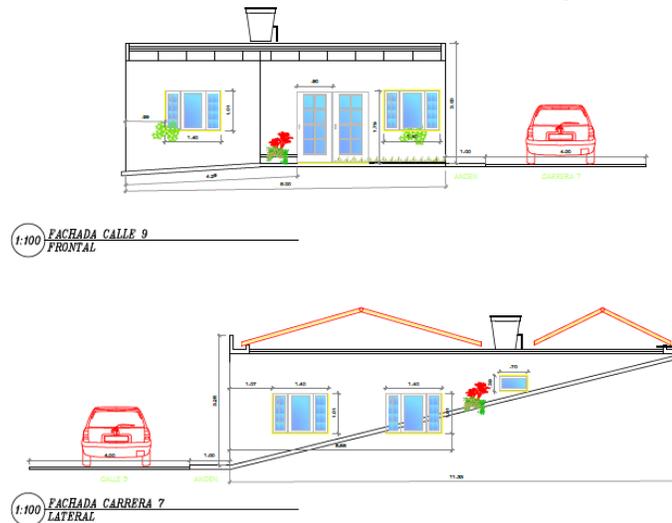
Se llevará acabo el desarrollo de un proyecto comercial, el cual consta de una bodega de 1 solo nivel con aproximadamente 77 m<sup>2</sup> de Área. Dicho proyecto estará ubicado en el municipio de Vélez – Santander. Esta bodega comercial contará de una oficina para el administrador del negocio, un patio, una zona destinada al almacenamiento de la mercancía y/o demás elementos que el dueño de la bodega considere necesario disponer para que su negocio crezca y de frutos, con una cocineta y baño para el o los empleados de dicho negocio.

**Imagen 40.** Plano de planta arquitectónico de la bodega en AutoCAD.



Fuente propia.

**Imagen 41.** Detalles de la fachada de la bodega en AutoCAD.



Fuente propia.

#### 4.3.2. Modelación en Revit (3D)

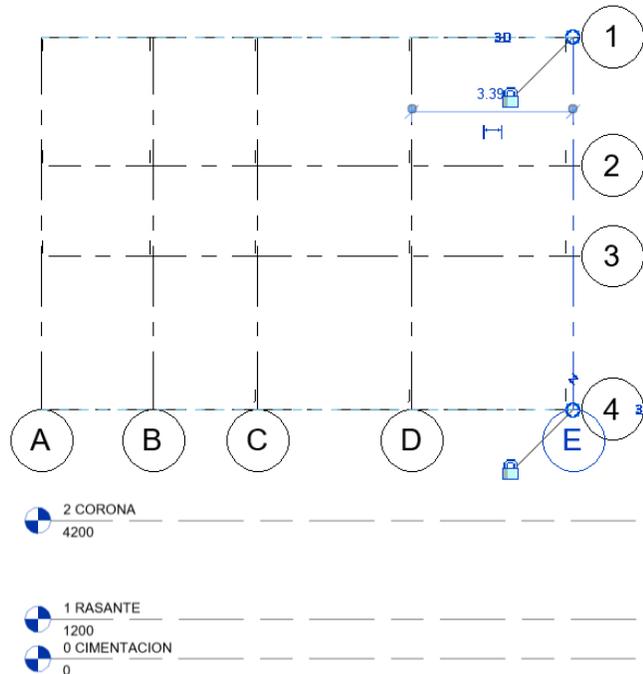
Como segundo paso, se realizaron los diseños de los respectivos proyectos modelados en 3D (REVIT), se desarrollan diseños de una vivienda, oficina, local y bodega cada uno con 77 m<sup>2</sup> de construcción con ayuda del programa Revit, el cual es un software adquirido gracias a la universidad mediante las licencias educativas.

Para poder iniciar con el modelo 3D en Revit de los proyectos, se debe contar con los planos estructurales y arquitectónicos de cada uno, con sus respectivas especificaciones de los materiales, espesores, áreas, entre otros parámetros para

que a la hora de ir creando los patrones y elementos en el modelo Revit queden conforme a los diseños.

**Paso 1:** se hizo la creación de los ejes del proyecto con sus respectivos niveles con el fin de tener exactitud y precisión a la hora de la creación de los elementos pertenecientes a este modelo 3D.

**Imagen 42.** Ejes del proyecto.

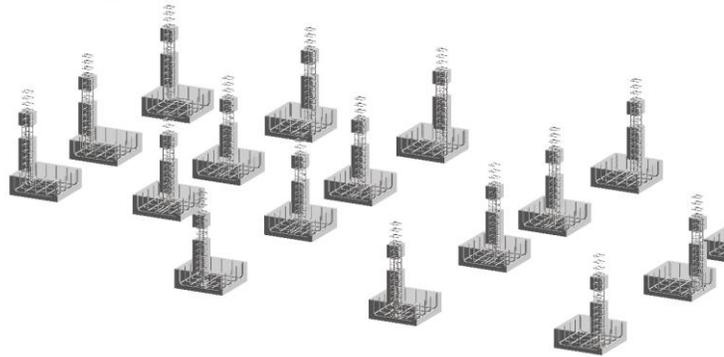


Fuente propia.

**Paso 2:** Se hizo la implantación de las zapatas, desde la pestaña estructura, zapata aislada, las cuales unas son céntricas y otras excéntricas dependiendo su ubicación en la planta de cimentación, se le definió la sección de la zapata (80 cm x 80 cm) con una altura de 30 cm, se definió el material dispuesto en el diseño que para el caso es un concreto de 3000 psi, con un espesor de 30 cm de base y una columneta de 90 cm.

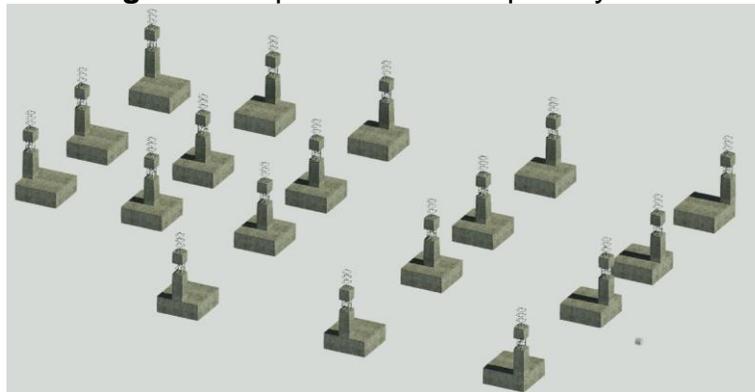
**Paso 3:** Se creó e instaló del acero estructural, desde la pestaña estructura, armadura, y se procedió con la creación de las varillas de 5/8" con gancho en sus extremos hacia la parte superior de la zapata. Para la creación de la malla de refuerzo, se editó el conjunto de armadura editándolo con la opción de espaciamiento máximo de 20 cm para una cara (Se realizó lo mismo en el otro sentido para obtener la malla).

**Imagen 43.** Implantación de zapatas y acero.



Fuente propia.

**Imagen 44.** Implantación de zapatas y acero.

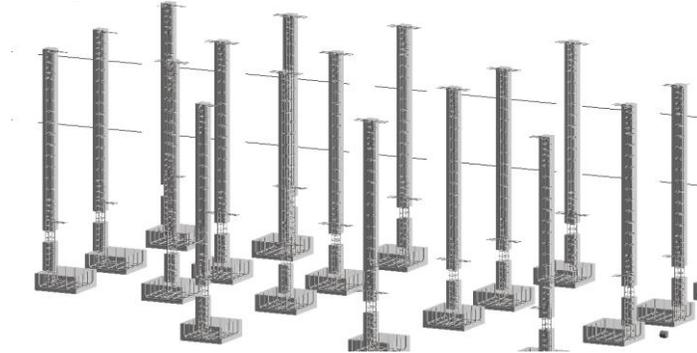


Fuente propia.

**Paso 4:** Se procedió con la creación de las columnetas y columnas de la estructura del proyecto. En el programa Revit, en la pestaña de estructura, pilar, se crearon las columnas, donde se definió la sección transversal como en el paso anterior, definiendo el nivel inferior (para el caso rasante) y nivel superior (corona) ubicándolas sobre las zapatas ya creadas, y definiendo el material requerido en el diseño del mismo modo que se le asignó a los elementos estructurales ya creados. En el caso del acero estructural, se creó en primera instancia el refuerzo longitudinal con varilla de 1/2" con gancho en sus dos extremos de 30 cm del mismo modo que se hizo la malla de refuerzo de la zapata.

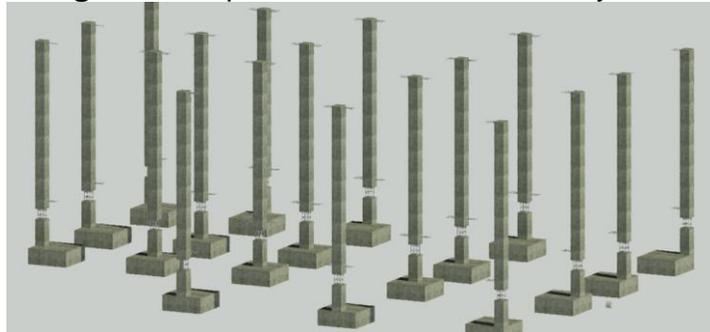
**Paso 5:** Se instaló el acero de refuerzo transversal que para el caso son los flejes de la columna en varilla de 3/8", donde se realizó el mismo proceso de distanciamiento máximo de 10 cm en los extremos y de 20cm en el centro de la columna.

**Imagen 45.** Implantación de columnetas y acero.



Fuente propia.

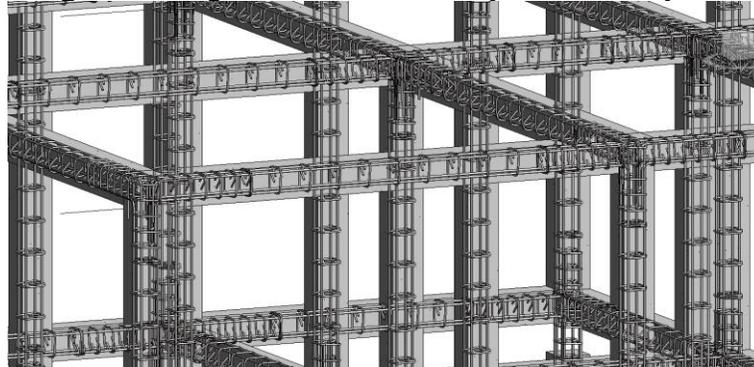
**Imagen 46.** Implantación de columnetas y acero.



Fuente propia.

**Paso 6:** se construyeron las vigas de cimentación y de corona, desde la pastan estructura, viga definiendo su sección transversal y uniéndolas con las columnas desde sus respectivos niveles. Cabe resaltar que para el material y refuerzo estructural se hicieron los mismos pasos ya descritos en las columnas

**Imagen 47.** Vigas de cimentación y de corona y acero



Fuente propia.

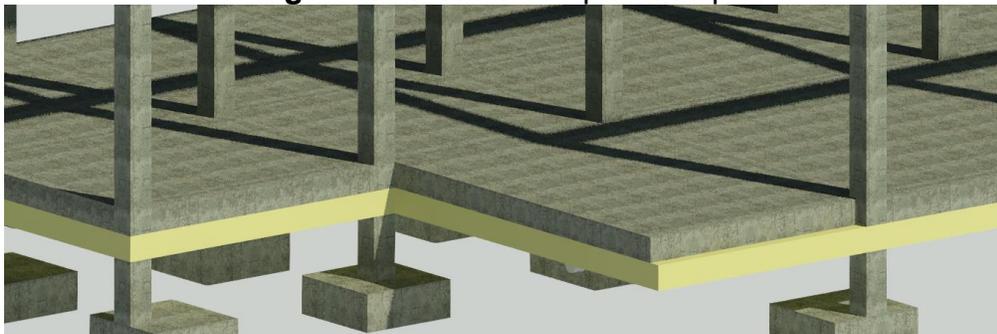
**Imagen 48.** Concreto para vigas de corona y acero



Fuente propia.

**Paso 7:** Para finalizar la estructura se creó la placa de piso con los parámetros y especificaciones de diseño, se creó un suelo con características de material recebo tipo B-200, para el mejoramiento de la sub-rasante,

**Imagen 49.** Creación de placa de piso.



Fuente propia.

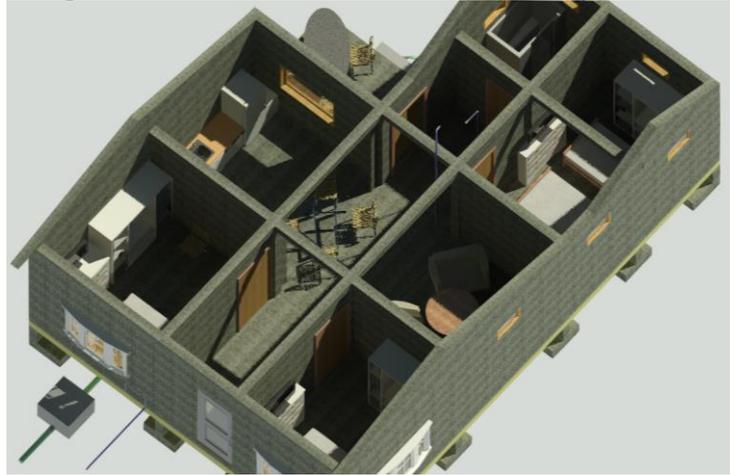
**Paso 8:** Después de tener todos los elementos correspondientes a la estructura del proyecto (zapatas, vigas, columnas), se pasó a la creación de los muros externos e internos de la vivienda desde la pestaña arquitectura, muros, dibujándolos en planta según lo dispuesto en los diseños. Aprovechando las grandes opciones que brinda este el software, instalando de una vez las puertas y ventanas.

**Imagen 50.** Creación de muros, puertas y ventanas.



Fuente propia.

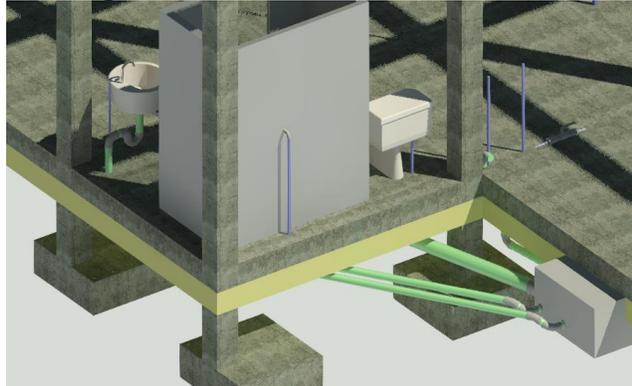
**Imagen 51.** Creación de muros, puertas y ventanas.



Fuente propia.

**Paso 9:** se pasó a las redes hidrosanitarias del proyecto, creando una familia para las cajas de inspección y el tanque de almacenamiento, creando los materiales de PVC para agua potable y sanitaria, realizando los respectivos trazados y empalmes. Se instalaron los aparatos sanitarios, creando las conexiones a tuberías para la entrada (suministro) y la salida (sanitaria, con sus respectivos accesorios).

**Imagen 52.** Diseño de redes sanitarias.



Fuente propia.

**Imagen 53.** Diseño de redes sanitarias.



Fuente propia.

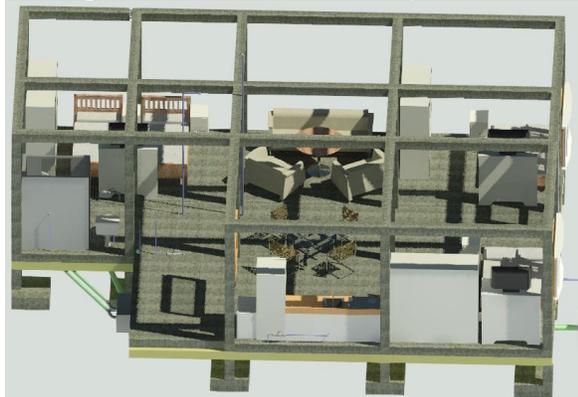
**Paso 10:** Se continuo con la decoración arquitectónica, cargando los elementos de mobiliario, camas, sala, comedor, sillas, cocina, y demás elementos, como se observa enseguida:

**Imagen 54.** Decoración arquitectónica



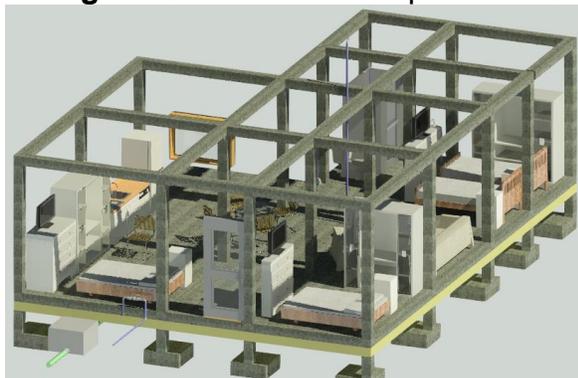
Fuente propia.

**Imagen 55.** Decoración arquitectónica



Fuente propia.

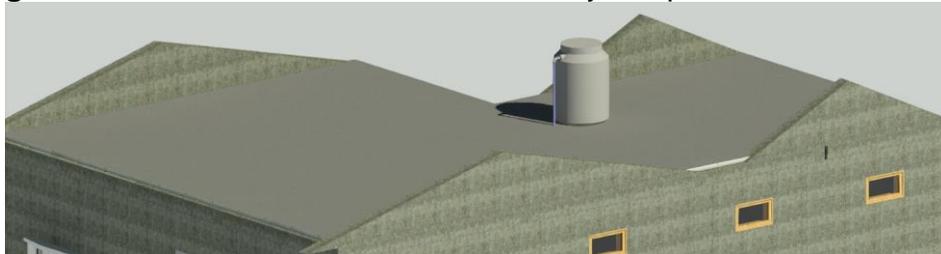
**Imagen 26.** Decoración arquitectónica



Fuente propia.

**Paso 11:** Para finalizar con el modelo 3D del proyecto de vivienda familiar se construyó el cielo raso del proyecto con su respectiva cubierta (el tanque de almacenamiento fue lo último que se modeló debido a que éste iba sobre la cubierta).

**Imagen 57.** Creación del cielo raso, cubierta y tanque de almacenamiento.



Fuente propia.

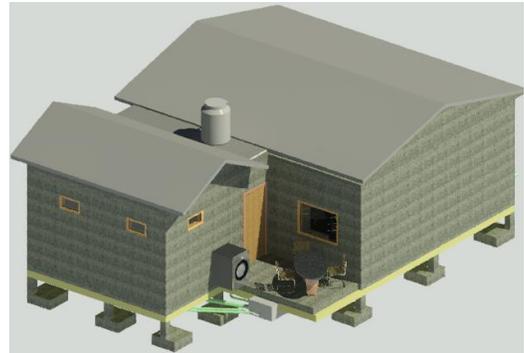
A continuación, se muestran algunas imágenes del modelo completo 3D del proyecto de la vivienda, desde diferentes puntos de vista.

**Imagen 58.** Vivienda 3D fachada delantera en Revit



Fuente propia.

**Imagen 59.** Vivienda 3D parte trasera en Revit



Fuente propia.

**Imagen 60.** Vivienda 3D fachada lateral en Revit



Fuente propia.

**Imagen 61.** Vivienda 3D Interior en Revit



Fuente propia.

En seguida se mostrará el resultado final del diseño en Revit de cada uno de los proyectos a ejecutar en 3D (oficina, local y bodega)

**Imagen 62.** Oficina 3D fachada delantera en Revit



Fuente propia.

**Imagen 63.** Oficina 3D parte trasera en Revit



Fuente propia.

**Imagen 64.** Oficina 3D parte trasera en Revit



Fuente propia.

**Imagen 65.** Oficina 3D Interior en Revit



Fuente propia.

**Imagen 66.** Local 3D fachada principal en Revit



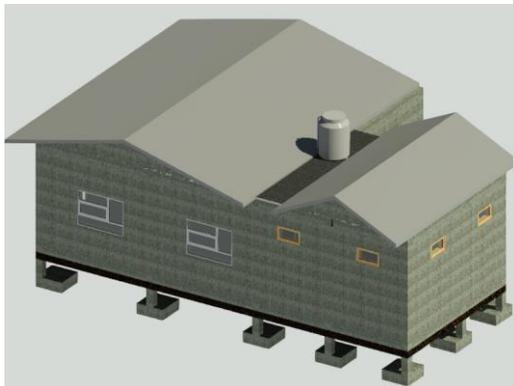
Fuente propia.

**Imagen 67.** Local 3D parte trasera en Revit



Fuente propia.

**Imagen 68.** Local 3D parte trasera Revit



Fuente propia.

**Imagen 69.** Bodega 3D fachada lateral en Revit



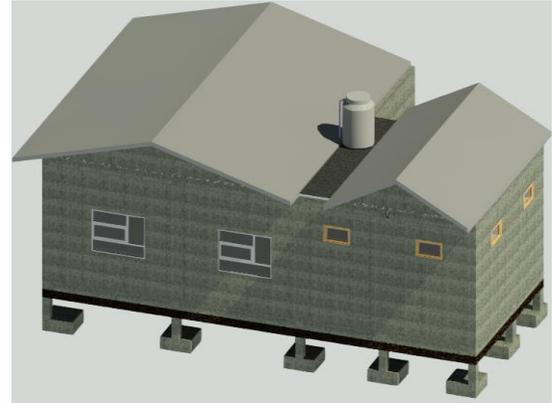
Fuente propia.

**Imagen 70.** Bodega 3D parte trasera en Revit



Fuente propia.

**Imagen 71.** Bodega 3D parte trasera en Revit



Fuente propia.

#### 4.3.3. Microsoft Project – tiempo (4D)

Como tercer paso, se exponen los diferentes tiempos implementados en la construcción de una vivienda, una oficina, un local y una bodega con la implementación de la impresora 3D, los cuales fueron mostrados en el ítem 4.2. donde se habla sobre los análisis de tiempos y costos en la construcción de los mismos con la ayuda de la impresora 3D.

#### - VIVIENDA (Muros impresos en 3D)

**Imagen 72.** Cronograma de vivienda 3D.

| Nombre de tarea   | Duración       | Comienzo            | Fin                 | Predecesoras |
|---|----------------|---------------------|---------------------|--------------|
| <b>▲ PRESUPUESTO VIVIENDA DE 81 M2 (1 PLANTA) EN EL MUNICIPIO DE VÉLEZ SANTANDER. MUROS CON IMPRESORA</b> | <b>98 días</b> | <b>lun 6/07/20</b>  | <b>jue 22/10/20</b> |              |
| <b>▲ COSTOS DIRECTOS</b>  | <b>98 días</b> | <b>lun 6/07/20</b>  | <b>jue 22/10/20</b> |              |
| <b>▲ PRELIMINARES</b>   | <b>4 días</b>  | <b>mar 25/08/20</b> | <b>vie 28/08/20</b> |              |
| Descapote Mecánico e. 20 incluye cargue y retiro  | 2 días         | mié 26/08/20        | vie 28/08/20        | 8FC-9 días   |
| Cerca en tela verde h: 2.10   | 1 día          | mar 25/08/20        | mar 25/08/20        | 62           |
| Redes provisionales   | 1 día          | mié 26/08/20        | jue 27/08/20        | 4CC          |
| <b>▲ LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO</b>   | <b>10 días</b> | <b>mié 26/08/20</b> | <b>sáb 5/09/20</b>  |              |
| Localización y replanteo de cimientos con elementos de pre  | 10 días        | mié 26/08/20        | sáb 5/09/20         | 5            |
| <b>▲ CIMENTACIÓN</b>  | <b>13 días</b> | <b>jue 27/08/20</b> | <b>vie 11/09/20</b> |              |
| Excavación Manual de 0 m a 2m   | 4 días         | jue 27/08/20        | mar 1/09/20         | 8FC-8 días   |
| Mejoramiento de la sub-rasante con B-200  | 3 días         | lun 31/08/20        | mié 2/09/20         | 10FC-2 días  |
| Base en concreto pobre 1500 psi (e=0,10m)   | 2 días         | vie 28/08/20        | lun 31/08/20        | 10FC-3 días  |
| Zapata en concreto de 3500 psi  | 6 días         | mar 1/09/20         | mar 8/09/20         | 15FC-4 días  |
| Viga en concreto de 3500 psi  | 5 días         | sáb 5/09/20         | vie 11/09/20        | 13FC-2 días  |
| Acero de refuerzo de 60000 psi Zapatas y Vigas  | 6 días         | lun 31/08/20        | sáb 5/09/20         | 12FC-1 día   |

|   |                |                     |                     |                  |
|---|----------------|---------------------|---------------------|------------------|
| <b>▣ ESTRUCTURAS EN CONCRETO</b>  | <b>16 días</b> | <b>jue 10/09/20</b> | <b>lun 28/09/20</b> |                  |
| Columna en concreto de 3500 psi   | 8 días         | mar 15/09/20        | mié 23/09/20        | 20FC-9 días      |
| Viga aérea en concreto de 3500 psi  | 5 días         | mié 23/09/20        | lun 28/09/20        | 17FC-2 días,20FC |
| Placa de piso concreto de 3500 psi (e=20cm) reforzada                       | 2 días         | jue 10/09/20        | sáb 12/09/20        | 14FC-1 día,30    |
| Acero de refuerzo de 60000 psi Columnas y Vigas                             | 12 días        | vie 11/09/20        | jue 24/09/20        | 19FC-1 día       |
| <b>▣ REDES DE SUMINISTRO</b>  | <b>12 días</b> | <b>mié 2/09/20</b>  | <b>mié 16/09/20</b> |                  |
| Red Suministro PVC 1" y 1/2" + ACCESORIOS                                   | 8 días         | mié 2/09/20         | vie 11/09/20        | 11               |
| Punto hidráulico de 1/2"  | 3 días         | vie 11/09/20        | mar 15/09/20        | 22               |
| Pruebas de presión  | 1 día          | mar 15/09/20        | mié 16/09/20        | 23               |
| <b>▣ REDES DE EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES</b>                            | <b>11 días</b> | <b>jue 27/08/20</b> | <b>mié 9/09/20</b>  |                  |
| Excavación Manual de 0 m a 2m   | 4 días         | jue 27/08/20        | mar 1/09/20         | 10CC             |
| Relleno en Recebo B-200 Compactado Mecánicamente                            | 3 días         | jue 3/09/20         | lun 7/09/20         | 28FC-1 día       |
| Red sanitaria PVC-S Ø=2" y Ø=4"   | 4 días         | lun 31/08/20        | vie 4/09/20         | 26FC-1 día       |
| Construcción de cajas de inspección de 80x80x100cm en c                     | 4 días         | jue 3/09/20         | mar 8/09/20         | 28FC-1 día       |
| Pruebas de estanqueidad   | 1 día          | mar 8/09/20         | mié 9/09/20         | 29               |
| <b>▣ INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>   | <b>6 días</b>  | <b>lun 28/09/20</b> | <b>sáb 3/10/20</b>  |                  |
| Cableado eléctrico + Salidas + Toma - Corrientes                            | 6 días         | lun 28/09/20        | sáb 3/10/20         | 35               |
| Tubería Conduit + Accesorios  | 6 días         | lun 28/09/20        | sáb 3/10/20         | 32CC             |
| <b>▣ MUROS IMPRESOS</b>   | <b>8 días</b>  | <b>mar 22/09/20</b> | <b>mié 30/09/20</b> |                  |
| Muros Exteriores Impresos   | 4 días         | mié 23/09/20        | sáb 26/09/20        | 39FC-1 día,69    |
| Muros Interiores Impresos   | 2 días         | lun 28/09/20        | mar 29/09/20        | 35               |
| Grafiles (2 Varillas No.02 c./1 m)  | 6 días         | mié 23/09/20        | mar 29/09/20        | 35CC             |
| Epóxido Sika AnchorFix4 X 600cc   | 2 días         | mar 22/09/20        | mié 23/09/20        | 39CC             |
| Acero para confinamiento Muro - Placa (30cm c./1m)                          | 2 días         | mar 22/09/20        | mié 23/09/20        | 17FC-2 días      |
| Muros Impresos Mesón h=1m   | 1 día          | mar 29/09/20        | mié 30/09/20        | 36               |
| <b>▣ BASES, PISOS Y ENCHAPES</b>  | <b>22 días</b> | <b>lun 28/09/20</b> | <b>jue 22/10/20</b> |                  |
| Alistado de piso en Mortero 1:3 E = 0.04                                    | 12 días        | lun 28/09/20        | lun 12/10/20        | 19;18            |
| Cerámica piso Trafico 5 + Cerámica pared primera cálida +<br>Guarda escobas | 10 días        | lun 12/10/20        | jue 22/10/20        | 42;36            |
| <b>▣ PINTURA</b>  | <b>16 días</b> | <b>mar 29/09/20</b> | <b>vie 16/10/20</b> |                  |
| Impermeabilización fachada en Sika transparente o similar                   | 4 días         | mar 29/09/20        | sáb 3/10/20         | 36               |
| Pintura epoxica alta resistencia con catalizador (Cocina-                   | 8 días         | jue 8/10/20         | vie 16/10/20        | 48               |
| <b>▣ CUBIERTAS Y CIELO RASOS</b>  | <b>18 días</b> | <b>lun 28/09/20</b> | <b>vie 16/10/20</b> |                  |
| Teja tipo Eternit + Caballete (Con estructura)                              | 10 días        | lun 28/09/20        | jue 8/10/20         | 36FC-2 días      |
| Cielo Raso Drywall (incluye pintura)  | 8 días         | jue 8/10/20         | vie 16/10/20        | 48               |
| <b>▣ CARPINTERÍA METÁLICA</b>   | <b>6 días</b>  | <b>mié 7/10/20</b>  | <b>mié 14/10/20</b> |                  |
| Marcos y Puertas en aluminio  | 6 días         | mié 7/10/20         | mié 14/10/20        | 48FC-1 día       |
| Ventana en aluminio con basculante  | 6 días         | mié 7/10/20         | mié 14/10/20        | 51CC             |
| <b>▣ CARPINTERÍA DE MADERA</b>  | <b>6 días</b>  | <b>mié 7/10/20</b>  | <b>mié 14/10/20</b> |                  |
| Hoja Puerta entamborada Triplex-tablex Baños administrativ                  | 6 días         | mié 7/10/20         | mié 14/10/20        | 52CC             |
| <b>▣ APARATOS Y EQUIPOS SANITARIOS</b>                                      | <b>6 días</b>  | <b>mié 7/10/20</b>  | <b>mié 14/10/20</b> |                  |
| Suministro e Instalación Aparatos Sanitarios (Incluye Grifería              | 6 días         | mié 7/10/20         | mié 14/10/20        | 54CC             |
| <b>▣ METODOLOGÍA BIM</b>  | <b>84 días</b> | <b>mar 21/07/20</b> | <b>jue 22/10/20</b> |                  |
| Software (Excel - AutoCAD - Revit - Navisworks)                             | 1 día          | mar 28/07/20        | mar 28/07/20        | 63               |
| Diseños estructurales y arquitectónicos                                     | 12 días        | mié 29/07/20        | mar 11/08/20        | 58               |
| Presupuesto de obra   | 6 días         | mar 11/08/20        | mar 18/08/20        | 59               |
| Programación de obra  | 6 días         | mar 18/08/20        | mar 25/08/20        | 60               |
| Modelo en Revit   | 12 días        | mar 11/08/20        | mar 25/08/20        | 59               |

|  |                |                    |                    |              |
|--|----------------|--------------------|--------------------|--------------|
| Computadores                                 | 1 día          | lun 27/07/20       | mar 28/07/20       | 64           |
| Capacitación                                 | 5 días         | mar 21/07/20       | lun 27/07/20       | 69FC-50 días |
| Residente BIM                                | 53 días        | mar 25/08/20       | jue 22/10/20       | 62           |
| Coordinador BIM                              | 77 días        | mié 29/07/20       | jue 22/10/20       | 59CC         |
| <b>▸ IMPRESORA 3D CONSTRUCCIÓN</b>           | <b>84 días</b> | <b>lun 6/07/20</b> | <b>mié 7/10/20</b> |              |
| Impresora (software mas capacitación)        | 60 días        | lun 6/07/20        | jue 10/09/20       |              |
| Envío de la Impresora 3d                     | 4 días         | jue 10/09/20       | mar 15/09/20       | 68           |
| Ingeniero profesional de apoyo               | 20 días        | mar 15/09/20       | mié 7/10/20        | 69           |
| Técnico Operativo                            | 6 días         | mié 23/09/20       | mar 29/09/20       | 35CC         |
| Cuadrilla (2 Ayudantes)                      | 6 días         | mié 23/09/20       | mar 29/09/20       | 35CC         |
| Protección para llluvias                     | 2 días         | jue 10/09/20       | sáb 12/09/20       | 68           |
| Mantenimiento de la Impresora 3d (Cada 500H) | 3 días         | mié 30/09/20       | sáb 3/10/20        | 40           |

Fuente propia.

- OFICINA (Muros impresos en 3D)

**Imagen 73.** Cronograma de oficina 3D.

| Nombre de tarea  | Duració          | Comienzo            | Fin                 | Predecesoras     |
|--|------------------|---------------------|---------------------|------------------|
| <b>▸ PRESUPUESTO OFICINA DE 81 M2 (1 PLANTA) EN EL MUNICIPIO DE VÉLEZ SANTANDER. MUROS CON IMPRESORA</b> | <b>94,5 días</b> | <b>lun 6/07/20</b>  | <b>lun 19/10/20</b> |                  |
| <b>▸ COSTOS DIRECTOS</b>   | <b>94,5 días</b> | <b>lun 6/07/20</b>  | <b>lun 19/10/20</b> |                  |
| <b>▸ PRELIMINARES</b>  | <b>4 días</b>    | <b>mar 18/08/20</b> | <b>vie 21/08/20</b> |                  |
| Descapote Mecánico e. 20 incluye cargue y retiro   | 2 días           | jue 20/08/20        | vie 21/08/20        | 8FC-9 días       |
| Cerca en tela verde h: 2.10  | 1 día            | mar 18/08/20        | mié 19/08/20        | 62               |
| Redes provisionales  | 1 día            | jue 20/08/20        | jue 20/08/20        | 4CC              |
| <b>▸ LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO</b>  | <b>10 días</b>   | <b>mié 19/08/20</b> | <b>sáb 29/08/20</b> |                  |
| Localización y replanteo de cimientos con elementos de pre   | 10 días          | mié 19/08/20        | sáb 29/08/20        | 5                |
| <b>▸ CIMENTACIÓN</b>   | <b>13 días</b>   | <b>vie 21/08/20</b> | <b>vie 4/09/20</b>  |                  |
| Excavación Manual de 0 m a 2m  | 4 días           | vie 21/08/20        | mar 25/08/20        | 8FC-8 días       |
| Mejoramiento de la sub-rasante con B-200   | 3 días           | lun 24/08/20        | mié 26/08/20        | 10FC-2 días      |
| Base en concreto pobre 1500 psi (e=0,10m)  | 2 días           | vie 21/08/20        | mar 25/08/20        | 10FC-3 días      |
| Zapata en concreto de 3500 psi   | 6 días           | mié 26/08/20        | mar 1/09/20         | 15FC-4 días      |
| Viga en concreto de 3500 psi   | 5 días           | lun 31/08/20        | vie 4/09/20         | 13FC-2 días      |
| Acero de refuerzo de 60000 psi Zapatas y Vigas   | 6 días           | lun 24/08/20        | sáb 29/08/20        | 12FC-1 día       |
| <b>▸ ESTRUCTURAS EN CONCRETO</b>   | <b>16 días</b>   | <b>sáb 5/09/20</b>  | <b>mié 23/09/20</b> |                  |
| Columna en concreto de 3500 psi  | 8 días           | jue 10/09/20        | vie 18/09/20        | 20FC-9 días      |
| Viga aérea en concreto de 3500 psi   | 5 días           | vie 18/09/20        | mié 23/09/20        | 17FC-2 días;20FC |
| Placa de piso concreto de 3500 psi (e=20cm) reforzada  | 2 días           | sáb 5/09/20         | mar 8/09/20         | 14FC-1 día;30    |
| Acero de refuerzo de 60000 psi Columnas y Vigas  | 12 días          | lun 7/09/20         | lun 21/09/20        | 19FC-1 día       |
| <b>▸ REDES DE SUMINISTRO</b>   | <b>15 días</b>   | <b>mié 26/08/20</b> | <b>sáb 12/09/20</b> |                  |
| Red Suministro PVC 1" y 1/2" + ACCESORIOS  | 10 días          | mié 26/08/20        | lun 7/09/20         | 11               |
| Punto hidráulico de 1/2"   | 4 días           | lun 7/09/20         | vie 11/09/20        | 22               |
| Pruebas de presión   | 1 día            | vie 11/09/20        | sáb 12/09/20        | 23               |

|   |                 |                     |                     |              |
|---|-----------------|---------------------|---------------------|--------------|
| <b>▣ REDES DE EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES</b>  | <b>14 días</b>  | <b>vie 21/08/20</b> | <b>sáb 5/09/20</b>  |              |
| Excavación Manual de 0 m a 2m   | 5 días          | vie 21/08/20        | mié 26/08/20        | 10CC         |
| Relleno en Recebo B-200 Compactado Mecánicamente  | 4 días          | lun 31/08/20        | jue 3/09/20         | 28FC-1 día   |
| Red sanitaria PVC-S Ø=2" y Ø=4"   | 5 días          | mié 26/08/20        | lun 31/08/20        | 26FC-1 día   |
| Construcción de cajas de inspección de 80x80x100cm en o                                     | 5 días          | lun 31/08/20        | vie 4/09/20         | 28FC-1 día   |
| Pruebas de estanqueidad   | 1 día           | vie 4/09/20         | sáb 5/09/20         | 29           |
| <b>▣ INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>   | <b>8 días</b>   | <b>mié 23/09/20</b> | <b>vie 2/10/20</b>  |              |
| Cableado eléctrico + Salidas + Toma - Corrientes  | 8 días          | mié 23/09/20        | vie 2/10/20         | 35           |
| Tubería Conduit + Accesorios  | 8 días          | mié 23/09/20        | vie 2/10/20         | 32CC         |
| <b>▣ MUROS IMPRESOS</b>   | <b>9,5 días</b> | <b>jue 17/09/20</b> | <b>lun 28/09/20</b> |              |
| Muros Exteriores Impresos   | 5 días          | vie 18/09/20        | mié 23/09/20        | 39FC-1 día   |
| Muros Interiores Impresos   | 2,5 días        | mié 23/09/20        | sáb 26/09/20        | 35           |
| Grafiles (2 Varillas No.02 c./1 m)  | 8 días          | vie 18/09/20        | sáb 26/09/20        | 35CC         |
| Epoxico Sika AnchorFix4 X 600cc   | 2 días          | jue 17/09/20        | vie 18/09/20        | 39CC         |
| Acero para confinamiento Muro - Placa (30cm c./1m)  | 2 días          | jue 17/09/20        | vie 18/09/20        | 17FC-2 días  |
| Muros Impresos Mesón h=1m   | 1 día           | sáb 26/09/20        | lun 28/09/20        | 36           |
| <b>▣ BASES, PISOS Y ENCHAPES</b>  | <b>22 días</b>  | <b>mié 23/09/20</b> | <b>lun 19/10/20</b> |              |
| Alistado de piso en Mortero 1:3 E = 0.04  | 12 días         | mié 23/09/20        | mié 7/10/20         | 19;18        |
| Cerámica piso Trafico 5 + Cerámica pared primera cálida +<br>Guarda escobas                 | 10 días         | mié 7/10/20         | lun 19/10/20        | 42;36        |
| <b>▣ PINTURA</b>  | <b>16 días</b>  | <b>sáb 26/09/20</b> | <b>mié 14/10/20</b> |              |
| Impermeabilización fachada en Sika transparente o similar                                   | 4 días          | sáb 26/09/20        | jue 1/10/20         | 36           |
| Pintura epoxica alta resistencia con catalizador (Cocina-<br>Baños) + Estuco vinilo 3 manos | 8 días          | mar 6/10/20         | mié 14/10/20        | 48           |
| <b>▣ CUBIERTAS Y CIELO RASOS</b>  | <b>18 días</b>  | <b>jue 24/09/20</b> | <b>mié 14/10/20</b> |              |
| Teja tipo Eternit + Caballete (Con estructura)  | 10 días         | jue 24/09/20        | mar 6/10/20         | 36FC-2 días  |
| Cielo Raso Drywall (incluye pintura)  | 8 días          | mar 6/10/20         | mié 14/10/20        | 48           |
| <b>▣ CARPINTERÍA METÁLICA</b>   | <b>10 días</b>  | <b>lun 5/10/20</b>  | <b>jue 15/10/20</b> |              |
| Marcos y Puertas en aluminio  | 10 días         | lun 5/10/20         | jue 15/10/20        | 48FC-1 día   |
| Ventana en aluminio con basculante  | 6 días          | lun 5/10/20         | sáb 10/10/20        | 51CC         |
| <b>▣ CARPINTERÍA DE MADERA</b>  | <b>8 días</b>   | <b>lun 5/10/20</b>  | <b>mar 13/10/20</b> |              |
| Hoja Puerta entamborada Triplex-tablex Baños administrativ                                  | 8 días          | lun 5/10/20         | mar 13/10/20        | 52CC         |
| <b>▣ APARATOS Y EQUIPOS SANITARIOS</b>  | <b>10 días</b>  | <b>lun 5/10/20</b>  | <b>jue 15/10/20</b> |              |
| Suministro e Instalación Aparatos Sanitarios (Incluye Grifería                              | 10 días         | lun 5/10/20         | jue 15/10/20        | 54CC         |
| <b>▣ METODOLOGÍA BIM</b>  | <b>80 días</b>  | <b>mar 21/07/20</b> | <b>lun 19/10/20</b> |              |
| Software (Excel - AutoCAD - Revit - Navisworks)   | 1 día           | mar 28/07/20        | mar 28/07/20        | 65           |
| Diseños estructurales y arquitectónicos   | 12 días         | mié 29/07/20        | mar 11/08/20        | 60           |
| Presupuesto de obra   | 6 días          | mar 11/08/20        | mar 18/08/20        | 61           |
| Programación de obra  | 6 días          | mar 18/08/20        | mar 25/08/20        | 62           |
| Modelo en Revit   | 12 días         | mar 11/08/20        | mar 25/08/20        | 61           |
| Computadores  | 1 día           | lun 27/07/20        | mar 28/07/20        | 66           |
| Capacitación  | 5 días          | mar 21/07/20        | lun 27/07/20        | 71FC-50 días |
| Residente BIM   | 49 días         | mar 25/08/20        | lun 19/10/20        | 64           |
| Coordinador BIM   | 73 días         | mié 29/07/20        | lun 19/10/20        | 61CC         |

| ▾ IMPRESORA 3D CONSTRUCCIÓN                  | 84 días | lun 6/07/20  | mié 7/10/20  |      |
|--|---------|--------------|--------------|------|
| Impresora (software mas capacitación)        | 60 días | lun 6/07/20  | jue 10/09/20 |      |
| Envío de la Impresora 3d                     | 4 días  | jue 10/09/20 | mar 15/09/20 | 70   |
| Ingeniero profesional de apoyo               | 20 días | mar 15/09/20 | mié 7/10/20  | 71   |
| Técnico Operativo                            | 8 días  | vie 18/09/20 | sáb 26/09/20 | 35CC |
| Cuadrilla (2 Ayudantes)                      | 8 días  | vie 18/09/20 | sáb 26/09/20 | 35CC |
| Protección para lluvias                      | 2 días  | jue 10/09/20 | sáb 12/09/20 | 70   |
| Mantenimiento de la Impresora 3d (Cada 500H) | 3 días  | lun 28/09/20 | jue 1/10/20  | 40   |

Fuente propia.

- LOCAL (Muros impresos en 3D)

**Imagen 74.** Cronograma del local 3D.

| Nombre de tarea  | Duració  | Comienzo     | Fin          | Predecesoras     |
|--|----------|--------------|--------------|------------------|
| ▾ PRESUPUESTO LOCAL DE 81 M2 (1 PLANTA) EN EL MUNICIPIO DE VÉLEZ SANTANDER. MUROS CON IMPRESORA 3D | 108 días | lun 6/07/20  | mar 3/11/20  |                  |
| ▾ COSTOS DIRECTOS  | 108 días | lun 6/07/20  | mar 3/11/20  |                  |
| ▾ PRELIMINARES   | 4 días   | mar 25/08/20 | vie 28/08/20 |                  |
| Descapote Mecánico e. 20 incluye cargue y retiro   | 2 días   | mié 26/08/20 | vie 28/08/20 | 8FC-9 días       |
| Cerca en tela verde h: 2.10  | 1 día    | mar 25/08/20 | mar 25/08/20 | 73               |
| Redes provisionales  | 1 día    | mié 26/08/20 | jue 27/08/20 | 4CC              |
| ▾ LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO   | 10 días  | mié 26/08/20 | sáb 5/09/20  |                  |
| Localización y replanteo de cimientos con elementos de precisión                                   | 10 días  | mié 26/08/20 | sáb 5/09/20  | 5                |
| ▾ CIMENTACIÓN  | 13 días  | jue 27/08/20 | vie 11/09/20 |                  |
| Excavación Manual de 0 m a 2m  | 4 días   | jue 27/08/20 | mar 1/09/20  | 8FC-8 días       |
| Mejoramiento de la subrasante con B-200  | 3 días   | lun 31/08/20 | mié 2/09/20  | 10FC-2 días      |
| Base en concreto pobre 1500 psi (e=0,10m)  | 2 días   | vie 28/08/20 | lun 31/08/20 | 10FC-3 días      |
| Zapata en concreto de 3500 psi   | 6 días   | mar 1/09/20  | mar 8/09/20  | 15FC-4 días      |
| Viga en concreto de 3500 psi   | 5 días   | sáb 5/09/20  | vie 11/09/20 | 13FC-2 días      |
| Acero de refuerzo de 60000 psi Zapatas y Vigas   | 6 días   | lun 31/08/20 | sáb 5/09/20  | 12FC-1 día       |
| ▾ ESTRUCTURAS EN CONCRETO  | 15 días  | sáb 12/09/20 | mar 29/09/20 |                  |
| Columna en concreto de 3500 psi  | 8 días   | jue 17/09/20 | vie 25/09/20 | 20FC-9 días      |
| Viga aérea en concreto de 3500 psi   | 5 días   | mié 23/09/20 | mar 29/09/20 | 17FC-3 días;20FC |
| Placa de piso concreto de 3500 psi (e=20cm) reforzada  | 2 días   | sáb 12/09/20 | mar 15/09/20 | 14FC-1 día;30    |
| Acero de refuerzo de 60000 psi Columnas y Vigas  | 12 días  | lun 14/09/20 | sáb 26/09/20 | 19FC-1 día       |
| ▾ REDES DE SUMINISTRO  | 15 días  | mié 2/09/20  | vie 18/09/20 |                  |
| Red Suministro PVC 1" y 1/2" + ACCESORIOS  | 10 días  | mié 2/09/20  | lun 14/09/20 | 11               |
| Punto hidráulico de 1/2"   | 4 días   | lun 14/09/20 | jue 17/09/20 | 22               |
| Pruebas de presión   | 1 día    | vie 18/09/20 | vie 18/09/20 | 23               |

|   |                |                     |                     |               |
|---|----------------|---------------------|---------------------|---------------|
| <b>REDES DE EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES</b>  | <b>14 días</b> | <b>jue 27/08/20</b> | <b>sáb 12/09/20</b> |               |
| Excavación Manual de 0 m a 2m   | 5 días         | jue 27/08/20        | mié 2/09/20         | 10CC          |
| Relleno en Recebo B-200 Compactado Mecánicamente  | 4 días         | sáb 5/09/20         | jue 10/09/20        | 28FC-1 día    |
| Red sanitaria PVC-S Ø=2" y Ø=4"   | 5 días         | mar 1/09/20         | lun 7/09/20         | 26FC-1 día    |
| Construcción de cajas de inspección de 80x80x100cm en conc                                  | 5 días         | sáb 5/09/20         | vie 11/09/20        | 28FC-1 día    |
| Pruebas de estanqueidad   | 1 día          | vie 11/09/20        | sáb 12/09/20        | 29            |
| <b>RED CONTRA INCENDIO</b>  | <b>12 días</b> | <b>mar 20/10/20</b> | <b>lun 2/11/20</b>  |               |
| Tubería Acero Negro Roscada 1" SCH 40 (Incluye accesorios y                                 | 8 días         | mar 20/10/20        | mié 28/10/20        | 33CC          |
| Tubería Acero Negro Ranurada 2" SCH 40 (Incluye accesorios y                                | 5 días         | mar 20/10/20        | sáb 24/10/20        | 54FC-4 días   |
| Rociador Automático 1/2" K=5.6 Pendiente UL-FM  | 2 días         | mié 28/10/20        | vie 30/10/20        | 32            |
| Gabinete tipo II  | 4 días         | mié 28/10/20        | lun 2/11/20         | 32            |
| Siamesa Inyección 4" X 2 1/2" X 2 1/2"  | 2 días         | mié 28/10/20        | vie 30/10/20        | 32            |
| <b>AIRE ACONDICIONADO</b>   | <b>9 días</b>  | <b>vie 23/10/20</b> | <b>mar 3/11/20</b>  |               |
| Mini Split  | 1 día          | lun 2/11/20         | mar 3/11/20         | 41FC-1 día    |
| Potencia  | 4 días         | vie 23/10/20        | mié 28/10/20        | 54            |
| Gas refrigerante  | 1 día          | lun 2/11/20         | mar 3/11/20         | 41FC-1 día    |
| Equipos + cableado  | 9 días         | vie 23/10/20        | mar 3/11/20         | 39CC          |
| <b>INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>   | <b>9 días</b>  | <b>mié 23/09/20</b> | <b>sáb 3/10/20</b>  |               |
| Cableado eléctrico + Salidas + Toma - Corrientes  | 6 días         | lun 28/09/20        | sáb 3/10/20         | 46            |
| Tubería Conduit + Accesorios  | 6 días         | lun 28/09/20        | sáb 3/10/20         | 43CC          |
| <b>MUROS IMPRESOS</b>   | <b>5 días</b>  | <b>mié 23/09/20</b> | <b>mar 29/09/20</b> |               |
| Muros Exteriores Impresos   | 2 días         | jue 24/09/20        | sáb 26/09/20        | 50FC-1 día;80 |
| Muros Interiores Impresos   | 1 día          | lun 28/09/20        | lun 28/09/20        | 46            |
| Grafiles (2 Varillas No.02 c./1 m)  | 3 días         | jue 24/09/20        | lun 28/09/20        | 46CC          |
| Epóxico Sika AnchorFix4 X 600cc   | 2 días         | mié 23/09/20        | vie 25/09/20        | 50CC          |
| Acero para confinamiento Muro - Placa (30cm c./1m)  | 2 días         | mié 23/09/20        | vie 25/09/20        | 17FC-2 días   |
| Muros Impresos Mesón h=1m   | 1 día          | lun 28/09/20        | mar 29/09/20        | 47            |
| <b>BASES, PISOS Y ENCHAPES</b>  | <b>22 días</b> | <b>mar 29/09/20</b> | <b>vie 23/10/20</b> |               |
| Alistado de piso en Mortero 1:3 E = 0.04  | 12 días        | mar 29/09/20        | mar 13/10/20        | 19;18         |
| Cerámica piso Trafico 5 + Cerámica pared primera cálida +<br>Guarda escobas                 | 10 días        | mar 13/10/20        | vie 23/10/20        | 53;47         |
| <b>PINTURA</b>  | <b>22 días</b> | <b>lun 28/09/20</b> | <b>mié 21/10/20</b> |               |
| Impermeabilización fachada en Sika transparente o similar                                   | 4 días         | lun 28/09/20        | jue 1/10/20         | 46            |
| Pintura epoxica alta resistencia con catalizador (Cocina-<br>Baños) + Estuco vinilo 3 manos | 11 días        | vie 9/10/20         | mié 21/10/20        | 59            |
| <b>CUBIERTAS Y CIELO RASOS</b>  | <b>23 días</b> | <b>vie 25/09/20</b> | <b>mié 21/10/20</b> |               |
| Teja tipo Eternit + Caballete (Con estructura)  | 12 días        | vie 25/09/20        | vie 9/10/20         | 47FC-2 días   |
| Cielo Raso Drywall (incluye pintura)  | 11 días        | vie 9/10/20         | mié 21/10/20        | 59            |
| <b>CARPINTERÍA METÁLICA</b>   | <b>10 días</b> | <b>jue 8/10/20</b>  | <b>mar 20/10/20</b> |               |
| Marcos y Puertas en aluminio  | 10 días        | jue 8/10/20         | mar 20/10/20        | 59FC-1 día    |
| Ventana en aluminio con basculante  | 10 días        | jue 8/10/20         | mar 20/10/20        | 62CC          |
| <b>CARPINTERÍA DE MADERA</b>  | <b>4 días</b>  | <b>jue 8/10/20</b>  | <b>mar 13/10/20</b> |               |
| Hoja Puerta entamborada Triplex-tablex Baños administrativos                                | 4 días         | jue 8/10/20         | mar 13/10/20        | 63CC          |
| <b>APARATOS Y EQUIPOS SANITARIOS</b>  | <b>10 días</b> | <b>jue 8/10/20</b>  | <b>mar 20/10/20</b> |               |
| Suministro e Instalación Aparatos Sanitarios (Incluye Grifería)                             | 10 días        | jue 8/10/20         | mar 20/10/20        | 65CC          |

| ▸ METODOLOGÍA BIM                               | 94 días | mar 21/07/20 | mar 3/11/20  |              |
|---|---------|--------------|--------------|--------------|
| Software (Excel - AutoCAD - Revit - Navisworks) | 1 día   | mar 28/07/20 | mar 28/07/20 | 74           |
| Diseños estructurales y arquitectónicos         | 12 días | mié 29/07/20 | mar 11/08/20 | 69           |
| Presupuesto de obra                             | 6 días  | mar 11/08/20 | mar 18/08/20 | 70           |
| Programación de obra                            | 6 días  | mar 18/08/20 | mar 25/08/20 | 71           |
| Modelo en Revit                                 | 12 días | mar 11/08/20 | mar 25/08/20 | 70           |
| Computadores                                    | 1 día   | lun 27/07/20 | mar 28/07/20 | 75           |
| Capacitación                                    | 5 días  | mar 21/07/20 | lun 27/07/20 | 80FC-50 días |
| Residente BIM                                   | 63 días | mar 25/08/20 | mar 3/11/20  | 73           |
| Coordinador BIM                                 | 87 días | mié 29/07/20 | mar 3/11/20  | 70CC         |
| ▸ IMPRESORA 3D CONSTRUCCIÓN                     | 84 días | lun 6/07/20  | mié 7/10/20  |              |
| Impresora (software mas capacitación)           | 60 días | lun 6/07/20  | jue 10/09/20 |              |
| Envío de la Impresora 3d                        | 4 días  | jue 10/09/20 | mar 15/09/20 | 79           |
| Ingeniero profesional de apoyo                  | 20 días | mar 15/09/20 | mié 7/10/20  | 80           |
| Técnico Operativo                               | 3 días  | jue 24/09/20 | lun 28/09/20 | 46CC         |
| Cuadrilla (2 Ayudantes)                         | 3 días  | jue 24/09/20 | lun 28/09/20 | 46CC         |
| Protección para lluvias                         | 2 días  | jue 10/09/20 | sáb 12/09/20 | 79           |
| Mantenimiento de la Impresora 3d (Cada 500H)    | 3 días  | mar 29/09/20 | vie 2/10/20  | 51           |

Fuente propia.

- BODEGA (Muros impresos en 3D)

**Imagen 75.** Cronograma de la bodega 3D.

| Nombre de tarea  | Duració  | Comienzo     | Fin          | Predecesoras |
|--|----------|--------------|--------------|--------------|
| ▸ PRESUPUESTO BODEGA DE 81 M2 (1 PLANTA) EN EL MUNICIPIO DE VÉLEZ SANTANDER. MUROS CON IMPRESORA | 109 días | lun 6/07/20  | mié 4/11/20  |              |
| ▸ COSTOS DIRECTOS  | 109 días | lun 6/07/20  | mié 4/11/20  |              |
| ▸ PRELIMINARES   | 4 días   | mar 25/08/20 | vie 28/08/20 |              |
| Descapote Mecánico e. 20 incluye cargue y retiro   | 2 días   | mié 26/08/20 | vie 28/08/20 | 8FC-9 días   |
| Cerca en tela verde h: 2.10  | 1 día    | mar 25/08/20 | mar 25/08/20 | 73           |
| Redes provisionales  | 1 día    | mié 26/08/20 | jue 27/08/20 | 4CC          |
| ▸ LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO   | 10 días  | mié 26/08/20 | sáb 5/09/20  |              |
| Localización y replanteo de cimientos con elementos de pre                                       | 10 días  | mié 26/08/20 | sáb 5/09/20  | 5            |
| ▸ CIMENTACIÓN  | 13 días  | jue 27/08/20 | vie 11/09/20 |              |
| Excavación Manual de 0 m a 2m  | 4 días   | jue 27/08/20 | mar 1/09/20  | 8FC-8 días   |
| Mejoramiento de la sub-rasante con B-200   | 3 días   | lun 31/08/20 | mié 2/09/20  | 10FC-2 días  |
| Base en concreto pobre 1500 psi (e=0,10m)  | 2 días   | vie 28/08/20 | lun 31/08/20 | 10FC-3 días  |
| Zapata en concreto de 3500 psi   | 6 días   | mar 1/09/20  | mar 8/09/20  | 15FC-4 días  |
| Viga en concreto de 3500 psi   | 5 días   | sáb 5/09/20  | vie 11/09/20 | 13FC-2 días  |
| Acero de refuerzo de 60000 psi Zapatas y Vigas   | 6 días   | lun 31/08/20 | sáb 5/09/20  | 12FC-1 día   |

|  |                |                     |                     |                  |
|--|----------------|---------------------|---------------------|------------------|
| <b>▸ ESTRUCTURAS EN CONCRETO</b>   | <b>16 días</b> | <b>sáb 12/09/20</b> | <b>mié 30/09/20</b> |                  |
| Columna en concreto de 3500 psi  | 8 días         | jue 17/09/20        | vie 25/09/20        | 20FC-9 días      |
| Viga aérea en concreto de 3500 psi                                       | 5 días         | jue 24/09/20        | mié 30/09/20        | 17FC-2 días;20FC |
| Placa de piso concreto de 3500 psi (e=20cm) reforzada                    | 2 días         | sáb 12/09/20        | mar 15/09/20        | 14FC-1 día;30    |
| Acero de refuerzo de 60000 psi Columnas y Vigas                          | 12 días        | lun 14/09/20        | sáb 26/09/20        | 19FC-1 día       |
| <b>▸ REDES DE SUMINISTRO</b>   | <b>13 días</b> | <b>mié 2/09/20</b>  | <b>jue 17/09/20</b> |                  |
| Red Suministro PVC 1" y 1/2" + ACCESORIOS                                | 8 días         | mié 2/09/20         | vie 11/09/20        | 11               |
| Punto hidráulico de 1/2"   | 4 días         | vie 11/09/20        | mié 16/09/20        | 22               |
| Pruebas de presión   | 1 día          | mié 16/09/20        | jue 17/09/20        | 23               |
| <b>▸ REDES DE EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES</b>                         | <b>14 días</b> | <b>jue 27/08/20</b> | <b>sáb 12/09/20</b> |                  |
| Excavación Manual de 0 m a 2m  | 5 días         | jue 27/08/20        | mié 2/09/20         | 10CC             |
| Relleno en Recebo B-200 Compactado Mecánicamente                         | 4 días         | sáb 5/09/20         | jue 10/09/20        | 28FC-1 día       |
| Red sanitaria PVC-S Ø=2" y Ø=4"  | 5 días         | mar 1/09/20         | lun 7/09/20         | 26FC-1 día       |
| Construcción de cajas de inspección de 80x80x100cm en                    | 5 días         | sáb 5/09/20         | vie 11/09/20        | 28FC-1 día       |
| Pruebas de estanqueidad  | 1 día          | vie 11/09/20        | sáb 12/09/20        | 29               |
| <b>▸ RED CONTRA INCENDIO</b>   | <b>12 días</b> | <b>mié 21/10/20</b> | <b>mar 3/11/20</b>  |                  |
| Tubería Acero Negro Roscada 1" SCH 40 (Incluye accesorios y soportes)    | 8 días         | mié 21/10/20        | jue 29/10/20        | 33CC             |
| Tubería Acero Negro Ranurada 2" SCH 40 (Incluye accesorios y soportes)   | 5 días         | mié 21/10/20        | lun 26/10/20        | 54FC-4 días      |
| Rociador Automático 1/2" K=5.6 Pendiente UL-FM                           | 2 días         | jue 29/10/20        | sáb 31/10/20        | 32               |
| Gabinete tipo II   | 4 días         | jue 29/10/20        | mar 3/11/20         | 32               |
| Siamesa Inyección 4" X 2 1/2" X 2 1/2"                                   | 2 días         | jue 29/10/20        | sáb 31/10/20        | 32               |
| <b>▸ AIRE ACONDICIONADO</b>  | <b>9 días</b>  | <b>lun 26/10/20</b> | <b>mié 4/11/20</b>  |                  |
| Mini Split   | 1 día          | mar 3/11/20         | mié 4/11/20         | 41FC-1 día       |
| Potencia   | 4 días         | lun 26/10/20        | jue 29/10/20        | 54               |
| Gas refrigerante   | 1 día          | mar 3/11/20         | mié 4/11/20         | 41FC-1 día       |
| Equipos + cableado   | 9 días         | lun 26/10/20        | mié 4/11/20         | 39CC             |
| <b>▸ INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>  | <b>8 días</b>  | <b>mié 23/09/20</b> | <b>vie 2/10/20</b>  |                  |
| Cableado eléctrico + Salidas + Toma - Corrientes                         | 5 días         | lun 28/09/20        | vie 2/10/20         | 46               |
| Tubería Conduit + Accesorios   | 5 días         | lun 28/09/20        | vie 2/10/20         | 43CC             |
| <b>▸ MUROS IMPRESOS</b>  | <b>5 días</b>  | <b>mié 23/09/20</b> | <b>mar 29/09/20</b> |                  |
| Muros Exteriores Impresos  | 2 días         | jue 24/09/20        | sáb 26/09/20        | 50FC-1 día       |
| Muros Interiores Impresos  | 1 día          | lun 28/09/20        | lun 28/09/20        | 46               |
| Grafiles (2 Varillas No.02 c./1 m)                                       | 3 días         | jue 24/09/20        | lun 28/09/20        | 46CC             |
| Epóxico Sika AnchorFix4 X 600cc  | 2 días         | mié 23/09/20        | vie 25/09/20        | 50CC             |
| Acero para confinamiento Muro - Placa (30cm c./1m)                       | 2 días         | mié 23/09/20        | vie 25/09/20        | 17FC-2 días      |
| Muros Impresos Mesón h=1m  | 1 día          | lun 28/09/20        | mar 29/09/20        | 47               |
| <b>▸ BASES, PISOS Y ENCHAPES</b>   | <b>22 días</b> | <b>mié 30/09/20</b> | <b>sáb 24/10/20</b> |                  |
| Alistado de piso en Mortero 1:3 E = 0.04                                 | 12 días        | mié 30/09/20        | mié 14/10/20        | 19;18            |
| Cerámica piso Trafico 5 + Cerámica pared primera cálida + Guarda escobas | 10 días        | mié 14/10/20        | sáb 24/10/20        | 53;47            |
| <b>▸ PINTURA</b>   | <b>17 días</b> | <b>lun 28/09/20</b> | <b>jue 15/10/20</b> |                  |
| Impermeabilización fachada en Sika transparente o similar                | 4 días         | lun 28/09/20        | jue 1/10/20         | 46               |

|   |                |                     |                     |              |
|---|----------------|---------------------|---------------------|--------------|
| Pintura epoxica alta resistencia con catalizador (Cocina-Baños) + Estuco vinilo 3 manos | 6 días         | vie 9/10/20         | jue 15/10/20        | 59           |
| <b>▸ CUBIERTAS Y CIELO RASOS</b>  | <b>20 días</b> | <b>vie 25/09/20</b> | <b>lun 19/10/20</b> |              |
| Teja tipo Eternit + Caballete (Con estructura)  | 12 días        | vie 25/09/20        | vie 9/10/20         | 47FC-2 días  |
| Cielo Raso Drywall (incluye pintura)  | 8 días         | vie 9/10/20         | lun 19/10/20        | 59           |
| <b>▸ CARPINTERÍA METÁLICA</b>   | <b>10 días</b> | <b>jue 8/10/20</b>  | <b>mar 20/10/20</b> |              |
| Marcos y Puertas en aluminio  | 10 días        | jue 8/10/20         | mar 20/10/20        | 59FC-1 día   |
| Ventana en aluminio con basculante  | 8 días         | jue 8/10/20         | vie 16/10/20        | 62CC         |
| <b>▸ CARPINTERÍA DE MADERA</b>  | <b>4 días</b>  | <b>jue 8/10/20</b>  | <b>mar 13/10/20</b> |              |
| Hoja Puerta entamborada Triplex-tablex Baños administrati                               | 4 días         | jue 8/10/20         | mar 13/10/20        | 63CC         |
| <b>▸ APARATOS Y EQUIPOS SANITARIOS</b>  | <b>10 días</b> | <b>jue 8/10/20</b>  | <b>mar 20/10/20</b> |              |
| Suministro e Instalación Aparatos Sanitarios (Incluye Griferi                           | 10 días        | jue 8/10/20         | mar 20/10/20        | 65CC         |
| <b>▸ METODOLOGÍA BIM</b>  | <b>95 días</b> | <b>mar 21/07/20</b> | <b>mié 4/11/20</b>  |              |
| Software (Excel - AutoCAD - Revit - Navisworks)   | 1 día          | mar 28/07/20        | mar 28/07/20        | 74           |
| Diseños estructurales y arquitectónicos   | 12 días        | mié 29/07/20        | mar 11/08/20        | 69           |
| Presupuesto de obra   | 6 días         | mar 11/08/20        | mar 18/08/20        | 70           |
| Programación de obra  | 6 días         | mar 18/08/20        | mar 25/08/20        | 71           |
| Modelo en Revit   | 12 días        | mar 11/08/20        | mar 25/08/20        | 70           |
| Computadores  | 1 día          | lun 27/07/20        | mar 28/07/20        | 75           |
| Capacitación  | 5 días         | mar 21/07/20        | lun 27/07/20        | 80FC-50 días |
| Residente BIM   | 64 días        | mar 25/08/20        | mié 4/11/20         | 73           |
| Coordinador BIM   | 88 días        | mié 29/07/20        | mié 4/11/20         | 70CC         |
| <b>▸ IMPRESORA 3D CONSTRUCCIÓN</b>  | <b>84 días</b> | <b>lun 6/07/20</b>  | <b>mié 7/10/20</b>  |              |
| Impresora (software mas capacitación)   | 60 días        | lun 6/07/20         | jue 10/09/20        |              |
| Envío de la Impresora 3d  | 4 días         | jue 10/09/20        | mar 15/09/20        | 79           |
| Ingeniero profesional de apoyo  | 20 días        | mar 15/09/20        | mié 7/10/20         | 80           |
| Técnico Operativo   | 3 días         | jue 24/09/20        | lun 28/09/20        | 46CC         |
| Cuadrilla (2 Ayudantes)   | 3 días         | jue 24/09/20        | lun 28/09/20        | 46CC         |
| Protección para llluvias  | 2 días         | jue 10/09/20        | sáb 12/09/20        | 79           |
| Mantenimiento de la Impresora 3d (Cada 500H)  | 3 días         | mar 29/09/20        | vie 2/10/20         | 51           |

Fuente propia.

**Nota:** La ruta crítica de cada proyecto (vivienda, local, oficina y bodega) se encuentran anexos fuera del documento, en archivos PDF.

#### 4.3.4. Presupuestos en Excel (Costos 5D)

Como cuarto paso, se realizaron los presupuestos de nuestros respectivos proyectos modelados en Excel los cuales fueron mostrados en el ítem 4.2. donde se habla sobre los análisis de tiempos y costos en la construcción de los mismos con la ayuda de la impresora 3D.

- Vivienda (Muros impresos en 3D)

### Imagen 76. Presupuesto de la vivienda 3D.

| UNIVERSIDAD:  | UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  |  |          |                 |                 |
|---|---|--|----------|-----------------|-----------------|
| ESTUDIANTES:  | MATEUS MALAGON JEFFERSON ARMENDIS 551389<br>PAREDES ACOSTA JUAN ANDRÉS 551397   |  |          |                 |                 |
| TUTOR:  | JUAN SEBASTIÁN VARGAS   | <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>Vigilada Mineducación                |          |                 |                 |
| OBJETO:   | ANÁLISIS DE TIEMPOS Y COSTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE IMPRESORAS 3D PARA PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DESARROLLADOS EN COLOMBIA CON METODOLOGÍA BIM |  |          |                 |                 |
| <b>PRESUPUESTO VIVIENDA DE 77 M2 (1 PLANTA) EN EL MUNICIPIO DE VÉLEZ SANTANDER.</b> |   |  |          |                 |                 |
| ÍTEM  | DESCRIPCIÓN   | UNIDAD DE MEDIDA   | CANTIDAD | V/R UNITARIO    | V/R TOTAL       |
| <b>I PRELIMINARES</b>   |   |  |          |                 |                 |
| 1   | Descapote Mecánico e. 20 incluye cargue y retro   | M2   | 75.57    | \$ 1.483.00     | \$ 112.070.00   |
| 2   | Cerca en tela verde h: 2.10   | ML   | 19.29    | \$ 20.685.00    | \$ 399.014.00   |
| 3   | Redes provisionales   | UN   | 1.00     | \$ 580.236.31   | \$ 580.236.00   |
| <b>II LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO</b>  |   |  |          |                 |                 |
| 4   | Localización y replanteo de cimientos con elementos de precisión  | M2   | 75.57    | \$ 10.045.00    | \$ 759.101.00   |
| <b>III CIMENTACIÓN</b>  |   |  |          |                 |                 |
| 5   | Excavación Manual de 0 m a 2m   | M3   | 16.83    | \$ 41.632.00    | \$ 700.667.00   |
| 6   | Mejoramiento de la sub-rasante con B-200  | M3   | 22.67    | \$ 104.916.00   | \$ 2.378.446.00 |
| 7   | Base en concreto pobre 1500 psi (e=0,10m)   | M2   | 15.42    | \$ 332.377.39   | \$ 5.125.259.00 |
| 8   | Zapata en concreto de 3500 psi  | M3   | 4.10     | \$ 594.205.86   | \$ 2.436.244.00 |
| 9   | Viga en concreto de 3500 psi  | M3   | 2.97     | \$ 637.127.05   | \$ 1.892.267.00 |
| 10  | Acero de refuerzo de 60000 psi  | KG   | 848.40   | \$ 4.212.00     | \$ 3.573.461.00 |
| <b>IV ESTRUCTURAS EN CONCRETO</b>   |   |  |          |                 |                 |
| 11  | Columna en concreto de 3500 psi   | M3   | 1.22     | \$ 790.366.52   | \$ 964.247.00   |
| 12  | Viga aérea en concreto de 3500 psi  | M3   | 1.67     | \$ 829.051.01   | \$ 1.384.515.00 |
| 13  | Placa de piso concreto de 3500 psi (e=20cm)   | M2   | 75.57    | \$ 109.784.00   | \$ 8.296.377.00 |
| 14  | Acero para elementos estructurales  | KG   | 260.10   | \$ 4.212.00     | \$ 1.095.541.00 |
| <b>V INSTALACIONES HIDROSANITARIAS</b>  |   |  |          |                 |                 |
| <b>REDES DE SUMINISTRO</b>  |   |  |          |                 |                 |
| 15  | Red Suministro PVC 1" y 1/2" + ACCESORIOS   | ML   | 35.41    | \$ 16.278.70    | \$ 576.429.00   |
| 16  | Punto hidráulico de 1/2"  | UN   | 5.00     | \$ 58.655.00    | \$ 293.275.00   |
| 17  | Pruebas de presión  | UN   | 2.00     | \$ 123.063.58   | \$ 246.127.00   |
| <b>REDES DE EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES</b>                                      |   |  |          |                 |                 |
| 18  | Excavación Manual de 0 m a 2m   | M3   | 16.10    | \$ 41.632.00    | \$ 670.442.00   |
| 19  | Relleno en Recebo B-200 Compactado Mecánicamente  | M3   | 10.60    | \$ 104.916.00   | \$ 1.112.529.00 |
| 20  | Red sanitaria PVC-S Ø=2" y Ø=4"   | ML   | 26.51    | \$ 45.532.00    | \$ 1.207.053.00 |
| 21  | Construcción de cajas de inspección de 80x80x100cm en concreto  | UN   | 5.00     | \$ 584.661.60   | \$ 2.923.308.00 |
| 22  | Pruebas de estanqueidad   | UN   | 2.00     | \$ 78.848.25    | \$ 157.697.00   |
| <b>VI INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>  |   |  |          |                 |                 |
| 23  | Cableado eléctrico + Salidas + Toma - Corrientes  | GL   | 1.00     | \$ 1.532.860.00 | \$ 1.532.860.00 |
| 24  | Tubería Conduit + Accesorios  | GL   | 1.00     | \$ 633.520.00   | \$ 633.520.00   |
| <b>VII MUROS IMPRESOS</b>   |   |  |          |                 |                 |
| 25  | Muros Exteriores Impresos (Incluido mano de obra 1 Técnico + 2 Ayudantes) 95,28m <sup>2</sup>   | M2   | 190.56   | \$ 19.780.00    | \$ 3.769.277.00 |
| 26  | Muros Interiores Impresos (Incluido mano de obra 1 Técnico + 2 Ayudantes)   | M2   | 45.96    | \$ 19.780.00    | \$ 909.089.00   |
| 27  | Gratiles (2 Varillas No.02 c/1 m)   | KG   | 66.49    | \$ 4.212.00     | \$ 280.041.00   |
| 28  | Epoxico Sika AnchorFix4 X 600cc   | UN   | 4.00     | \$ 60.900.00    | \$ 243.600.00   |
| 29  | Acero para confinamiento Muro - Placa (30cm c/1m)   | KG   | 8.40     | \$ 4.212.00     | \$ 35.381.00    |
| 30  | Muros Impresos Mesón h=1m   | ML   | 2.40     | \$ 19.780.00    | \$ 47.472.00    |
| <b>VIII BASES, PISOS Y ENCHAPES</b>   |   |  |          |                 |                 |
| 31  | Alistado de piso en Mortero 1:3 E = 0.04  | M2   | 75.57    | \$ 28.513.39    | \$ 2.154.757.00 |
| 32  | Cerámica piso Trafico 5 + Cerámica pared primera cálida + Guarda escobas  | GL   | 1.00     | \$ 7.020.829.00 | \$ 7.020.829.00 |
| <b>IX PINTURA</b>   |   |  |          |                 |                 |
| 33  | Impermeabilización fachada en Sika transparente o similar   | M2   | 96.90    | \$ 4.850.00     | \$ 469.965.00   |
| 34  | Pintura epoxica alta resistencia con catalizador (Cocina- Baños) + Estuco vinilo 3 manos  | M2   | 376.14   | \$ 14.860.53    | \$ 5.589.640.00 |
| <b>X CUBIERTAS Y CIELO RASOS</b>  |   |  |          |                 |                 |
| 35  | Teja tipo Eternit + Caballete (Con estructura)  | M2   | 83.13    | \$ 118.825.00   | \$ 9.877.566.00 |
| 36  | Cielo Raso Drywall (incluye pintura)  | M2   | 75.57    | \$ 48.899.34    | \$ 3.695.323.00 |

|             |   |              |      |    |                  |    |                         |
|-------------|---|--------------|------|----|------------------|----|-------------------------|
| <b>XI</b>   | <b>CARPINTERÍA METÁLICA</b>                                     |              |      |    | \$               | -  |                         |
| 37          | Marcos y Puertas en aluminio                                    | M2           | 1.62 | \$ | 265.155.99       | \$ | 429.553.00              |
| 38          | Ventana en aluminio con basculante                              | M2           | 4.76 | \$ | 265.155.99       | \$ | 1.262.143.00            |
| <b>XII</b>  | <b>CARPINTERÍA DE MADERA</b>                                    |              |      |    | \$               | -  |                         |
| 39          | Hoja Puerta entamborada Triplex-tablex Baños administrativos    | UN           | 5.00 | \$ | 422.662.12       | \$ | 2.113.311.00            |
| <b>XIII</b> | <b>APARATOS Y EQUIPOS SANITARIOS</b>                            |              |      |    | \$               | -  |                         |
| 40          | Suministro e Instalación Aparatos Sanitarios (Incluye Grifería) | UN           | 2.00 | \$ | 475.087.07       | \$ | 950.174.00              |
| <b>XIV</b>  | <b>METODOLOGÍA BIM</b>  |              |      |    | \$               | -  |                         |
| 41          | Software (Excel - AutoCAD - Revit - Navisworks)                 | GL           | 3.00 | \$ | 7.500.000.00     | \$ | 22.500.000.00           |
| 42          | Diseños estructurales y arquitectónicos                         | UN           | 1.00 | \$ | 4.800.000.00     | \$ | 4.800.000.00            |
| 43          | Elaboración Presupuesto de obra                                 | UN           | 1.00 | \$ | 1.200.000.00     | \$ | 1.200.000.00            |
| 44          | Programación de obra  | UN           | 1.00 | \$ | 1.200.000.00     | \$ | 1.200.000.00            |
| 45          | Modelo en Revit   | UN           | 1.00 | \$ | 3.500.000.00     | \$ | 3.500.000.00            |
| 46          | Computadores  | UN           | 3.00 | \$ | 4.200.000.00     | \$ | 12.600.000.00           |
| 47          | Capacitación  | UN           | 1.00 | \$ | 5.000.000.00     | \$ | 5.000.000.00            |
| 48          | Residente BIM   | GL           | 1.00 | \$ | 3.200.000.00     | \$ | 3.200.000.00            |
| 49          | Coordinador BIM   | GL           | 1.00 | \$ | 4.500.000.00     | \$ | 4.500.000.00            |
| <b>XV</b>   | <b>IMPRESORA 3D CONSTRUCCIÓN</b>                                |              |      |    | \$               | -  |                         |
| 50          | Impresora (software mas capacitación)                           | UN           | 1.00 | \$ | 1.062.167.480.00 | \$ | 1.062.167.480.00        |
| 51          | Envío de la Impresora 3D  | UN           | 1.00 | \$ | 18.030.706.00    | \$ | 18.030.706.00           |
| 52          | Ingeniero profesional de apoyo                                  | UN           | 1.00 | \$ | 3.800.000.00     | \$ | 3.800.000.00            |
| 53          | Cuadrilla 1 Técnico Operativo + 2 Ayudantes de Construcción     | UN           | 1.00 | \$ | -                | \$ | -                       |
| 54          | Protección para lluvias   | GL           | 1.00 | \$ | 2.450.000.00     | \$ | 2.450.000.00            |
|             | <b>VALOR COSTOS DIRECTOS</b>                                    |              |      |    |                  | \$ | <b>1.222.846.992.00</b> |
|             | <b>ADMINISTRACIÓN</b>   | <b>6.00%</b> |      |    |                  | \$ | 73.370.820.00           |
|             | <b>IMPREVISTOS</b>  | <b>5.00%</b> |      |    |                  | \$ | 61.142.350.00           |
|             | <b>UTILIDAD</b>   | <b>5.00%</b> |      |    |                  | \$ | 61.142.350.00           |
|             | <b>VALOR TOTAL</b>  |              |      |    |                  | \$ | <b>1.418.502.512.00</b> |

Fuente propia.

- OFICINA (Muros impresos en 3D)

### Imagen 77. Presupuesto de la oficina 3D.

|  |   |                         |  |                     |                  |    |              |
|--|---|-------------------------|--|---------------------|------------------|----|--------------|
| <b>UNIVERSIDAD:</b>  | UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  |                         |  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>Vigilada Mineducación |                     |                  |    |              |
| <b>ESTUDIANTES:</b>  | MATEUS MALAGON JEFFERSON ARMENDIS 551389<br>PAREDES ACOSTA JUAN ANDRÉS 551397   |                         |  |                     |                  |    |              |
| <b>TUTOR:</b>  | JUAN SEBASTIÁN VARGAS   |                         |  |                     |                  |    |              |
| <b>OBJETO:</b>   | ANÁLISIS DE TIEMPOS Y COSTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE IMPRESORAS 3D PARA PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DESARROLLADOS EN COLOMBIA CON METODOLOGÍA BIM |                         |  |                     |                  |    |              |
| <b>PRESUPUESTO OFICINA DE 77 M2 (1 PLANTA) EN EL MUNICIPIO DE VÉLEZ SANTANDER.</b> |   |                         |  |                     |                  |    |              |
| <b>ÍTEM</b>  | <b>DESCRIPCIÓN</b>  | <b>UNIDAD DE MEDIDA</b> | <b>CANTIDAD</b>  | <b>V/R UNITARIO</b> | <b>V/R TOTAL</b> |    |              |
| <b>I</b>   | <b>PRELIMINARES</b>   |                         |  |                     |                  |    |              |
| 1  | Descapote Mecánico e. 20 incluye carque y retiro  | M2                      | 75.57  | \$                  | 1.483.00         | \$ | 112.070.00   |
| 2  | Cerca en tela verde h: 2.10   | ML                      | 19.29  | \$                  | 20.685.00        | \$ | 399.014.00   |
| 3  | Redes provisionales   | UN                      | 1.00   | \$                  | 580.236.31       | \$ | 580.236.00   |
| <b>II</b>  | <b>LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO</b>   |                         |  |                     |                  | \$ | -            |
| 4  | Localización y replanteo de cimientos con elementos de precisión  | M2                      | 75.57  | \$                  | 10.045.00        | \$ | 759.101.00   |
| <b>III</b>   | <b>CIMENTACION</b>  |                         |  |                     |                  | \$ | -            |
| 5  | Excavación Manual de 0 m a 2m   | M3                      | 16.83  | \$                  | 41.632.00        | \$ | 700.667.00   |
| 6  | Mejoramiento de la sub-rasante con B-200  | M3                      | 22.67  | \$                  | 104.916.00       | \$ | 2.378.446.00 |
| 7  | Base en concreto pobre 1500 psi (e=0,10m)   | M2                      | 15.42  | \$                  | 332.377.39       | \$ | 5.125.259.00 |
| 8  | Zapata en concreto de 3500 psi  | M3                      | 4.10   | \$                  | 594.205.86       | \$ | 2.436.244.00 |
| 9  | Viga en concreto de 3500 psi  | M3                      | 2.97   | \$                  | 637.127.05       | \$ | 1.892.267.00 |
| 10   | Acero de refuerzo de 60000 psi  | KG                      | 848.40   | \$                  | 4.212.00         | \$ | 3.573.461.00 |
| <b>IV</b>  | <b>ESTRUCTURAS EN CONCRETO</b>  |                         |  |                     |                  | \$ | -            |
| 11   | Columna en concreto de 3500 psi   | M3                      | 1.22   | \$                  | 790.366.52       | \$ | 964.247.00   |
| 12   | Viga aérea en concreto de 3500 psi  | M3                      | 1.67   | \$                  | 829.051.01       | \$ | 1.384.515.00 |
| 13   | Placa de piso concreto de 3500 psi (e=20cm)   | M2                      | 75.57  | \$                  | 109.784.00       | \$ | 8.296.377.00 |
| 14   | Acero para elementos estructurales  | KG                      | 260.10   | \$                  | 4.212.00         | \$ | 1.095.541.00 |
| <b>V</b>   | <b>INSTALACIONES HIDROSANITARIAS</b>  |                         |  |                     |                  | \$ | -            |
|  | <b>REDES DE SUMINISTRO</b>  |                         |  |                     |                  | \$ | -            |
| 15   | Red Suministro PVC 1" y 1/2" + ACCESORIOS   | ML                      | 38.07  | \$                  | 16.278.70        | \$ | 619.730.00   |
| 16   | Punto hidráulico de 1/2"  | UN                      | 5.00   | \$                  | 58.655.00        | \$ | 293.275.00   |



|  |  |    |              |    |                  |    |                  |                         |
|--|--|----|--------------|----|------------------|----|------------------|-------------------------|
| 17   | Pruebas de presión   | UN | 2.00         | \$ | 123.063.58       | \$ | 246.127.00       |                         |
| <b>REDES DE EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES</b> |  |    |              |    |                  |    |                  |                         |
| 18   | Excavación Manual de 0 m a 2m  | M3 | 16.67        | \$ | 41.632.00        | \$ | 694.089.00       |                         |
| 19   | Relleno en Recebo B-200 Compactado Mecánicamente   | M3 | 11.17        | \$ | 104.916.00       | \$ | 1.172.122.00     |                         |
| 20   | Red sanitaria PVC-S Ø=2" y Ø=4"  | ML | 27.93        | \$ | 45.532.00        | \$ | 1.271.709.00     |                         |
| 21   | Construcción de cajas de inspección de 80x80x100cm en concreto                           | UN | 5.00         | \$ | 584.661.60       | \$ | 2.923.308.00     |                         |
| 22   | Pruebas de estanqueidad  | UN | 2.00         | \$ | 78.848.25        | \$ | 157.697.00       |                         |
| <b>VI INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>             |  |    |              |    |                  |    |                  |                         |
| 23   | Cableado eléctrico + Salidas + Toma - Corrientes   | GL | 1.00         | \$ | 2.159.302.00     | \$ | 2.159.302.00     |                         |
| 24   | Tubería Conduit + Accesorios   | GL | 1.00         | \$ | 852.072.00       | \$ | 852.072.00       |                         |
| <b>VII MUROS IMPRESOS</b>                      |  |    |              |    |                  |    |                  |                         |
| 25   | Muros Exteriores Impresos (Incluido mano de obra 1 Técnico + 2 Ayudantes) 96,90m2        | M2 | 193.80       | \$ | 19.827.00        | \$ | 3.842.473.00     |                         |
| 26   | Muros Interiores Impresos (Incluido mano de obra 1 Técnico + 2 Ayudantes)                | M2 | 53.46        | \$ | 19.827.00        | \$ | 1.059.951.00     |                         |
| 27   | Graffiles (2 Vanillas No.02 c./1 m)  | KG | 74.65        | \$ | 4.212.00         | \$ | 314.426.00       |                         |
| 28   | Epoxico Sika AnchorFix4 X 600cc  | UN | 4.00         | \$ | 60.900.00        | \$ | 243.600.00       |                         |
| 29   | Acero para confinamiento Muro - Placa (30cm c./1m)                                       | KG | 7.95         | \$ | 4.212.00         | \$ | 33.485.00        |                         |
| 30   | Muros Impresos Mesón h=1m  | ML | 2.40         | \$ | 19.827.00        | \$ | 47.585.00        |                         |
| <b>VIII BASES, PISOS Y ENCHAPES</b>            |  |    |              |    |                  |    |                  |                         |
| 31   | Alistado de piso en Mortero 1:3 E = 0.04   | M2 | 75.57        | \$ | 28.513.39        | \$ | 2.154.757.00     |                         |
| 32   | Cerámica piso Trafico 5 + Cerámica pared primera cálida + Guarda escobas                 | GL | 1.00         | \$ | 1.398.653.00     | \$ | 1.398.653.00     |                         |
| <b>IX PINTURA</b>                              |  |    |              |    |                  |    |                  |                         |
| 33   | Impermeabilización fachada en Sika transparente o similar                                | M2 | 95.28        | \$ | 4.850.00         | \$ | 462.108.00       |                         |
| 34   | Pintura epoxica alta resistencia con catalizador (Cocina- Baños) + Estuco vinilo 3 manos | M2 | 399.24       | \$ | 14.860.53        | \$ | 5.932.918.00     |                         |
| <b>X CUBIERTAS Y CIELO RASOS</b>               |  |    |              |    |                  |    |                  |                         |
| 35   | Teja tipo Eternit + Caballete (Con estructura)   | M2 | 83.13        | \$ | 118.825.00       | \$ | 9.877.566.00     |                         |
| 36   | Cielo Raso Drywall (incluye pintura)   | M2 | 75.57        | \$ | 48.899.34        | \$ | 3.695.323.00     |                         |
| <b>XI CARPINTERÍA METÁLICA</b>                 |  |    |              |    |                  |    |                  |                         |
| 37   | Marcos y Puertas en aluminio (Corredera)   | M2 | 3.24         | \$ | 304.929.39       | \$ | 987.971.00       |                         |
| 38   | Ventana en aluminio con basculante   | M2 | 4.76         | \$ | 265.155.99       | \$ | 1.262.143.00     |                         |
| <b>XII CARPINTERÍA DE MADERA</b>               |  |    |              |    |                  |    |                  |                         |
| 39   | Hoja Puerta entabornada Triplex-tablex Baños administrativos                             | UN | 6.00         | \$ | 422.662.12       | \$ | 2.535.973.00     |                         |
| <b>XIII APARATOS Y EQUIPOS SANITARIOS</b>      |  |    |              |    |                  |    |                  |                         |
| 40   | Suministro e Instalación Aparatos Sanitarios (Incluye Grifería)                          | UN | 4.00         | \$ | 475.087.07       | \$ | 1.900.348.00     |                         |
| <b>XIV AMOBLADO</b>                            |  |    |              |    |                  |    |                  |                         |
| 41   | Amoblado para oficinas   | GL | 1.00         | \$ | 12.543.205.00    | \$ | 12.543.205.00    |                         |
| <b>XIV METODOLOGÍA BIM</b>                     |  |    |              |    |                  |    |                  |                         |
| 42   | Software (Excel - AutoCAD - Revit - Navisworks)  | GL | 3.00         | \$ | 7.500.000.00     | \$ | 22.500.000.00    |                         |
| 43   | Diseños estructurales y arquitectónicos  | UN | 1.00         | \$ | 4.800.000.00     | \$ | 4.800.000.00     |                         |
| 44   | Elaboración Presupuesto de obra  | UN | 1.00         | \$ | 1.200.000.00     | \$ | 1.200.000.00     |                         |
| 45   | Programación de obra   | UN | 1.00         | \$ | 1.200.000.00     | \$ | 1.200.000.00     |                         |
| 46   | Modelo en Revit  | UN | 1.00         | \$ | 3.500.000.00     | \$ | 3.500.000.00     |                         |
| 47   | Computadores   | UN | 3.00         | \$ | 4.200.000.00     | \$ | 12.600.000.00    |                         |
| 48   | Capacitación   | UN | 1.00         | \$ | 5.000.000.00     | \$ | 5.000.000.00     |                         |
| 49   | Residente BIM  | GL | 1.00         | \$ | 3.200.000.00     | \$ | 3.200.000.00     |                         |
| 50   | Coordinador BIM  | GL | 1.00         | \$ | 4.500.000.00     | \$ | 4.500.000.00     |                         |
| <b>XV IMPRESORA 3D CONSTRUCCIÓN</b>            |  |    |              |    |                  |    |                  |                         |
| 51   | Impresora (software mas capacitación)  | UN | 1.00         | \$ | 1.062.167.480.00 | \$ | 1.062.167.480.00 |                         |
| 52   | Envío de la Impresora 3D   | UN | 1.00         | \$ | 18.030.706.00    | \$ | 18.030.706.00    |                         |
| 53   | Ingeniero profesional de apoyo   | UN | 1.00         | \$ | 3.800.000.00     | \$ | 3.800.000.00     |                         |
| 54   | Cuadrilla 1 Técnico Operativo + 2 Ayudantes de Construcción                              | UN | 1.00         | \$ | -                | \$ | -                |                         |
| 55   | Protección para lluvias  | GL | 1.00         | \$ | 2.450.000.00     | \$ | 2.450.000.00     |                         |
| <b>VALOR COSTOS DIRECTOS</b>                   |  |    |              |    |                  |    |                  |                         |
|  |  |    |              |    |                  |    | \$               | <b>1.233.327.547.00</b> |
| <b>ADMINISTRACIÓN</b>                          |  |    | <b>6.00%</b> |    |                  | \$ | 73.999.653.00    |                         |
| <b>IMPREVISTOS</b>                             |  |    | <b>5.00%</b> |    |                  | \$ | 61.666.377.00    |                         |
| <b>UTILIDAD</b>                                |  |    | <b>5.00%</b> |    |                  | \$ | 61.666.377.00    |                         |
| <b>VALOR TOTAL</b>                             |  |    |              |    |                  |    | \$               | <b>1.430.659.954.00</b> |

Fuente propia.



- LOCAL (Muros impresos en 3D)

### Imagen 78. Presupuesto del local 3D.

| UNIVERSIDAD:   | UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  |                  |          |  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>Vigilada Mineducación |                  |
|--|---|------------------|----------|--|------------------|
| ESTUDIANTES:   | MATEUS MALAGON JEFFERSON ARMENDIS   | 551389           |          |  |                  |
|  | PAREDES ACOSTA JUAN ANDRÉS  | 551397           |          |  |                  |
| TUTOR:   | JUAN SEBASTIÁN VARGAS   |                  |          |  |                  |
| OBJETO:  | ANÁLISIS DE TIEMPOS Y COSTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE IMPRESORAS 3D PARA PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DESARROLLADOS EN COLOMBIA CON METODOLOGÍA BIM |                  |          |  |                  |
| <b>PRESUPUESTO LOCAL DE 77 M2 (1 PLANTA) EN EL MUNICIPIO DE VÉLEZ SANTANDER.</b> |   |                  |          |  |                  |
| ÍTEM   | DESCRIPCIÓN   | UNIDAD DE MEDIDA | CANTIDAD | V/R UNITARIO   | V/R TOTAL        |
| <b>I</b>   | <b>PRELIMINARES</b>   |                  |          |  |                  |
| 1  | Descapote Mecánico e. 20 incluye cargue y retro   | M2               | 75.57    | \$ 1.483.00  | \$ 112.070.00    |
| 2  | Cerca en tela verde h: 2.10   | ML               | 19.29    | \$ 20.685.00   | \$ 399.014.00    |
| 3  | Redes provisionales   | UN               | 1.00     | \$ 580.236.31  | \$ 580.236.00    |
| <b>II</b>  | <b>LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO</b>   |                  |          |  |                  |
| 4  | Localización y replanteo de cimientos con elementos de precisión  | M2               | 75.57    | \$ 10.045.00   | \$ 759.101.00    |
| <b>III</b>   | <b>CIMENTACIÓN</b>  |                  |          |  |                  |
| 5  | Excavación Manual de 0 m a 2m   | M3               | 16.83    | \$ 41.632.00   | \$ 700.667.00    |
| 6  | Mejoramiento de la sub-rasante con B-200  | M3               | 22.67    | \$ 104.916.00  | \$ 2.378.446.00  |
| 7  | Base en concreto pobre 1500 psi (e=0,10m)   | M2               | 15.42    | \$ 332.377.39  | \$ 5.125.259.00  |
| 8  | Zapata en concreto de 3500 psi  | M3               | 4.10     | \$ 594.205.86  | \$ 2.436.244.00  |
| 9  | Viga en concreto de 3500 psi  | M3               | 2.97     | \$ 637.127.05  | \$ 1.892.267.00  |
| 10   | Acero de refuerzo de 60000 psi  | KG               | 848.40   | \$ 4.212.00  | \$ 3.573.461.00  |
| <b>IV</b>  | <b>ESTRUCTURAS EN CONCRETO</b>  |                  |          |  |                  |
| 11   | Columna en concreto de 3500 psi   | M3               | 1.22     | \$ 790.366.52  | \$ 964.247.00    |
| 12   | Viga aérea en concreto de 3500 psi  | M3               | 1.67     | \$ 829.051.01  | \$ 1.384.515.00  |
| 13   | Placa de piso concreto de 3500 psi (e=20cm)   | M2               | 75.57    | \$ 109.784.00  | \$ 8.296.377.00  |
| 14   | Acero para elementos estructurales  | KG               | 260.10   | \$ 4.212.00  | \$ 1.095.541.00  |
| <b>V</b>   | <b>INSTALACIONES HIDROSANITARIAS</b>  |                  |          |  |                  |
|  | <b>REDES DE SUMINISTRO</b>  |                  |          |  |                  |
| 15   | Red Suministro PVC 1" y 1/2" + ACCESORIOS   | ML               | 38.07    | \$ 16.278.70   | \$ 619.730.00    |
| 16   | Punto hidráulico de 1/2"  | UN               | 5.00     | \$ 58.655.00   | \$ 293.275.00    |
| 17   | Pruebas de presión  | UN               | 2.00     | \$ 123.063.58  | \$ 246.127.00    |
|  | <b>REDES DE EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES</b>  |                  |          |  |                  |
| 18   | Excavación Manual de 0 m a 2m   | M3               | 16.67    | \$ 41.632.00   | \$ 694.089.00    |
| 19   | Relleno en Recebo B-200 Compactado Mecánicamente  | M3               | 11.17    | \$ 104.916.00  | \$ 1.172.122.00  |
| 20   | Red sanitaria PVC-S Ø=2" y Ø=4"   | ML               | 27.93    | \$ 45.532.00   | \$ 1.271.709.00  |
| 21   | Construcción de cajas de inspección de 80x80x100cm en concreto  | UN               | 5.00     | \$ 584.661.60  | \$ 2.923.308.00  |
| 22   | Pruebas de estanqueidad   | UN               | 2.00     | \$ 78.848.25   | \$ 157.697.00    |
| <b>VI</b>  | <b>RED CONTRA INCENDIO</b>  |                  |          |  |                  |
| 23   | Tubería Acero Negro Roscada 1" SCH 40 (Incluye accesorios y soportes)   | ML               | 27.38    | \$ 36.145.99   | \$ 989.677.00    |
| 24   | Tubería Acero Negro Ranurada 2" SCH 40 (Incluye accesorios y soportes)  | ML               | 16.67    | \$ 62.034.14   | \$ 1.034.109.00  |
| 25   | Rociador Automático 1/2" K=5.6 Pendiente UL-FM  | UN               | 4.00     | \$ 59.275.00   | \$ 237.100.00    |
| 26   | Gabinete tipo II  | UN               | 2.00     | \$ 696.440.53  | \$ 1.392.881.00  |
| 27   | Siamesa Inyección 4" X 2 1/2" X 2 1/2"  | UN               | 1.00     | \$ 2.319.235.27  | \$ 2.319.235.00  |
| <b>VII</b>   | <b>AIRE ACONDICIONADO</b>   |                  |          |  |                  |
| 28   | Mini Split  | UN               | 1.00     | \$ 15.120.369.00   | \$ 15.120.369.00 |
| 29   | Potencia  | GL               | 1.00     | \$ 1.532.650.00  | \$ 1.532.650.00  |
| 30   | Gas refrigerante  | GL               | 1.00     | \$ 532.652.00  | \$ 532.652.00    |
| 31   | Equipos + cableado  | GL               | 1.00     | \$ 9.520.000.00  | \$ 9.520.000.00  |
| <b>VI</b>  | <b>INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>   |                  |          |  |                  |
| 32   | Cableado eléctrico + Salidas + Toma - Corrientes  | GL               | 1.00     | \$ 2.159.302.00  | \$ 2.159.302.00  |
| 33   | Tubería Conduit + Accesorios  | GL               | 1.00     | \$ 852.072.00  | \$ 852.072.00    |
| <b>VII</b>   | <b>MUROS IMPRESOS</b>   |                  |          |  |                  |
| 34   | Muros Exteriores Impresos (Incluido mano de obra 1 Técnico + 2 Ayudantes) 93,44m2   | M2               | 186.88   | \$ 20.007.00   | \$ 3.738.908.00  |
| 35   | Muros Interiores Impresos (Incluido mano de obra 1 Técnico + 2 Ayudantes)   | M2               | 23.10    | \$ 20.007.00   | \$ 462.162.00    |
| 36   | Grañetes (2 Vanillas No.02 c/1 m)   | KG               | 52.07    | \$ 4.212.00  | \$ 219.319.00    |
| 37   | Epoxico Sika AnchorFix4 X 600cc   | UN               | 4.00     | \$ 60.900.00   | \$ 243.600.00    |
| 38   | Acero para confinamiento Muro - Placa (30cm c./1m)  | KG               | 6.12     | \$ 4.212.00  | \$ 25.777.00     |
| 39   | Muros Impresos Mesón h=1m   | ML               | 2.40     | \$ 20.007.00   | \$ 48.017.00     |
| <b>VIII</b>  | <b>BASES, PISOS Y ENCHAPES</b>  |                  |          |  |                  |
| 40   | Alistado de piso en Mortero 1:3 E = 0.04  | M2               | 75.57    | \$ 28.513.39   | \$ 2.154.757.00  |
| 41   | Cerámica piso Trafico 5 + Cerámica pared primera cálida + Guarda escobas  | GL               | 1.00     | \$ 1.092.565.00  | \$ 1.092.565.00  |

Página 1

|             |  |              |        |    |                  |                         |
|-------------|--|--------------|--------|----|------------------|-------------------------|
| <b>IX</b>   | <b>PINTURA</b>   |              |        |    | \$               | -                       |
| 42          | Impermeabilización fachada en Sika transparente o similar                                | M2           | 93.44  | \$ | 4.850.00         | \$ 453.184.00           |
| 43          | Pintura epoxica alta resistencia con catalizador (Cocina- Baños) + Estuco vinilo 3 manos | M2           | 326.52 | \$ | 14.860.53        | \$ 4.852.260.00         |
| <b>X</b>    | <b>CUBIERTAS Y CIELO RASOS</b>   |              |        |    | \$               | -                       |
| 44          | Teja tipo Eternit + Caballete (Con estructura)   | M2           | 83.13  | \$ | 118.825.00       | \$ 9.877.566.00         |
| 45          | Cielo Raso Drywall (incluye pintura)   | M2           | 75.57  | \$ | 48.899.34        | \$ 3.695.323.00         |
| <b>XI</b>   | <b>CARPINTERIA METÁLICA</b>  |              |        |    | \$               | -                       |
| 46          | Marcos y Puertas en aluminio   | M2           | 6.48   | \$ | 265.155.99       | \$ 1.718.211.00         |
| 47          | Ventana en aluminio con basculante   | M2           | 3.36   | \$ | 265.155.99       | \$ 890.924.00           |
| <b>XII</b>  | <b>CARPINTERIA DE MADERA</b>   |              |        |    | \$               | -                       |
| 48          | Hoja Puerta entamborada Triplex-tablex Baños administrativos                             | UN           | 3.00   | \$ | 422.662.12       | \$ 1.267.986.00         |
| <b>XIII</b> | <b>APARATOS Y EQUIPOS SANITARIOS</b>   |              |        |    | \$               | -                       |
| 49          | Suministro e Instalación Aparatos Sanitarios (Incluye Grifería)                          | UN           | 4.00   | \$ | 475.087.07       | \$ 1.900.348.00         |
| <b>XIV</b>  | <b>METODOLOGÍA BIM</b>   |              |        |    | \$               | -                       |
| 50          | Software (Excel - AutoCAD - Revit - Navisworks)  | GL           | 3.00   | \$ | 7.500.000.00     | \$ 22.500.000.00        |
| 51          | Diseños estructurales y arquitectónicos  | UN           | 1.00   | \$ | 4.800.000.00     | \$ 4.800.000.00         |
| 52          | Elaboracion Presupuesto de obra  | UN           | 1.00   | \$ | 1.200.000.00     | \$ 1.200.000.00         |
| 53          | Programación de obra   | UN           | 1.00   | \$ | 1.200.000.00     | \$ 1.200.000.00         |
| 54          | Modelo en Revit  | UN           | 1.00   | \$ | 3.500.000.00     | \$ 3.500.000.00         |
| 55          | Computadores   | UN           | 3.00   | \$ | 4.200.000.00     | \$ 12.600.000.00        |
| 56          | Capacitación   | UN           | 1.00   | \$ | 5.000.000.00     | \$ 5.000.000.00         |
| 57          | Residente BIM  | GL           | 1.00   | \$ | 3.200.000.00     | \$ 3.200.000.00         |
| 58          | Coordinador BIM  | GL           | 1.00   | \$ | 4.500.000.00     | \$ 4.500.000.00         |
| <b>XV</b>   | <b>IMPRESORA 3D CONSTRUCCIÓN</b>   |              |        |    | \$               | -                       |
| 59          | Impresora (software mas capacitación)  | UN           | 1.00   | \$ | 1.062.167.480.00 | \$ 1.062.167.480.00     |
| 60          | Envío de la Impresora 3D   | UN           | 1.00   | \$ | 18.030.706.00    | \$ 18.030.706.00        |
| 61          | Ingeniero profesional de apoyo   | UN           | 1.00   | \$ | 3.800.000.00     | \$ 3.800.000.00         |
| 62          | Cuadrilla 1 Técnico Operativo + 2 Ayudantes de Construcción                              | UN           | 1.00   | \$ | -                | \$ -                    |
| 63          | Protección para lluvias  | GL           | 1.00   | \$ | 2.450.000.00     | \$ 2.450.000.00         |
|             | <b>VALOR COSTOS DIRECTOS</b>   |              |        |    | \$               | <b>1.250.354.642.00</b> |
|             | <b>ADMINISTRACIÓN</b>  | <b>6.00%</b> |        |    | \$               | 75.021.279.00           |
|             | <b>IMPREVISTOS</b>   | <b>5.00%</b> |        |    | \$               | 62.517.732.00           |
|             | <b>UTILIDAD</b>  | <b>5.00%</b> |        |    | \$               | 62.517.732.00           |
|             | <b>VALOR TOTAL</b>   |              |        |    | \$               | <b>1.450.411.385.00</b> |

Fuente propia.

- BODEGA (Muros impresos en 3D)

### Imagen 79. Presupuesto de la Bodega 3D.

| <b>UNIVERSIDAD:</b>   | UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  |  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>Vigilada Mineducación |          |               |                 |
|---|---|--|----------|---------------|-----------------|
| <b>ESTUDIANTES:</b>   | MATEUS MALAGON JEFFERSON ARMENDIS 551389<br>PAREDES ACOSTA JUAN ANDRÉS 551397   |  |          |               |                 |
| <b>TUTOR:</b>   | JUAN SEBASTIÁN VARGAS   |  |          |               |                 |
| <b>OBJETO:</b>  | ANÁLISIS DE TIEMPOS Y COSTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE IMPRESORAS 3D PARA PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DESARROLLADOS EN COLOMBIA CON METODOLOGÍA BIM |  |          |               |                 |
| <b>PRESUPUESTO BODEGA DE 77 M2 (1 PLANTA) EN EL MUNICIPIO DE VÉLEZ SANTANDER.</b> |   |  |          |               |                 |
| ÍTEM  | DESCRIPCIÓN   | UNIDAD DE MEDIDA   | CANTIDAD | V/R UNITARIO  | V/R TOTAL       |
| <b>I</b>  | <b>PRELIMINARES</b>   |  |          |               |                 |
| 1   | Descapote Mecánico e. 20 incluye cargue y retiro  | M2   | 75.57    | \$ 1.483.00   | \$ 112.070.00   |
| 2   | Cerca en tela verde h: 2.10   | ML   | 19.29    | \$ 20.685.00  | \$ 399.014.00   |
| 3   | Redes provisionales   | UN   | 1.00     | \$ 580.236.31 | \$ 580.236.00   |
| <b>II</b>   | <b>LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO</b>   |  |          |               |                 |
| 4   | Localización y replanteo de cimientos con elementos de precisión  | M2   | 75.57    | \$ 10.045.00  | \$ 759.101.00   |
| <b>III</b>  | <b>CIMENTACIÓN</b>  |  |          |               |                 |
| 5   | Excavación Manual de 0 m a 2m   | M3   | 16.83    | \$ 41.632.00  | \$ 700.667.00   |
| 6   | Mejoramiento de la sub-rasante con B-200  | M3   | 22.67    | \$ 104.916.00 | \$ 2.378.446.00 |
| 7   | Base en concreto pobre 1500 psi (e=0,10m)   | M2   | 15.42    | \$ 332.377.39 | \$ 5.125.259.00 |
| 8   | Zapata en concreto de 3500 psi  | M3   | 4.10     | \$ 594.205.86 | \$ 2.436.244.00 |
| 9   | Viga en concreto de 3500 psi  | M3   | 2.97     | \$ 637.127.05 | \$ 1.892.267.00 |



|             |  |    |        |                  |                  |
|-------------|--|----|--------|------------------|------------------|
| 10          | Acero de refuerzo de 60000 psi   | KG | 848.40 | \$ 4.212.00      | \$ 3.573.461.00  |
| <b>IV</b>   | <b>ESTRUCTURAS EN CONCRETO</b>   |    |        |                  | \$ -             |
| 11          | Columna en concreto de 3500 psi  | M3 | 1.22   | \$ 790.366.52    | \$ 964.247.00    |
| 12          | Viga aérea en concreto de 3500 psi   | M3 | 1.67   | \$ 829.051.01    | \$ 1.384.515.00  |
| 13          | Placa de piso concreto de 3500 psi (e=20cm)  | M2 | 75.57  | \$ 109.784.00    | \$ 8.296.377.00  |
| 14          | Acero para elementos estructurales   | KG | 260.10 | \$ 4.212.00      | \$ 1.095.541.00  |
| <b>V</b>    | <b>INSTALACIONES HIDROSANITARIAS</b>   |    |        |                  | \$ -             |
|             | <b>REDES DE SUMINISTRO</b>   |    |        |                  | \$ -             |
| 15          | Red Suministro PVC 1" y 1/2" + ACCESORIOS  | ML | 35.41  | \$ 16.278.70     | \$ 576.429.00    |
| 16          | Punto hidráulico de 1/2"   | UN | 5.00   | \$ 58.655.00     | \$ 293.275.00    |
| 17          | Pruebas de presión   | UN | 2.00   | \$ 123.063.58    | \$ 246.127.00    |
|             | <b>REDES DE EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES</b>   |    |        |                  | \$ -             |
| 18          | Excavación Manual de 0 m a 2m  | M3 | 16.10  | \$ 41.632.00     | \$ 670.442.00    |
| 19          | Relleno en Recebo B-200 Compactado Mecánicamente   | M3 | 10.60  | \$ 104.916.00    | \$ 1.112.529.00  |
| 20          | Red sanitaria PVC-S Ø=2" y Ø=4"  | ML | 26.51  | \$ 45.532.00     | \$ 1.207.053.00  |
| 21          | Construcción de cajas de inspección de 80x80x100cm en concreto                           | UN | 5.00   | \$ 584.661.60    | \$ 2.923.308.00  |
| 22          | Pruebas de estanqueidad  | UN | 2.00   | \$ 78.848.25     | \$ 157.697.00    |
| <b>VI</b>   | <b>RED CONTRA INCENDIO</b>   |    |        |                  | \$ -             |
| 23          | Tubería Acero Negro Roscada 1" SCH 40 (Incluye accesorios y soportes)                    | ML | 27.38  | \$ 36.145.99     | \$ 989.677.00    |
| 24          | Tubería Acero Negro Ranurada 2" SCH 40 (Incluye accesorios y soportes)                   | ML | 16.67  | \$ 62.034.14     | \$ 1.034.109.00  |
| 25          | Rociador Automático 1/2" K=5.6 Pendiente UL-FM   | UN | 4.00   | \$ 59.275.00     | \$ 237.100.00    |
| 26          | Gabinete tipo II   | UN | 2.00   | \$ 696.440.53    | \$ 1.392.881.00  |
| 27          | Siamesa Inyección 4" X 2 1/2" X 2 1/2"   | UN | 1.00   | \$ 2.319.235.27  | \$ 2.319.235.00  |
| <b>VII</b>  | <b>AIRE ACONDICIONADO</b>  |    |        |                  | \$ -             |
| 28          | Mini Split   | UN | 1.00   | \$ 15.120.369.00 | \$ 15.120.369.00 |
| 29          | Potencia   | GL | 1.00   | \$ 1.532.650.00  | \$ 1.532.650.00  |
| 30          | Gas refrigerante   | GL | 1.00   | \$ 532.652.00    | \$ 532.652.00    |
| 31          | Equipos + cableado   | GL | 1.00   | \$ 9.520.000.00  | \$ 9.520.000.00  |
| <b>VI</b>   | <b>INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>  |    |        |                  | \$ -             |
| 32          | Cableado eléctrico + Salidas + Toma - Corrientes   | GL | 1.00   | \$ 1.659.302.00  | \$ 1.659.302.00  |
| 33          | Tubería Conduit + Accesorios   | GL | 1.00   | \$ 722.072.00    | \$ 722.072.00    |
| <b>VII</b>  | <b>MUROS IMPRESOS</b>  |    |        |                  | \$ -             |
| 34          | Muros Exteriores Impresos (Incluido mano de obra 1 Técnico + 2 Ayudantes) 95,28m2        | M2 | 190.56 | \$ 20.042.00     | \$ 3.819.204.00  |
| 35          | Muros Interiores Impresos (Incluido mano de obra 1 Técnico + 2 Ayudantes)                | M2 | 19.98  | \$ 20.042.00     | \$ 400.439.00    |
| 36          | Graffles (2 Varillas No.02 c/1 m)  | KG | 50.29  | \$ 4.212.00      | \$ 211.821.00    |
| 37          | Epoxico Sika AnchorFix4 X 600cc  | UN | 4.00   | \$ 60.900.00     | \$ 243.600.00    |
| 38          | Acero para confinamiento Muro - Placa (30cm c/1m)  | KG | 5.93   | \$ 4.212.00      | \$ 24.977.00     |
| 39          | Muros Impresos Mesón h=1m  | ML | 2.40   | \$ 20.042.00     | \$ 48.101.00     |
| <b>VIII</b> | <b>BASES, PISOS Y ENCHAPES</b>   |    |        |                  | \$ -             |
| 39          | Alistado de piso en Mortero 1:3 E = 0.04   | M2 | 75.57  | \$ 28.513.39     | \$ 2.154.757.00  |
| 40          | Cerámica piso Trafco 5 + Cerámica pared primera cálida + Guarda escobas                  | GL | 1.00   | \$ 492.565.00    | \$ 492.565.00    |
| <b>IX</b>   | <b>PINTURA</b>   |    |        |                  | \$ -             |
| 41          | Impermeabilización fachada en Sika transparente o similar                                | M2 | 95.28  | \$ 4.850.00      | \$ 462.108.00    |
| 42          | Pintura epoxica alta resistencia con catalizador (Cocina- Baños) + Estuco vinilo 3 manos | M2 | 325.80 | \$ 14.860.53     | \$ 4.841.561.00  |
| <b>X</b>    | <b>CUBIERTAS Y CIELO RASOS</b>   |    |        |                  | \$ -             |
| 43          | Teja tipo Eternit + Caballete (Con estructura)   | M2 | 83.13  | \$ 118.825.00    | \$ 9.877.566.00  |
| 44          | Cielo Raso Drywall (incluye pintura)   | M2 | 75.57  | \$ 48.899.34     | \$ 3.695.323.00  |
| <b>XI</b>   | <b>CARPINTERÍA METÁLICA</b>  |    |        |                  | \$ -             |
| 45          | Marcos y Puertas en aluminio   | M2 | 3.24   | \$ 265.155.99    | \$ 859.105.00    |
| 46          | Ventana en aluminio con basculante   | M2 | 4.76   | \$ 265.155.99    | \$ 1.262.143.00  |
| <b>XII</b>  | <b>CARPINTERÍA DE MADERA</b>   |    |        |                  | \$ -             |
| 47          | Hoja Puerta entamborada Triplex-tablex Baños administrativos                             | UN | 3.00   | \$ 422.662.12    | \$ 1.267.986.00  |
| <b>XIII</b> | <b>APARATOS Y EQUIPOS SANITARIOS</b>   |    |        |                  | \$ -             |
| 48          | Suministro e Instalación Aparatos Sanitarios (Incluye Grifería)                          | UN | 4.00   | \$ 475.087.07    | \$ 1.900.348.00  |
| <b>XIV</b>  | <b>METODOLOGÍA BIM</b>   |    |        |                  | \$ -             |
| 49          | Software (Excel - AutoCAD - Revit - Navisworks)  | GL | 3.00   | \$ 7.500.000.00  | \$ 22.500.000.00 |
| 50          | Diseños estructurales y arquitectónicos  | UN | 1.00   | \$ 4.800.000.00  | \$ 4.800.000.00  |
| 51          | Elaboracion Presupuesto de obra  | UN | 1.00   | \$ 1.200.000.00  | \$ 1.200.000.00  |
| 52          | Programación de obra   | UN | 1.00   | \$ 1.200.000.00  | \$ 1.200.000.00  |
| 53          | Modelo en Revit  | UN | 1.00   | \$ 3.500.000.00  | \$ 3.500.000.00  |
| 54          | Computadores   | UN | 3.00   | \$ 4.200.000.00  | \$ 12.600.000.00 |
| 55          | Capacitación   | UN | 1.00   | \$ 5.000.000.00  | \$ 5.000.000.00  |
| 56          | Residente BIM  | GL | 1.00   | \$ 3.200.000.00  | \$ 3.200.000.00  |
| 57          | Coordinador BIM  | GL | 1.00   | \$ 4.500.000.00  | \$ 4.500.000.00  |
| <b>XV</b>   | <b>IMPRESORA 3D CONSTRUCCIÓN</b>   |    |        |                  | \$ -             |

|                              |   |              |      |                     |                            |
|------------------------------|---|--------------|------|---------------------|----------------------------|
| 58                           | Impresora (software mas capacitación)                       | UN           | 1.00 | \$ 1.062.167.480.00 | \$ 1.062.167.480.00        |
| 59                           | Envío de la Impresora 3D                                    | UN           | 1.00 | \$ 18.030.706.00    | \$ 18.030.706.00           |
| 60                           | Ingeniero profesional de apoyo                              | UN           | 1.00 | \$ 3.800.000.00     | \$ 3.800.000.00            |
| 61                           | Cuadrilla 1 Técnico Operativo + 2 Ayudantes de Construcción | UN           | 1.00 | \$ -                | \$ -                       |
| 62                           | Protección para lluvias                                     | GL           | 1.00 | \$ 2.450.000.00     | \$ 2.450.000.00            |
| <b>VALOR COSTOS DIRECTOS</b> |   |              |      |                     | <b>\$ 1.248.454.142.00</b> |
| <b>ADMINISTRACIÓN</b>        |   | <b>6.00%</b> |      |                     | \$ 74.907.249.00           |
| <b>IMPREVISTOS</b>           |   | <b>5.00%</b> |      |                     | \$ 62.422.707.00           |
| <b>UTILIDAD</b>              |   | <b>5.00%</b> |      |                     | \$ 62.422.707.00           |
| <b>VALOR TOTAL</b>           |   |              |      |                     | <b>\$ 1.448.206.805.00</b> |

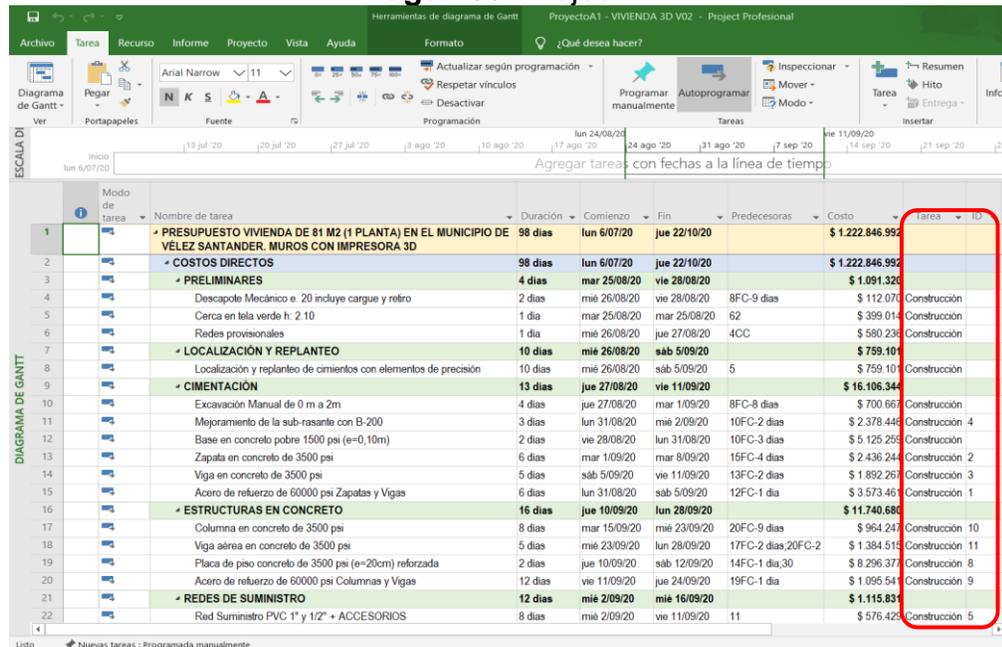
Fuente propia.

#### 4.3.5. Simulación de la metodología BIM 3D, 4D Y 5D en Navisworks Manage

En la dimensión 4D y 5D de BIM es el proceso en el que se utiliza un modelo 3D en este caso exportado desde Revit añadiendo la dimensión de tiempo (4D) y la dimensión de costos (5D), en el cual se podrá mostrar la secuencia constructiva y analizar los requisitos esenciales en obra, procedentes de los trabajos a realizar, por ende el software a utilizar para la elaboración de los proyectos es Navisworks.

**Paso 1:** Se debe tener en la programación de obra dos columnas tipo texto (Texto 1 y texto 2), donde la primera llevara el nombre de construcción a las actividades que se pueden ver o se materializan en el modelo Revit, y el texto dos corresponde a la identificación consecutiva que se le dará en el programa Navisworks para el proceso constructivo.

**Imagen 80. Project ID.**

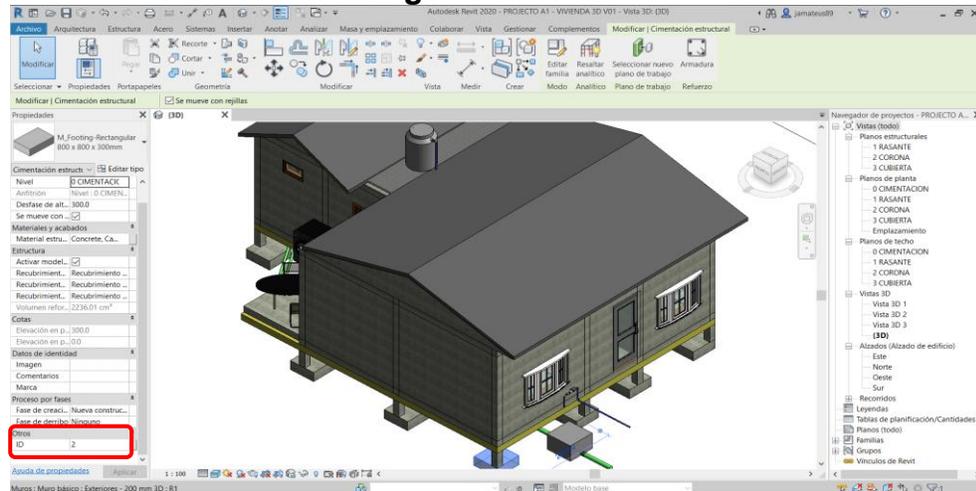


| Modo de tarea | Nombre de tarea  | Duración       | Comienzo            | Fin                 | Predecesoras       | Costo                   | Tarea           | ID |
|---------------|--|----------------|---------------------|---------------------|--------------------|-------------------------|-----------------|----|
|               | <b>PRESUPUESTO VIVIENDA DE 81 M2 (1 PLANTA) EN EL MUNICIPIO DE VELEZ SANTANDER. MUROS CON IMPRESORA 3D</b> | <b>98 dias</b> | <b>lun 6/07/20</b>  | <b>jue 22/10/20</b> |                    | <b>\$ 1.222.846.992</b> |                 |    |
|               | <b>COSTOS DIRECTOS</b>   |                |                     |                     |                    | <b>\$ 1.091.320</b>     |                 |    |
|               | <b>PRELIMINARES</b>  | <b>4 dias</b>  | <b>mar 25/08/20</b> | <b>vie 28/08/20</b> |                    | <b>\$ 1.091.320</b>     |                 |    |
|               | Descapote Mecánico e. 20 incluye cargue y retro  | 2 dias         | mié 26/08/20        | vie 28/08/20        | 8FC-9 dias         | \$ 112.076              | Construcción    |    |
|               | Cerca en tela verde h: 2.10  | 1 dia          | mar 25/08/20        | mar 25/08/20        | 62                 | \$ 359.014              | Construcción    |    |
|               | Redes provisionales  | 1 dia          | mié 26/08/20        | jue 27/08/20        | 4CC                | \$ 580.236              | Construcción    |    |
|               | <b>LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO</b>  | <b>10 dias</b> | <b>mié 26/08/20</b> | <b>sáb 5/09/20</b>  |                    | <b>\$ 759.101</b>       |                 |    |
|               | Localización y replanteo de cimientos con elementos de precisión   | 10 dias        | mié 26/08/20        | sáb 5/09/20         | 5                  | \$ 759.101              | Construcción    |    |
|               | <b>CIMENTACIÓN</b>   | <b>13 dias</b> | <b>jue 27/08/20</b> | <b>vie 11/09/20</b> |                    | <b>\$ 16.106.344</b>    |                 |    |
|               | Excavación Manual de 0 m a 2m  | 4 dias         | jue 27/08/20        | mar 1/09/20         | 8FC-8 dias         | \$ 700.667              | Construcción    |    |
|               | Mejoramiento de la sub-rasante con B-200   | 3 dias         | lun 31/08/20        | mié 2/09/20         | 10FC-2 dias        | \$ 2.378.444            | Construcción 4  |    |
|               | Base en concreto pobre 1500 psi (e=0,10m)  | 2 dias         | vie 28/08/20        | lun 31/08/20        | 10FC-3 dias        | \$ 5.125.256            | Construcción 2  |    |
|               | Zapata en concreto de 3500 psi   | 6 dias         | mar 1/09/20         | mar 8/09/20         | 15FC-4 dias        | \$ 2.436.240            | Construcción 2  |    |
|               | Viga en concreto de 3500 psi   | 5 dias         | sáb 5/09/20         | vie 11/09/20        | 13FC-2 dias        | \$ 1.892.260            | Construcción 3  |    |
|               | Acero de refuerzo de 60000 psi Zapatas y Vigas   | 6 dias         | lun 31/08/20        | sáb 5/09/20         | 12FC-1 dia         | \$ 3.573.460            | Construcción 1  |    |
|               | <b>ESTRUCTURAS EN CONCRETO</b>   | <b>16 dias</b> | <b>jue 10/09/20</b> | <b>lun 28/09/20</b> |                    | <b>\$ 11.740.680</b>    |                 |    |
|               | Columna en concreto de 3500 psi  | 8 dias         | mar 15/09/20        | mié 23/09/20        | 20FC-9 dias        | \$ 964.247              | Construcción 10 |    |
|               | Viga aérea en concreto de 3500 psi   | 5 dias         | mié 23/09/20        | lun 28/09/20        | 17FC-2 dias,20FC-2 | \$ 1.384.516            | Construcción 11 |    |
|               | Placa de piso concreto de 3500 psi (e=20cm) reforzada  | 2 dias         | jue 10/09/20        | sáb 12/09/20        | 14FC-1 dia,30      | \$ 8.296.377            | Construcción 8  |    |
|               | Acero de refuerzo de 60000 psi Columnas y Vigas  | 12 dias        | vie 11/09/20        | jue 24/09/20        | 19FC-1 dia         | \$ 1.095.541            | Construcción 9  |    |
|               | <b>REDES DE SUMINISTRO</b>   | <b>12 dias</b> | <b>mié 2/09/20</b>  | <b>mié 16/09/20</b> |                    | <b>\$ 1.115.833</b>     |                 |    |
|               | Red Suministro PVC 1" y 1 1/2" + ACCESORIOS  | 8 dias         | mié 2/09/20         | vie 11/09/20        | 11                 | \$ 576.423              | Construcción 5  |    |

Fuente propia.

**Paso 2:** En el modelo Revit, esas actividades identificadas deben tener el mismo ID, para un enlace perfecto en el programa de Navisworks, que para nuestro ejemplo el ID 1 corresponde al acero de refuerzo de las zapatas tanto en el Project como en el Revit, el ID 2 viene siendo el vaciado de concreto de las zapatas y así sucesivamente hasta agotar los elementos materializados que hacen parte de la construcción de nuestro proyecto en el modelo

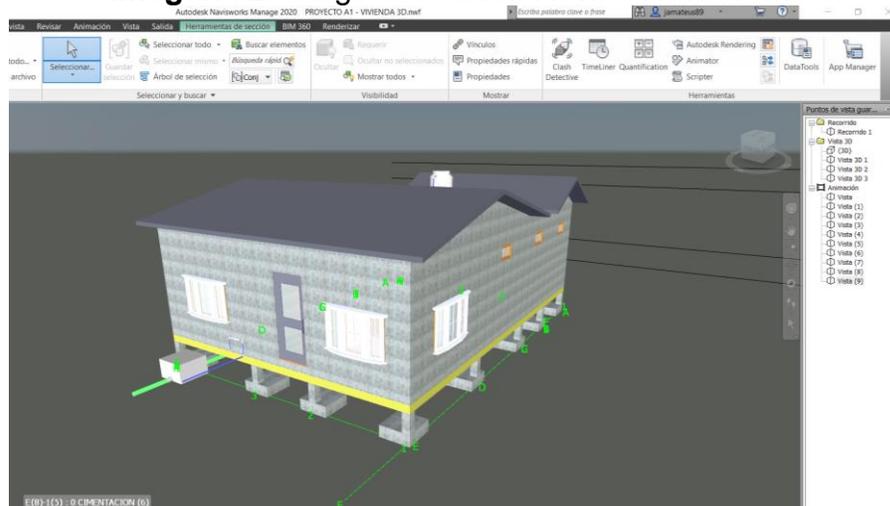
**Imagen 81. Revit ID.**



Fuente propia.

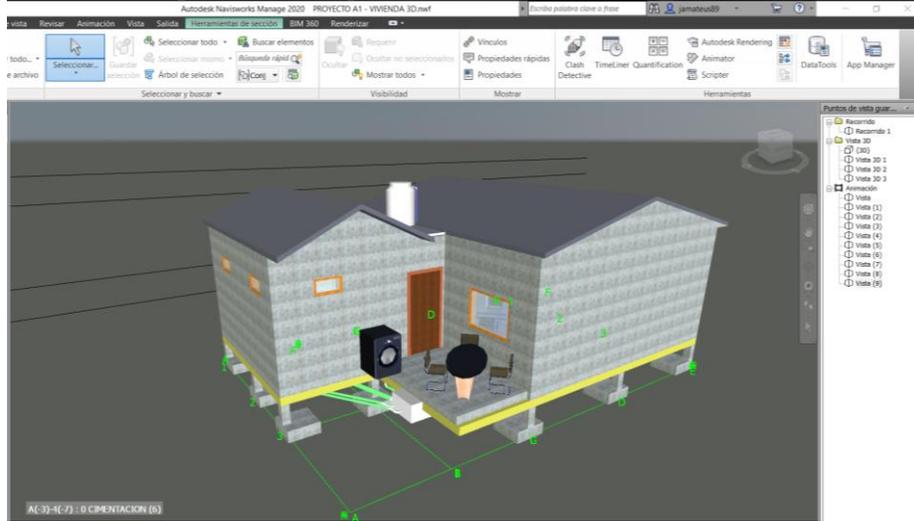
**Paso 3:** Se abre el programa Navisworks manage, en la pestaña de inicio se le da la opción de añadir archivó de Revit, buscando dicho modelo y posterior a ello se le da cargar.

**Imagen 82. Carga de archivo Revit a Navisworks**



Fuente propia.

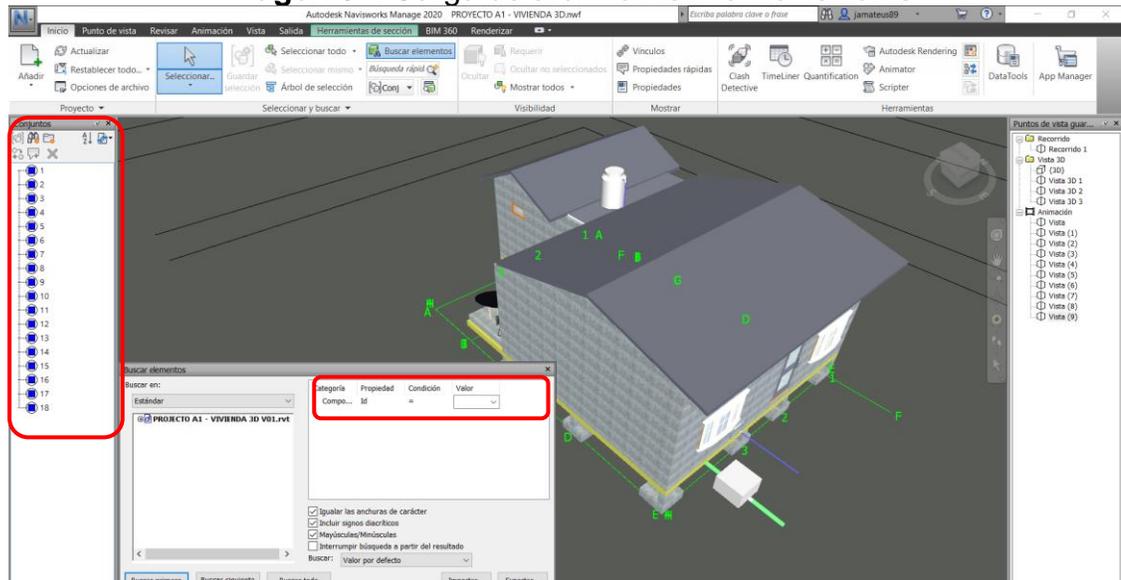
### Imagen 83. Carga de archivo Revit a Navisworks



Fuente propia.

**Paso 4:** En la pestaña de inicio, se le da en buscador de elementos, con categoría = componente, propiedad = ID, Condición = y valor = (el valor del ID a buscar), con el fin de guardar dichos elementos en un conjunto y sean unidos como 1 solo; así para todos los identificadores que se hayan creado en el Project y en el modelo Revit.

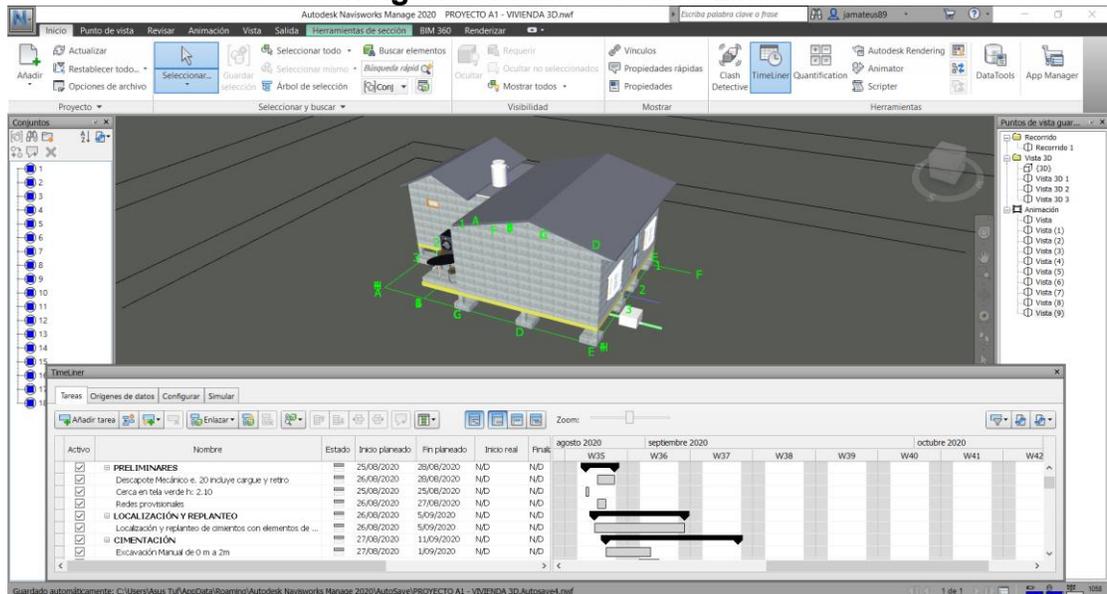
### Imagen 84. Carga de archivo Revit a Navisworks



Fuente propia.

**Paso 5:** se carga el programa de obra en la función Time-Liner.

## Imagen 85. Función Time-Liner



Fuente propia.

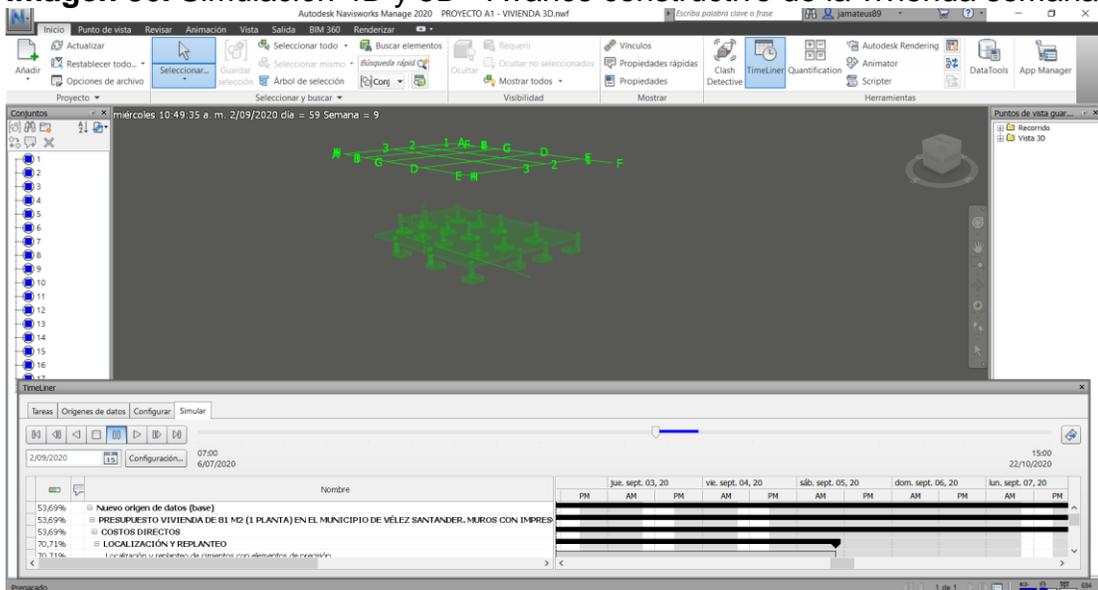
**Paso 6:** se enlazaron las actividades de la programación con los elementos Revit y los conjuntos creados en Navisworks por medio del identificador del elemento como tipo de tarea construcción, así el programa reconocerá las actividades a desarrollar como constructivas.

**Paso 7:** Se realizó la simulación de lo anteriormente mencionado para detectar si existen problemas en los inicios y finalizaciones de las tareas constructivas y si tienen un orden lógico cronológico y constructivo

A continuación se mostrará el proceso constructivo obtenido con cada uno de los proyectos (vivienda, local, oficina y local), ya que así se extrae la información necesaria, con el fin de documentar la secuencia y estudiar la fase y la administración de los recursos que están involucrados en cada uno de éstos.

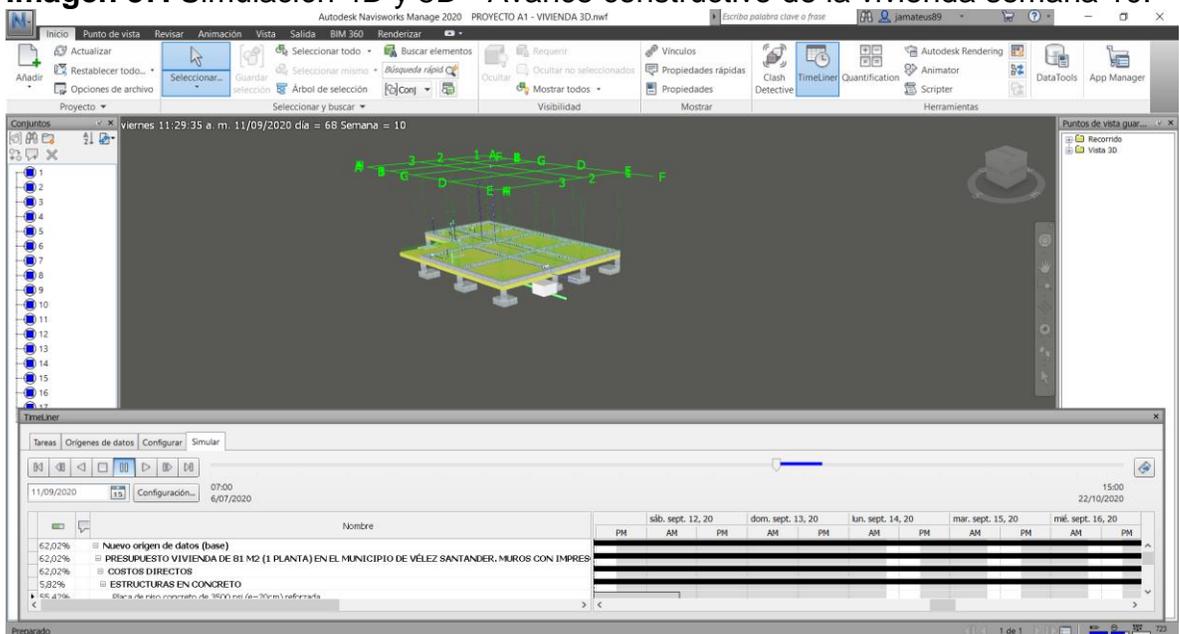
- Vivienda

**Imagen 86. Simulación 4D y 5D - Avance constructivo de la vivienda semana 9.**



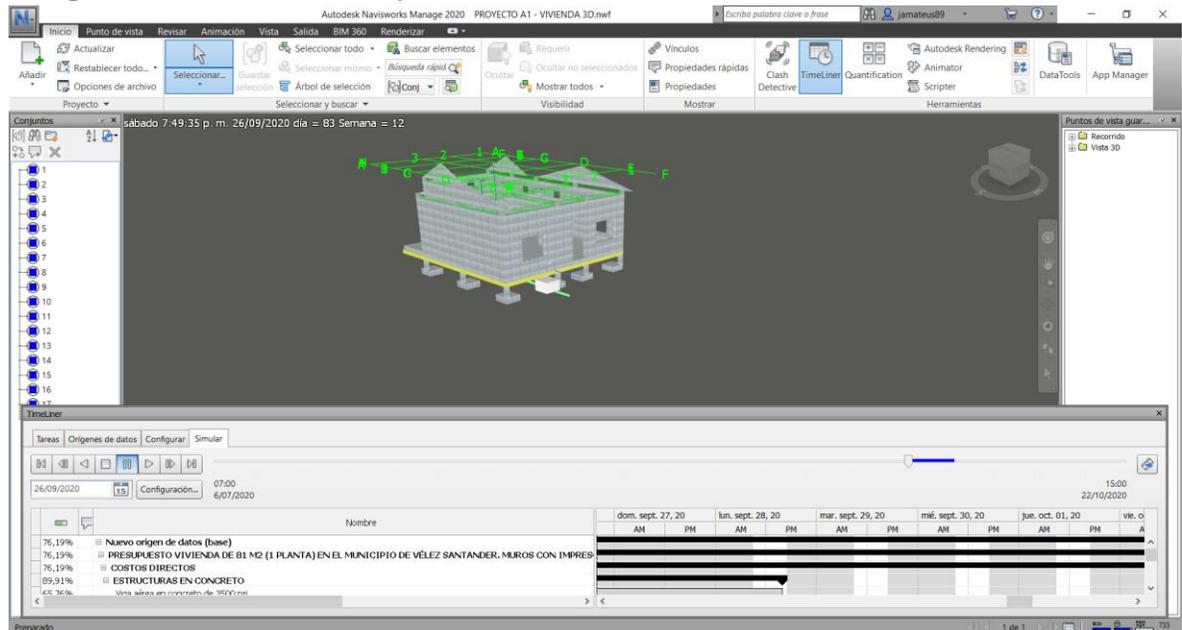
Fuente propia.

**Imagen 87. Simulación 4D y 5D - Avance constructivo de la vivienda semana 10.**



Fuente propia.

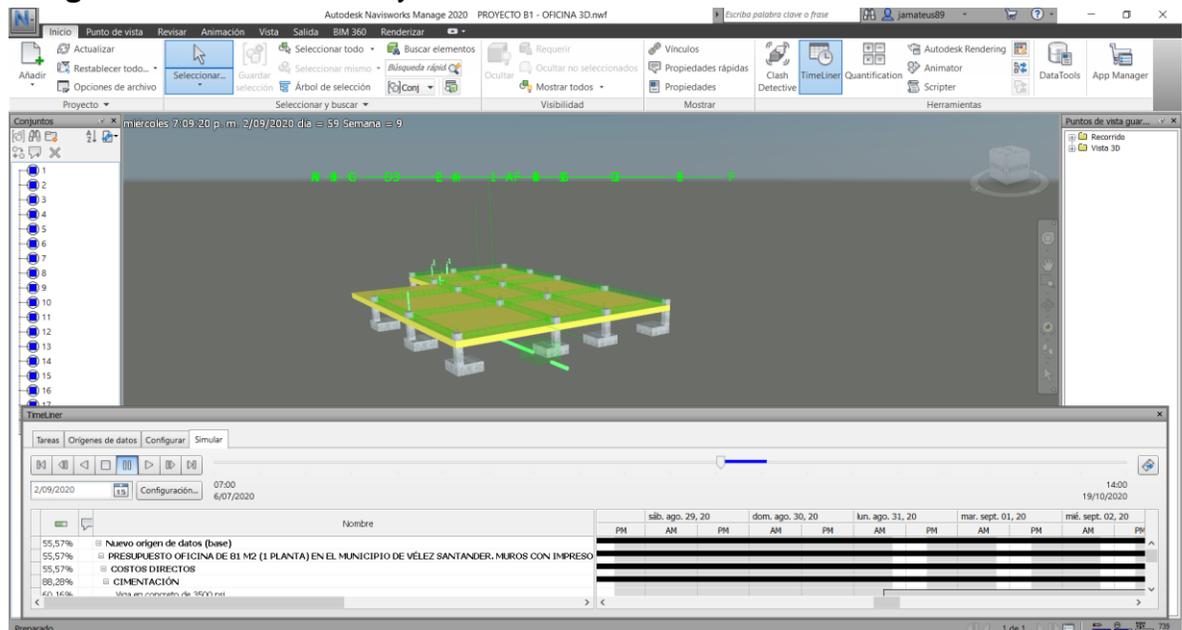
**Imagen 88.** Simulación 4D y 5D - Avance constructivo de la vivienda semana 12.



Fuente propia.

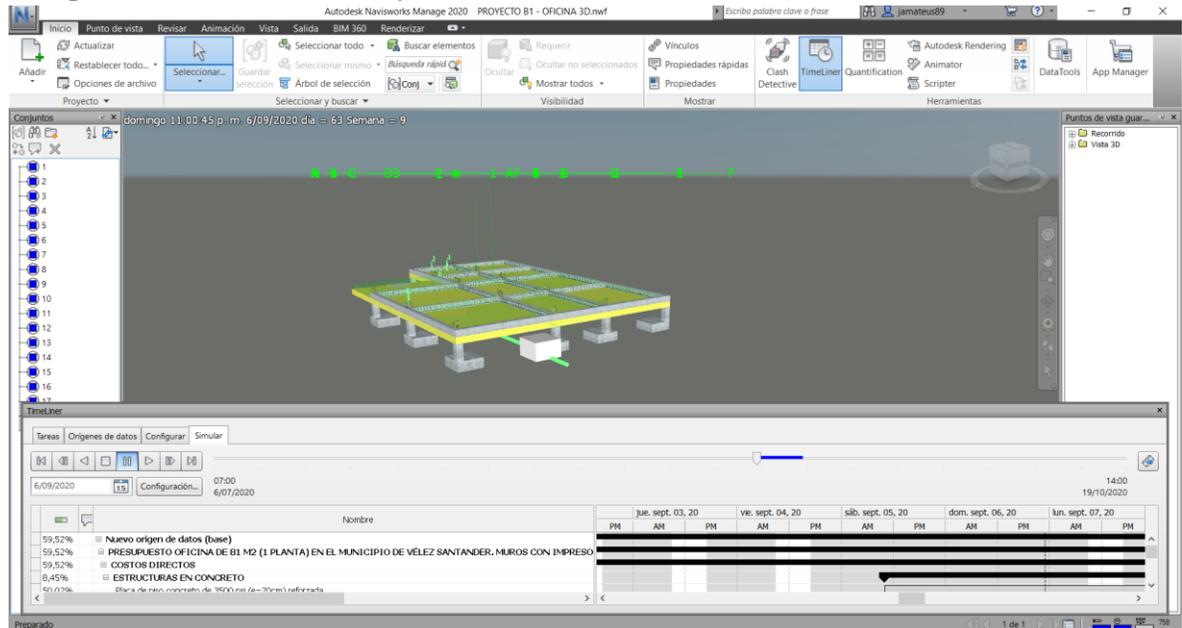
- OFICINA

**Imagen 89.** Simulación 4D y 5D - Avance constructivo de la oficina semana 9.



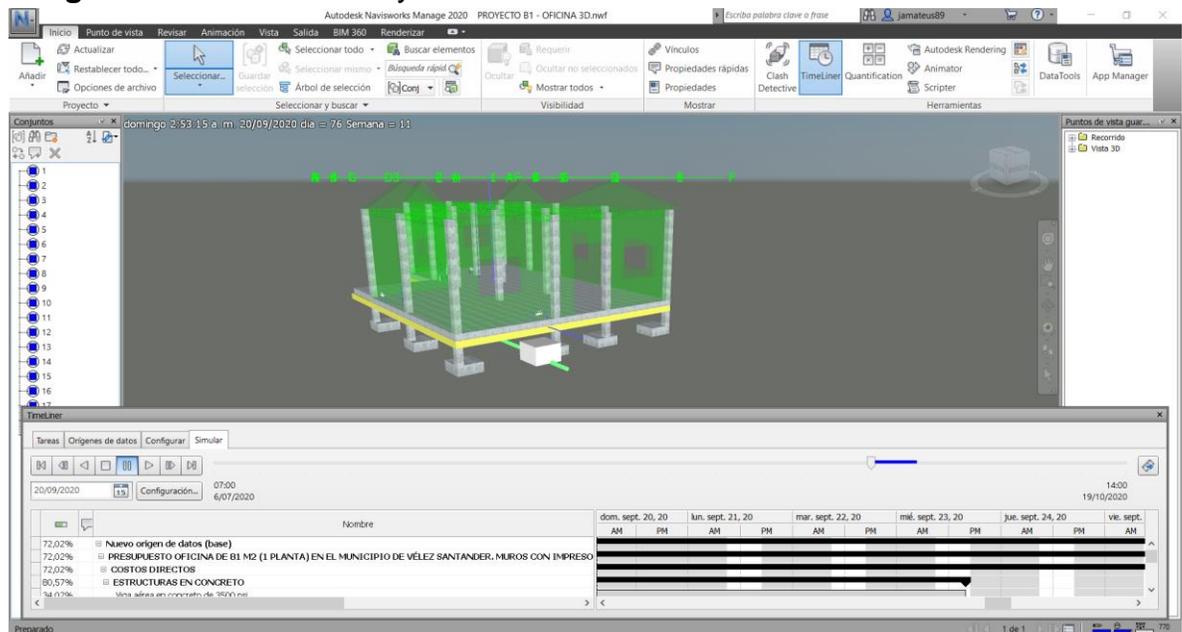
Fuente propia.

**Imagen 90. Simulación 4D y 5D - Avance constructivo de la oficina semana 10.**



Fuente propia.

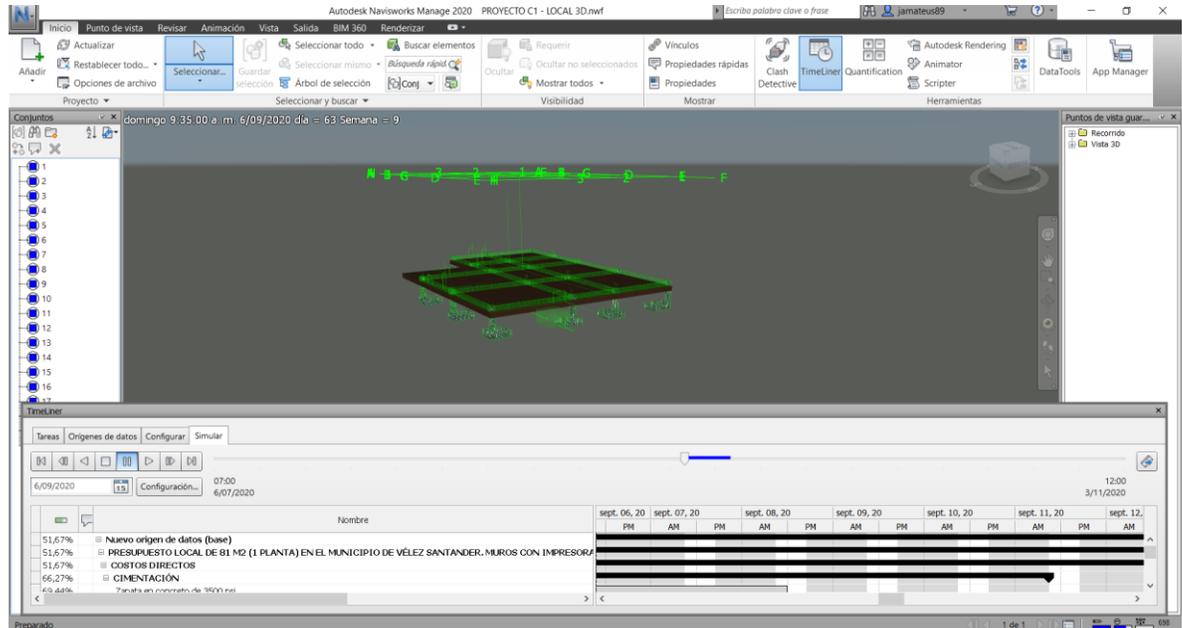
**Imagen 90. Simulación 4D y 5D - Avance constructivo de la oficina semana 11.**



Fuente propia.

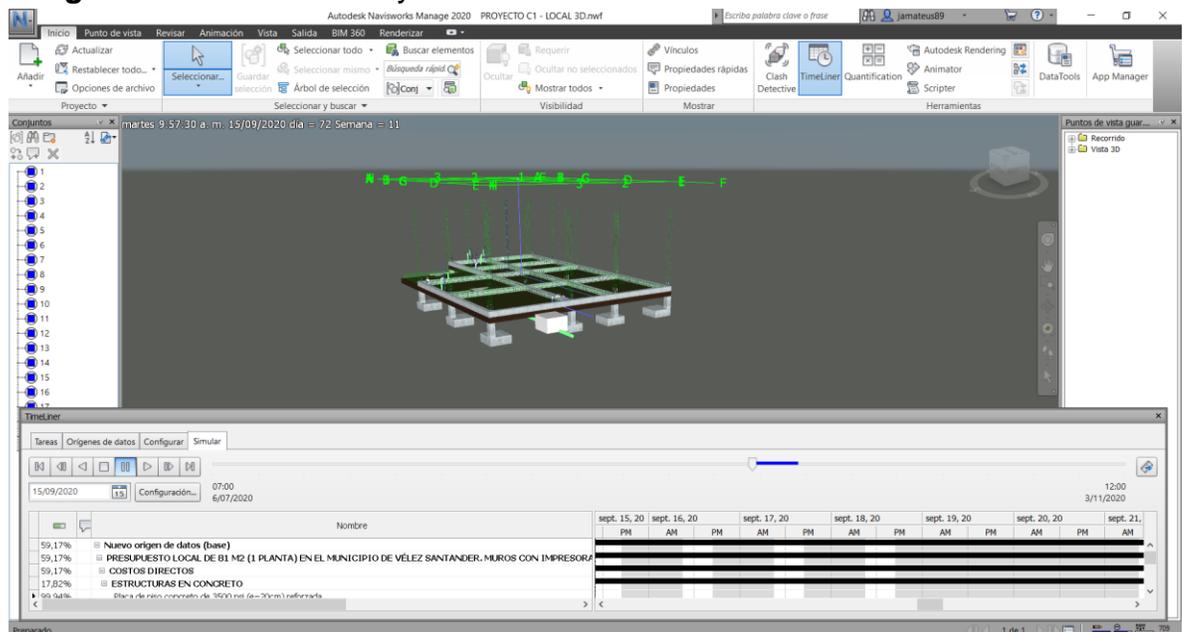
- LOCAL

**Imagen 91. Simulación 4D y 5D - Avance constructivo del local semana 9.**



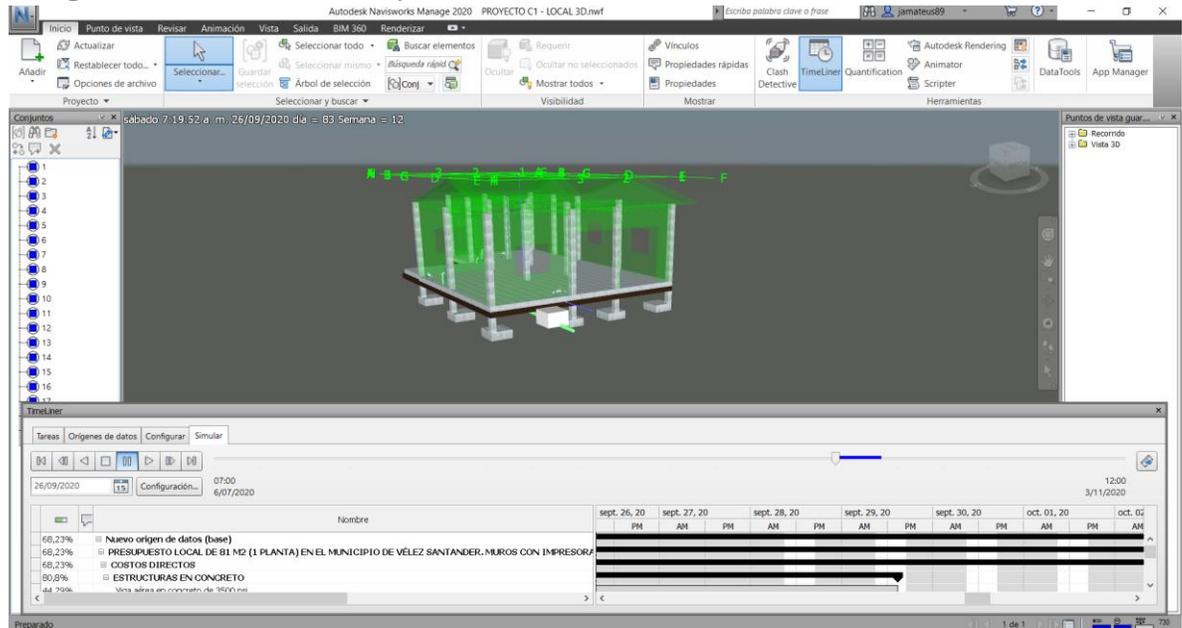
Fuente propia.

**Imagen 92. Simulación 4D y 5D - Avance constructivo del local semana 11.**



Fuente propia.

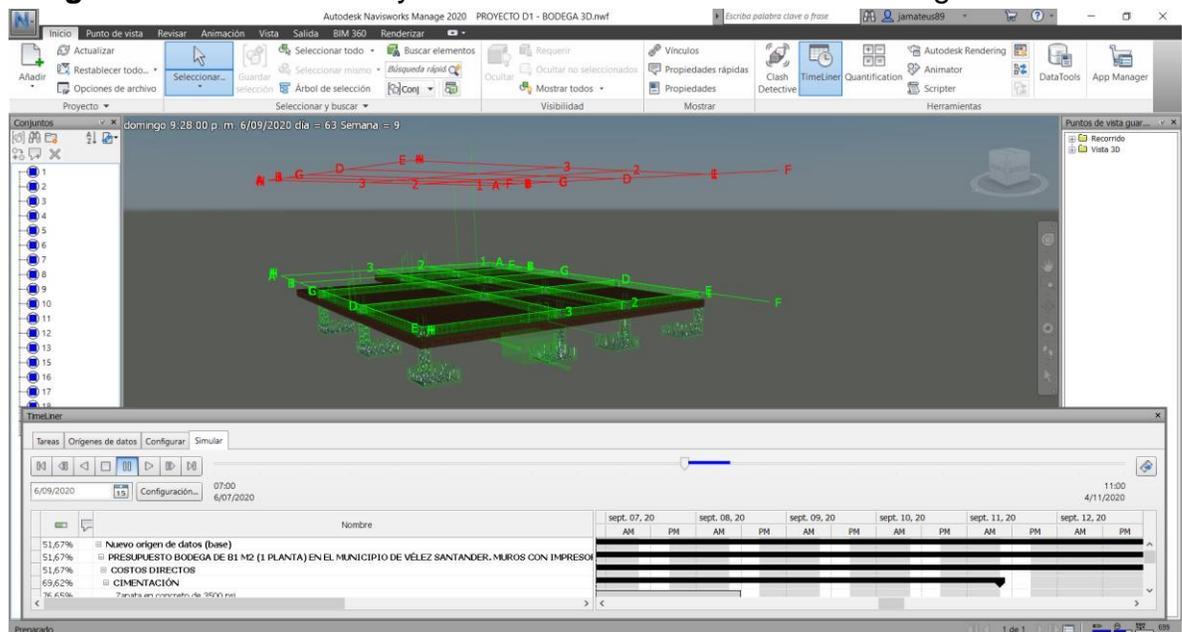
**Imagen 93. Simulación 4D y 5D - Avance constructivo del local semana 12.**



Fuente propia.

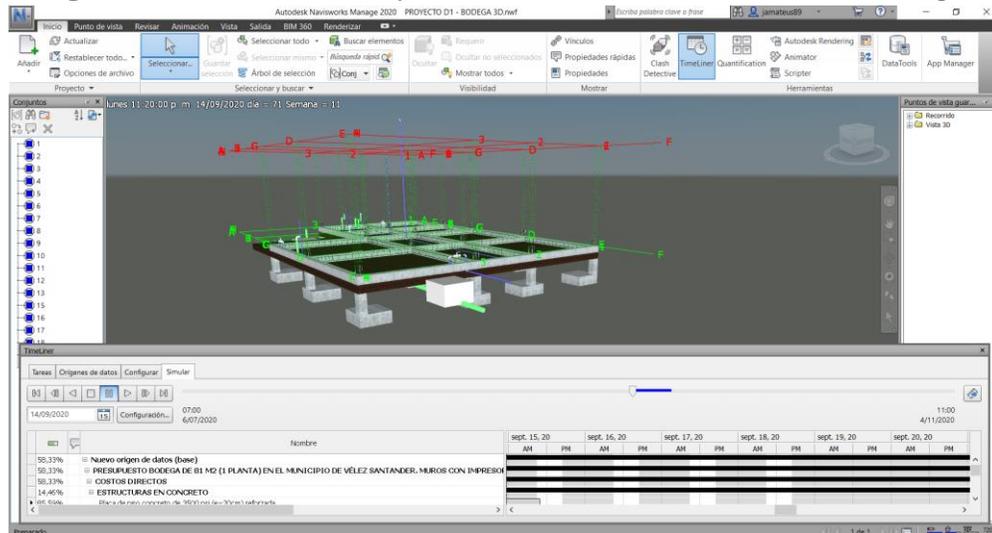
- BODEGA

**Imagen 94. Simulación 4D y 5D - Avance constructivo de la bodega semana 9.**



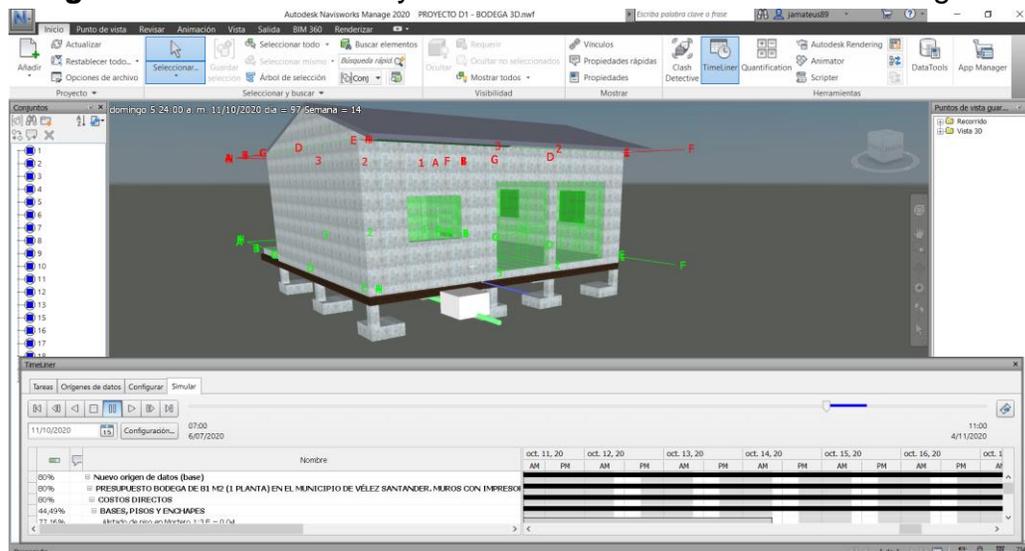
Fuente propia.

**Imagen 95.** Simulación 4D y 5D - Avance constructivo de la bodega semana 11.



Fuente propia.

**Imagen 96.** Simulación 4D y 5D - Avance constructivo de la bodega semana 14.



Fuente propia.

Mediante el software utilizado en este caso Navisworks Manage se logra visualizar en la parte superior izquierda de manera más interactiva los datos vinculados a la línea de tiempo (BIM 4D) de cada uno de los modelos, como, la fecha, la hora y la semana de construcción en la que se va.

**Nota:** La modelación en Navisworks del sistema constructivo de cada proyecto (vivienda, oficina, local y bodega) se encuentran anexos fuera del documento, en un archivo mp4 (video).

La integración de la metodología BIM en los proyectos de construcción se ha convertido día a día en una gran prioridad por los beneficios que ofrece durante su ejecución, y es por esto que se observará ¿el por qué es bueno implementar la metodología BIM? Y ¿para qué es fundamental la simulación 3D, 4D y 5D?

Entonces se tiene que la metodología BIM en los proyectos de construcción permite que las empresas sean más competitivas debido a que la metodología trabaja solucionando muchos inconvenientes que van surgiendo en el desarrollo de los planos 2D, un ejemplo claro son los tiempos que se demoran en el intercambio de información entre todos los involucrados en el proyecto, es por esto que es importante realizar la integración a todos los proyectos de construcción que se desarrollen en el futuro ya que la metodología BIM tiene mucha información de cada una de las actividades a realizar en la construcción de la edificación desde el bosquejo hasta la operación impidiendo problemas.

La metodología BIM permite la participación de varias personas como lo son arquitectos, ingenieros, diseñadores, contratistas y demás en un proyecto de construcción, brindándoles una visualización a cada uno de lo que va transcurriendo a lo largo del proyecto y así puedan estudiarlo, documentarlo y administrarlo.

La integración de los costos (5D) en la simulación de BIM permite a los diversos participantes del proyecto que visualicen el proceso de las actividades a ejecutar en la construcción y los costos a lo largo del tiempo de elaboración del proyecto, ayudándoles con la información de un costo final del proyecto a ejecutar si se llegase a presentar retrasos ya sea por mal tiempo o por culpa del subcontratista.

Se quiere aclarar que la relación costo – beneficio de la implementación de la metodología BIM para las empresas es muy favorable si todas las personas del mismo sector adoptaran la metodología BIM, es decir, que si a la hora de realizar una integración de ésta en la etapa del diseño no sería conveniente que el control que se lleva a cabo durante la ejecución de la misma fuera de la forma tradicional debido a que una las ventajas de usar la metodología BIM se observa cuando éste se vincula en todo el desarrollo o ciclo de vida de los proyectos, pues al estar enlazado el costo y el tiempo la modelación en 3D, si se llegase a ejecutar algún cambio, las mediciones iniciales brindadas se actualizarían de inmediato.

Por otro lado, el gran beneficio de implementar esta metodología BIM se observa o es más notoria cuando se usa en proyectos de mayor magnitud, como es el caso de proyectar las viviendas por ejemplo a la construcción de varios conjuntos con

este tipo de diseño, debido a la cantidad de recursos que se involucran, ya que por obvias razones no sería muy productivo implementar dicha metodología en proyectos de edificación pequeños, como por ejemplo la vivienda, oficina, local y la bodega que son cada uno de una planta.

#### 4.4. COMPARACIÓN DE COSTOS Y TIEMPOS DE MODELO VIS VS MODELO IMPLEMENTACIÓN DE LAS IMPRESORAS 3D CON LA METODOLOGIA BIM

Para realizar una buena comparación entre la construcción de los proyectos con el método convencional (Modelo VIS) con la construcción de éstos mismos con la implementación de las impresoras 3D y la metodología BIM para la construcción de muros en concreto en edificaciones, fue necesario realizar los cronogramas y presupuestos de la construcción por el modelo VIS, los cuales fueron realizados del mismo modo que se mencionó en el ítem 4.2.2. Sin tener en cuenta el uso de la impresora 3D y el diseño BIM, mostrando el resultado en seguida, tal como se mencionó en la en la propuesta de grado aprobada, pero antes se mostrará una tabla resumen de cada proyecto con sus parámetros y descripciones:

Tabla 13. Resumen de proyectos de construcción.

| PROYECTO | DESCRIPCION                                       | UBICACIÓN       | AREA (m <sup>2</sup> ) | DISTRIBUCIÓN  |
|----------|---|-----------------|------------------------|---|
| Vivienda | Proyecto familiar, que consta de 1 solo nivel.    | Vélez Santander | 77                     | 3 alcobas, 1 sala, 1 comedor, cocina, 1 baño y 1 patio de ropas     |
| Oficina  | Proyecto empresarial, que consta de 1 solo nivel. | Vélez Santander | 77                     | 2 oficinas, 1 sala de espera, 1 patio, 1 cocineta y 1 baño          |
| Local    | Proyecto comercial, que consta de 1 solo nivel.   | Vélez Santander | 77                     | 1 Oficina, 1 patio, 1 zona de vitrinas, 1 cocineta y 1 baño         |
| Bodega   | Proyecto comercial, que consta de 1 solo nivel.   | Vélez Santander | 77                     | 1 Oficina, 1 patio, 1 cuarto de almacenamiento, 1 cocineta y 1 baño |

Fuente propia.

#### 4.4.1. Microsoft Project – cronogramas en modelo VIS (tiempos 4D)

- VIVIENDA (Modelo VIS)

**Imagen 97.** Cronograma de la vivienda por el modelo VIS.

| Nombre de tarea   | Duración       | Comienzo            | Fin                 | Predecesoras     |
|---|----------------|---------------------|---------------------|------------------|
| <b>▲ PRESUPUESTO VIVIENDA DE 81 M2 (1 PLANTA) EN EL MUNICIPIO DE VÉLEZ SANTANDER.</b> | <b>56 días</b> | <b>lun 6/07/20</b>  | <b>sáb 5/09/20</b>  |                  |
| <b>▲ COSTOS DIRECTOS</b>  | <b>56 días</b> | <b>lun 6/07/20</b>  | <b>sáb 5/09/20</b>  |                  |
| <b>▲ PRELIMINARES</b>   | <b>4 días</b>  | <b>lun 6/07/20</b>  | <b>jue 9/07/20</b>  |                  |
| Descapote Mecánico e. 20 incluye cargue y retiro                                      | 2 días         | mar 7/07/20         | jue 9/07/20         | 8FC-9 días       |
| Cerca en tela verde h: 2.10   | 1 día          | lun 6/07/20         | lun 6/07/20         |                  |
| Redes provisionales   | 1 día          | mar 7/07/20         | mié 8/07/20         | 4CC              |
| <b>▲ LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO</b>   | <b>10 días</b> | <b>lun 6/07/20</b>  | <b>vie 17/07/20</b> |                  |
| Localización y replanteo de cimientos con elementos de pre                            | 10 días        | lun 6/07/20         | vie 17/07/20        | 5                |
| <b>▲ CIMENTACIÓN</b>  | <b>13 días</b> | <b>mié 8/07/20</b>  | <b>jue 23/07/20</b> |                  |
| Excavación Manual de 0 m a 2m   | 4 días         | mié 8/07/20         | lun 13/07/20        | 8FC-8 días       |
| Mejoramiento de la sub-rasante con B-200  | 3 días         | vie 10/07/20        | mar 14/07/20        | 10FC-2 días      |
| Base en concreto pobre 1500 psi (e=0,10m)   | 2 días         | jue 9/07/20         | sáb 11/07/20        | 10FC-3 días      |
| Zapata en concreto de 3500 psi  | 6 días         | lun 13/07/20        | lun 20/07/20        | 15FC-4 días      |
| Viga en concreto de 3500 psi  | 5 días         | vie 17/07/20        | jue 23/07/20        | 13FC-2 días      |
| Acero de refuerzo de 60000 psi Zapatas y Vigas  | 6 días         | vie 10/07/20        | vie 17/07/20        | 12FC-1 día       |
| <b>▲ ESTRUCTURAS EN CONCRETO</b>  | <b>16 días</b> | <b>mié 22/07/20</b> | <b>sáb 8/08/20</b>  |                  |
| Columna en concreto de 3500 psi   | 8 días         | lun 27/07/20        | mar 4/08/20         | 20FC-9 días      |
| Viga aérea en concreto de 3500 psi  | 5 días         | lun 3/08/20         | sáb 8/08/20         | 17FC-2 días;20FC |
| Placa de piso concreto de 3500 psi (e=20cm) reforzada                                 | 2 días         | mié 22/07/20        | jue 23/07/20        | 14FC-1 día;30    |
| Acero de refuerzo de 60000 psi Columnas y Vigas                                       | 12 días        | jue 23/07/20        | mié 5/08/20         | 19FC-1 día       |
| <b>▲ REDES DE SUMINISTRO</b>  | <b>12 días</b> | <b>mar 14/07/20</b> | <b>mar 28/07/20</b> |                  |
| Red Suministro PVC 1" y 1/2" + ACCESORIOS   | 8 días         | mar 14/07/20        | jue 23/07/20        | 11               |
| Punto hidráulico de 1/2"  | 3 días         | jue 23/07/20        | lun 27/07/20        | 22               |
| Pruebas de presión  | 1 día          | lun 27/07/20        | mar 28/07/20        | 23               |
| <b>▲ REDES DE EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES</b>                                      | <b>11 días</b> | <b>mié 8/07/20</b>  | <b>mar 21/07/20</b> |                  |
| Excavación Manual de 0 m a 2m   | 4 días         | mié 8/07/20         | lun 13/07/20        | 10CC             |
| Relleno en Recebo B-200 Compactado Mecánicamente                                      | 3 días         | mié 15/07/20        | sáb 18/07/20        | 28FC-1 día       |
| Red sanitaria PVC-S Ø=2" y Ø=4"   | 4 días         | sáb 11/07/20        | jue 16/07/20        | 26FC-1 día       |
| Construcción de cajas de inspección de 80x80x100cm en c                               | 4 días         | mié 15/07/20        | lun 20/07/20        | 28FC-1 día       |
| Pruebas de estanqueidad   | 1 día          | lun 20/07/20        | mar 21/07/20        | 29               |
| <b>▲ INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>   | <b>6 días</b>  | <b>mié 19/08/20</b> | <b>mar 25/08/20</b> |                  |
| Cableado eléctrico + Salidas + Toma - Corrientes                                      | 6 días         | mié 19/08/20        | mar 25/08/20        | 35               |
| Tubería Conduit + Accesorios  | 6 días         | mié 19/08/20        | mar 25/08/20        | 32CC             |
| <b>▲ MAMPOSTERÍA</b>  | <b>18 días</b> | <b>lun 3/08/20</b>  | <b>vie 21/08/20</b> |                  |
| Muro en Bloque N.º 5 E=0.12 M   | 15 días        | lun 3/08/20         | mié 19/08/20        | 17FC-2 días      |
| Mesón en concreto 2.500 psi e.;10 (Incluye Refuerzo)                                  | 5 días         | lun 17/08/20        | vie 21/08/20        | 35FC-2 días      |
| Dinteles en concreto 2.500 PSI .15x.20  | 4 días         | mar 11/08/20        | vie 14/08/20        | 35FC-50%         |

|   |                  |                     |                     |             |
|---|------------------|---------------------|---------------------|-------------|
| <b>PAÑETES, REVOQUES Y REPELLOS</b>   | <b>12,5 días</b> | <b>mar 11/08/20</b> | <b>mar 25/08/20</b> |             |
| Filos y Dilataciones muro   | 6 días           | mar 11/08/20        | lun 17/08/20        | 40CC        |
| Pañete Liso Muros 1:4, E=1.5 CM   | 6 días           | mar 11/08/20        | lun 17/08/20        | 35FC-50%    |
| Mesón en mármol color oscuro pulido con soportes metálicos incluye salpicaderos.        | 2 días           | vie 21/08/20        | mar 25/08/20        | 36          |
| <b>BASES, PISOS Y ENCHAPES</b>  | <b>22 días</b>   | <b>sáb 8/08/20</b>  | <b>mié 2/09/20</b>  |             |
| Alistado de piso en Mortero 1:3 E = 0.04  | 12 días          | sáb 8/08/20         | vie 21/08/20        | 19;18       |
| Cerámica piso Trafico 5 + Cerámica pared primera cálida + Guarda escobas                | 10 días          | vie 21/08/20        | mié 2/09/20         | 35;43       |
| <b>PINTURA</b>  | <b>16 días</b>   | <b>mié 19/08/20</b> | <b>sáb 5/09/20</b>  |             |
| Impermeabilización fachada en Sika transparente o similar                               | 4 días           | mié 19/08/20        | lun 24/08/20        | 35          |
| Pintura epoxica alta resistencia con catalizador (Cocina-Baños) + Estuco vinilo 3 manos | 8 días           | jue 27/08/20        | sáb 5/09/20         | 49          |
| <b>CUBIERTAS Y CIELO RASOS</b>  | <b>18 días</b>   | <b>lun 17/08/20</b> | <b>sáb 5/09/20</b>  |             |
| Teja tipo Eternit + Caballete (Con estructura)  | 10 días          | lun 17/08/20        | jue 27/08/20        | 35FC-2 días |
| Cielo Raso Drywall (incluye pintura)  | 8 días           | jue 27/08/20        | sáb 5/09/20         | 49          |
| <b>CARPINTERÍA METÁLICA</b>   | <b>6 días</b>    | <b>mié 26/08/20</b> | <b>mié 2/09/20</b>  |             |
| Marcos y Puertas en aluminio  | 6 días           | mié 26/08/20        | mié 2/09/20         | 49FC-1 día  |
| Ventana en aluminio con basculante  | 6 días           | mié 26/08/20        | mié 2/09/20         | 52CC        |
| <b>CARPINTERÍA DE MADERA</b>  | <b>6 días</b>    | <b>mié 26/08/20</b> | <b>mié 2/09/20</b>  |             |
| Hoja Puerta entamborada Triplex-tablex Baños administrativ                              | 6 días           | mié 26/08/20        | mié 2/09/20         | 53CC        |
| <b>APARATOS Y EQUIPOS SANITARIOS</b>  | <b>6 días</b>    | <b>mié 26/08/20</b> | <b>mié 2/09/20</b>  |             |
| Suministro e Instalación Aparatos Sanitarios (Incluye Griferia                          | 6 días           | mié 26/08/20        | mié 2/09/20         | 55CC        |

Fuente propia.

- Duración total del proyecto (Días) = **56 días**
- Duración de la mampostería = **18 días.**
- OFICINA (Modelo VIS)

**Imagen 98.** Cronograma de la oficina por el modelo VIS.

| Nombre de tarea  | Duració        | Comienzo           | Fin                 | Predecesoras |
|--|----------------|--------------------|---------------------|--------------|
| <b>PRESUPUESTO OFICINA DE 81 M2 (1 PLANTA) EN EL MUNICIPIO DE VÉLEZ SANTANDER.</b> | <b>64 días</b> | <b>lun 6/07/20</b> | <b>mar 15/09/20</b> |              |
| <b>COSTOS DIRECTOS</b>   | <b>64 días</b> | <b>lun 6/07/20</b> | <b>mar 15/09/20</b> |              |
| <b>PRELIMINARES</b>  | <b>4 días</b>  | <b>lun 6/07/20</b> | <b>jue 9/07/20</b>  |              |
| Descapote Mecánico e. 20 incluye cargue y retiro                                   | 2 días         | mar 7/07/20        | jue 9/07/20         | 8FC-9 días   |
| Cerca en tela verde h: 2.10  | 1 día          | lun 6/07/20        | lun 6/07/20         |              |
| Redes provisionales  | 1 día          | mar 7/07/20        | mié 8/07/20         | 4CC          |
| <b>LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO</b>  | <b>10 días</b> | <b>lun 6/07/20</b> | <b>vie 17/07/20</b> |              |
| Localización y replanteo de cimientos con elementos de pre                         | 10 días        | lun 6/07/20        | vie 17/07/20        | 5            |
| <b>CIMENTACIÓN</b>   | <b>13 días</b> | <b>mié 8/07/20</b> | <b>jue 23/07/20</b> |              |
| Excavación Manual de 0 m a 2m  | 4 días         | mié 8/07/20        | lun 13/07/20        | 8FC-8 días   |

|   |                  |                     |                     |                  |
|---|------------------|---------------------|---------------------|------------------|
| Mejoramiento de la sub-rasante con B-200  | 3 días           | vie 10/07/20        | mar 14/07/20        | 10FC-2 días      |
| Base en concreto pobre 1500 psi (e=0,10m)   | 2 días           | jue 9/07/20         | sáb 11/07/20        | 10FC-3 días      |
| Zapata en concreto de 3500 psi  | 6 días           | lun 13/07/20        | lun 20/07/20        | 15FC-4 días      |
| Viga en concreto de 3500 psi  | 5 días           | vie 17/07/20        | jue 23/07/20        | 13FC-2 días      |
| Acero de refuerzo de 60000 psi Zapatas y Vigas  | 6 días           | vie 10/07/20        | vie 17/07/20        | 12FC-1 día       |
| <b>▸ ESTRUCTURAS EN CONCRETO</b>  | <b>16 días</b>   | <b>vie 24/07/20</b> | <b>mar 11/08/20</b> |                  |
| Columna en concreto de 3500 psi   | 8 días           | mié 29/07/20        | jue 6/08/20         | 20FC-9 días      |
| Viga aérea en concreto de 3500 psi  | 5 días           | mié 5/08/20         | mar 11/08/20        | 17FC-2 días;20FC |
| Placa de piso concreto de 3500 psi (e=20cm) reforzada                                   | 2 días           | vie 24/07/20        | lun 27/07/20        | 14FC-1 día;30    |
| Acero de refuerzo de 60000 psi Columnas y Vigas   | 12 días          | vie 24/07/20        | vie 7/08/20         | 19FC-1 día       |
| <b>▸ REDES DE SUMINISTRO</b>  | <b>15 días</b>   | <b>mar 14/07/20</b> | <b>jue 30/07/20</b> |                  |
| Red Suministro PVC 1" y 1/2" + ACCESORIOS   | 10 días          | mar 14/07/20        | vie 24/07/20        | 11               |
| Punto hidráulico de 1/2"  | 4 días           | vie 24/07/20        | mié 29/07/20        | 22               |
| Pruebas de presión  | 1 día            | mié 29/07/20        | jue 30/07/20        | 23               |
| <b>▸ REDES DE EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES</b>  | <b>14 días</b>   | <b>mié 8/07/20</b>  | <b>jue 23/07/20</b> |                  |
| Excavación Manual de 0 m a 2m   | 5 días           | mié 8/07/20         | mar 14/07/20        | 10CC             |
| Relleno en Recebo B-200 Compactado Mecánicamente  | 4 días           | vie 17/07/20        | mié 22/07/20        | 28FC-1 día       |
| Red sanitaria PVC-S Ø=2" y Ø=4"   | 5 días           | lun 13/07/20        | sáb 18/07/20        | 26FC-1 día       |
| Construcción de cajas de inspección de 80x80x100cm en c                                 | 5 días           | vie 17/07/20        | jue 23/07/20        | 28FC-1 día       |
| Pruebas de estanqueidad   | 1 día            | jue 23/07/20        | jue 23/07/20        | 29               |
| <b>▸ INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>   | <b>8 días</b>    | <b>lun 24/08/20</b> | <b>mar 1/09/20</b>  |                  |
| Cableado eléctrico + Salidas + Toma - Corrientes  | 8 días           | lun 24/08/20        | mar 1/09/20         | 35               |
| Tubería Conduit + Accesorios  | 8 días           | lun 24/08/20        | mar 1/09/20         | 32CC             |
| <b>▸ MAMPOSTERÍA</b>  | <b>21 días</b>   | <b>mar 4/08/20</b>  | <b>jue 27/08/20</b> |                  |
| Muro en Bloque N.º 5 E=0.12 M   | 17 días          | mar 4/08/20         | lun 24/08/20        | 17FC-2 días      |
| Mesón en concreto 2.500 psi e.,10 (Incluye Refuerzo)                                    | 6 días           | vie 21/08/20        | jue 27/08/20        | 35FC-2 días      |
| Dinteles en concreto 2.500 PSI .15x.20  | 4 días           | jue 13/08/20        | mar 18/08/20        | 35FC-50%         |
| <b>▸ PAÑETES, REVOQUES Y REPELLOS</b>   | <b>14,5 días</b> | <b>jue 13/08/20</b> | <b>sáb 29/08/20</b> |                  |
| Filos y Dilataciones muro   | 6 días           | jue 13/08/20        | jue 20/08/20        | 40CC             |
| Pañete Liso Muros 1:4, E=1.5 CM   | 6 días           | jue 13/08/20        | jue 20/08/20        | 35FC-50%         |
| Mesón en mármol color oscuro pulido con soportes metálicos incluye salpicaderos.        | 2 días           | jue 27/08/20        | sáb 29/08/20        | 36               |
| <b>▸ BASES, PISOS Y ENCHAPES</b>  | <b>22 días</b>   | <b>mar 11/08/20</b> | <b>vie 4/09/20</b>  |                  |
| Alistado de piso en Mortero 1:3 E = 0.04  | 12 días          | mar 11/08/20        | mar 25/08/20        | 19;18            |
| Cerámica piso Trafico 5 + Cerámica pared primera cálida + Guarda escobas                | 10 días          | mar 25/08/20        | vie 4/09/20         | 35;43            |
| <b>▸ PINTURA</b>  | <b>16 días</b>   | <b>lun 24/08/20</b> | <b>jue 10/09/20</b> |                  |
| Impermeabilización fachada en Sika transparente o similar                               | 4 días           | lun 24/08/20        | jue 27/08/20        | 35               |
| Pintura epoxica alta resistencia con catalizador (Cocina-Baños) + Estuco vinilo 3 manos | 8 días           | mar 1/09/20         | jue 10/09/20        | 49               |
| <b>▸ CUBIERTAS Y CIELO RASOS</b>  | <b>18 días</b>   | <b>vie 21/08/20</b> | <b>jue 10/09/20</b> |                  |
| Teja tipo Eternit + Caballete (Con estructura)  | 10 días          | vie 21/08/20        | mar 1/09/20         | 35FC-2 días      |
| Cielo Raso Drywall (incluye pintura)  | 8 días           | mar 1/09/20         | jue 10/09/20        | 49               |

|  |                |                     |                     |            |
|--|----------------|---------------------|---------------------|------------|
| <b>▸ CARPINTERÍA METÁLICA</b>                                  | <b>10 días</b> | <b>lun 31/08/20</b> | <b>vie 11/09/20</b> |            |
| Marcos y Puertas en aluminio                                   | 10 días        | lun 31/08/20        | vie 11/09/20        | 49FC-1 día |
| Ventana en aluminio con basculante                             | 6 días         | lun 31/08/20        | lun 7/09/20         | 52CC       |
| <b>▸ CARPINTERÍA DE MADERA</b>                                 | <b>8 días</b>  | <b>lun 31/08/20</b> | <b>mié 9/09/20</b>  |            |
| Hoja Puerta entamborada Triplex-tablex Baños administrativ     | 8 días         | lun 31/08/20        | mié 9/09/20         | 53CC       |
| <b>▸ APARATOS Y EQUIPOS SANITARIOS</b>                         | <b>10 días</b> | <b>lun 31/08/20</b> | <b>vie 11/09/20</b> |            |
| Suministro e Instalación Aparatos Sanitarios (Incluye Griferia | 10 días        | lun 31/08/20        | vie 11/09/20        | 55CC       |
| <b>▸ AMOBLADO</b>  | <b>4 días</b>  | <b>jue 10/09/20</b> | <b>mar 15/09/20</b> |            |
| AMOBLADO PARA OFICINAS   | 4 días         | jue 10/09/20        | mar 15/09/20        | 47         |

Fuente propia.

- Duración total del proyecto (Días) = **64 días**
- Duración de la mampostería = **21 días.**
- LOCAL (Modelo VIS)

**Imagen 99.** Cronograma de la local por el modelo VIS.

| Nombre de tarea  | Duració        | Comienzo            | Fin                 | Predecesoras     |
|--|----------------|---------------------|---------------------|------------------|
| <b>▸ PRESUPUESTO LOCAL DE 81 M2 (1 PLANTA) EN EL MUNICIPIO DE VÉLEZ SANTANDER.</b> | <b>64 días</b> | <b>lun 6/07/20</b>  | <b>mar 15/09/20</b> |                  |
| <b>▸ COSTOS DIRECTOS</b>   | <b>64 días</b> | <b>lun 6/07/20</b>  | <b>mar 15/09/20</b> |                  |
| <b>▸ PRELIMINARES</b>  | <b>4 días</b>  | <b>lun 6/07/20</b>  | <b>jue 9/07/20</b>  |                  |
| Descapote Mecánico e. 20 incluye cargue y retiro                                   | 2 días         | mar 7/07/20         | jue 9/07/20         | 8FC-9 días       |
| Cerca en tela verde h: 2.10  | 1 día          | lun 6/07/20         | lun 6/07/20         |                  |
| Redes provisionales  | 1 día          | mar 7/07/20         | mié 8/07/20         | 4CC              |
| <b>▸ LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO</b>  | <b>10 días</b> | <b>lun 6/07/20</b>  | <b>vie 17/07/20</b> |                  |
| Localización y replanteo de cimientos con elementos de precisi                     | 10 días        | lun 6/07/20         | vie 17/07/20        | 5                |
| <b>▸ CIMENTACIÓN</b>   | <b>13 días</b> | <b>mié 8/07/20</b>  | <b>jue 23/07/20</b> |                  |
| Excavación Manual de 0 m a 2m  | 4 días         | mié 8/07/20         | lun 13/07/20        | 8FC-8 días       |
| Mejoramiento de la subrasante con B-200  | 3 días         | vie 10/07/20        | mar 14/07/20        | 10FC-2 días      |
| Base en concreto pobre 1500 psi (e=0,10m)  | 2 días         | jue 9/07/20         | sáb 11/07/20        | 10FC-3 días      |
| Zapata en concreto de 3500 psi   | 6 días         | lun 13/07/20        | lun 20/07/20        | 15FC-4 días      |
| Viga en concreto de 3500 psi   | 5 días         | vie 17/07/20        | jue 23/07/20        | 13FC-2 días      |
| Acero de refuerzo de 60000 psi Zapatas y Vigas                                     | 6 días         | vie 10/07/20        | vie 17/07/20        | 12FC-1 día       |
| <b>▸ ESTRUCTURAS EN CONCRETO</b>   | <b>16 días</b> | <b>vie 24/07/20</b> | <b>mar 11/08/20</b> |                  |
| Columna en concreto de 3500 psi  | 8 días         | mié 29/07/20        | jue 6/08/20         | 20FC-9 días      |
| Viga aérea en concreto de 3500 psi   | 5 días         | mié 5/08/20         | mar 11/08/20        | 17FC-2 días;20FC |
| Placa de piso concreto de 3500 psi (e=20cm) reforzada                              | 2 días         | vie 24/07/20        | lun 27/07/20        | 14FC-1 día;30    |
| Acero de refuerzo de 60000 psi Columnas y Vigas                                    | 12 días        | vie 24/07/20        | vie 7/08/20         | 19FC-1 día       |
| <b>▸ REDES DE SUMINISTRO</b>   | <b>15 días</b> | <b>mar 14/07/20</b> | <b>iue 30/07/20</b> |                  |

|   |                |                     |                     |             |
|---|----------------|---------------------|---------------------|-------------|
| Red Suministro PVC 1" y 1/2" + ACCESORIOS   | 10 días        | mar 14/07/20        | vie 24/07/20        | 11          |
| Punto hidráulico de 1/2"  | 4 días         | vie 24/07/20        | mié 29/07/20        | 22          |
| Pruebas de presión  | 1 día          | mié 29/07/20        | jue 30/07/20        | 23          |
| <b>▣ REDES DE EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES</b>  | <b>14 días</b> | <b>mié 8/07/20</b>  | <b>jue 23/07/20</b> |             |
| Excavación Manual de 0 m a 2m   | 5 días         | mié 8/07/20         | mar 14/07/20        | 10CC        |
| Relleno en Recebo B-200 Compactado Mecánicamente  | 4 días         | vie 17/07/20        | mié 22/07/20        | 28FC-1 día  |
| Red sanitaria PVC-S Ø=2" y Ø=4"   | 5 días         | lun 13/07/20        | sáb 18/07/20        | 26FC-1 día  |
| Construcción de cajas de inspección de 80x80x100cm en conc                              | 5 días         | vie 17/07/20        | jue 23/07/20        | 28FC-1 día  |
| Pruebas de estanqueidad   | 1 día          | jue 23/07/20        | jue 23/07/20        | 29          |
| <b>▣ RED CONTRA INCENDIO</b>  | <b>12 días</b> | <b>lun 31/08/20</b> | <b>lun 14/09/20</b> |             |
| Tubería Acero Negro Roscada 1" SCH 40 (Incluye accesorios y                             | 8 días         | lun 31/08/20        | mié 9/09/20         | 33CC        |
| Tubería Acero Negro Ranurada 2" SCH 40 (Incluye accesorios y                            | 5 días         | lun 31/08/20        | sáb 5/09/20         | 55FC-4 días |
| Rociador Automático 1/2" K=5.6 Pendiente UL-FM  | 2 días         | mié 9/09/20         | vie 11/09/20        | 32          |
| Gabinete tipo II  | 4 días         | mié 9/09/20         | lun 14/09/20        | 32          |
| Siamesa Inyección 4" X 2 1/2" X 2 1/2"  | 2 días         | mié 9/09/20         | vie 11/09/20        | 32          |
| <b>▣ AIRE ACONDICIONADO</b>   | <b>9 días</b>  | <b>vie 4/09/20</b>  | <b>mar 15/09/20</b> |             |
| Mini Split  | 1 día          | lun 14/09/20        | mar 15/09/20        | 41FC-1 día  |
| Potencia  | 4 días         | vie 4/09/20         | mié 9/09/20         | 55          |
| Gas refrigerante  | 1 día          | lun 14/09/20        | mar 15/09/20        | 41FC-1 día  |
| Equipos + cableado  | 9 días         | vie 4/09/20         | mar 15/09/20        | 39CC        |
| <b>▣ INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>   | <b>6 días</b>  | <b>vie 21/08/20</b> | <b>vie 28/08/20</b> |             |
| Cableado eléctrico + Salidas + Toma - Corrientes  | 6 días         | vie 21/08/20        | vie 28/08/20        | 46          |
| Tubería Conduit + Accesorios  | 6 días         | vie 21/08/20        | vie 28/08/20        | 43CC        |
| <b>▣ MAMPOSTERÍA</b>  | <b>19 días</b> | <b>mar 4/08/20</b>  | <b>mar 25/08/20</b> |             |
| Muro en Bloque N.º 5 E=0.12 M   | 16 días        | mar 4/08/20         | vie 21/08/20        | 17FC-2 días |
| Mesón en concreto 2.500 psi e.; 10 (Incluye Refuerzo)                                   | 5 días         | jue 20/08/20        | mar 25/08/20        | 46FC-2 días |
| Dinteles en concreto 2.500 PSI .15x.20  | 4 días         | jue 13/08/20        | mar 18/08/20        | 46FC-50%    |
| <b>▣ PAÑETES, REVOQUES Y REPELLOS</b>   | <b>13 días</b> | <b>jue 13/08/20</b> | <b>jue 27/08/20</b> |             |
| Filos y Dilataciones muro   | 5 días         | jue 13/08/20        | mié 19/08/20        | 51CC        |
| Pañete Liso Muros 1:4, E=1.5 CM   | 5 días         | jue 13/08/20        | mié 19/08/20        | 46FC-50%    |
| Mesón en mármol color oscuro pulido con soportes metálicos incluye salpicaderos.        | 2 días         | mié 26/08/20        | jue 27/08/20        | 47          |
| <b>▣ BASES, PISOS Y ENCHAPES</b>  | <b>22 días</b> | <b>mar 11/08/20</b> | <b>vie 4/09/20</b>  |             |
| Alistado de piso en Mortero 1:3 E = 0.04  | 12 días        | mar 11/08/20        | mar 25/08/20        | 19;18       |
| Cerámica piso Trafico 5 + Cerámica pared primera cálida + Guarda escobas                | 10 días        | mar 25/08/20        | vie 4/09/20         | 46;54       |
| <b>▣ PINTURA</b>  | <b>21 días</b> | <b>vie 21/08/20</b> | <b>mar 15/09/20</b> |             |
| Impermeabilización fachada en Sika transparente o similar                               | 4 días         | vie 21/08/20        | mié 26/08/20        | 46          |
| Pintura epoxica alta resistencia con catalizador (Cocina-Baños) + Estuco vinilo 3 manos | 11 días        | mié 2/09/20         | mar 15/09/20        | 60          |
| <b>▣ CUBIERTAS Y CIELO RASOS</b>  | <b>23 días</b> | <b>jue 20/08/20</b> | <b>mar 15/09/20</b> |             |
| Teja tipo Eternit + Caballete (Con estructura)  | 12 días        | jue 20/08/20        | mié 2/09/20         | 46FC-2 días |
| Cielo Raso Drywall (incluye pintura)  | 11 días        | mié 2/09/20         | mar 15/09/20        | 60          |
| <b>▣ CARPINTERÍA METÁLICA</b>   | <b>10 días</b> | <b>mar 1/09/20</b>  | <b>sáb 12/09/20</b> |             |
| Marcos y Puertas en aluminio  | 10 días        | mar 1/09/20         | sáb 12/09/20        | 60FC-1 día  |

|   |                |                    |                     |      |
|---|----------------|--------------------|---------------------|------|
| Ventana en aluminio con basculante                              | 10 días        | mar 1/09/20        | sáb 12/09/20        | 63CC |
| <b>▸ CARPINTERÍA DE MADERA</b>                                  | <b>4 días</b>  | <b>mar 1/09/20</b> | <b>sáb 5/09/20</b>  |      |
| Hoja Puerta entamborada Triplex-tablex Baños administrativos    | 4 días         | mar 1/09/20        | sáb 5/09/20         | 64CC |
| <b>▸ APARATOS Y EQUIPOS SANITARIOS</b>                          | <b>10 días</b> | <b>mar 1/09/20</b> | <b>sáb 12/09/20</b> |      |
| Suministro e Instalación Aparatos Sanitarios (Incluye Grifería) | 10 días        | mar 1/09/20        | sáb 12/09/20        | 66CC |

Fuente propia.

- Duración total del proyecto (Días) = **64 días**
- Duración de la mampostería = **19 días.**
- Bodega (Modelo VIS)

**Imagen 100.** Cronograma del bodega por el modelo VIS.

| Nombre de tarea   | Duració        | Comienzo            | Fin                 | Predecesoras     |
|---|----------------|---------------------|---------------------|------------------|
| <b>▸ PRESUPUESTO BODEGA DE 81 M2 (1 PLANTA) EN EL MUNICIPIO DE VÉLEZ SANTANDER.</b> | <b>64 días</b> | <b>lun 6/07/20</b>  | <b>mar 15/09/20</b> |                  |
| <b>▸ COSTOS DIRECTOS</b>  | <b>64 días</b> | <b>lun 6/07/20</b>  | <b>mar 15/09/20</b> |                  |
| <b>▸ PRELIMINARES</b>   | <b>4 días</b>  | <b>lun 6/07/20</b>  | <b>jue 9/07/20</b>  |                  |
| Descapote Mecánico e. 20 incluye cargue y retiro                                    | 2 días         | mar 7/07/20         | jue 9/07/20         | 8FC-9 días       |
| Cerca en tela verde h: 2.10   | 1 día          | lun 6/07/20         | lun 6/07/20         |                  |
| Redes provisionales   | 1 día          | mar 7/07/20         | mié 8/07/20         | 4CC              |
| <b>▸ LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO</b>   | <b>10 días</b> | <b>lun 6/07/20</b>  | <b>vie 17/07/20</b> |                  |
| Localización y replanteo de cimientos con elementos de pre                          | 10 días        | lun 6/07/20         | vie 17/07/20        | 5                |
| <b>▸ CIMENTACIÓN</b>  | <b>13 días</b> | <b>mié 8/07/20</b>  | <b>jue 23/07/20</b> |                  |
| Excavación Manual de 0 m a 2m   | 4 días         | mié 8/07/20         | lun 13/07/20        | 8FC-8 días       |
| Mejoramiento de la sub-rasante con B-200  | 3 días         | vie 10/07/20        | mar 14/07/20        | 10FC-2 días      |
| Base en concreto pobre 1500 psi (e=0,10m)   | 2 días         | jue 9/07/20         | sáb 11/07/20        | 10FC-3 días      |
| Zapata en concreto de 3500 psi  | 6 días         | lun 13/07/20        | lun 20/07/20        | 15FC-4 días      |
| Viga en concreto de 3500 psi  | 5 días         | vie 17/07/20        | jue 23/07/20        | 13FC-2 días      |
| Acero de refuerzo de 60000 psi Zapatas y Vigas                                      | 6 días         | vie 10/07/20        | vie 17/07/20        | 12FC-1 día       |
| <b>▸ ESTRUCTURAS EN CONCRETO</b>  | <b>16 días</b> | <b>vie 24/07/20</b> | <b>mar 11/08/20</b> |                  |
| Columna en concreto de 3500 psi   | 8 días         | mié 29/07/20        | jue 6/08/20         | 20FC-9 días      |
| Viga aérea en concreto de 3500 psi  | 5 días         | mié 5/08/20         | mar 11/08/20        | 17FC-2 días;20FC |
| Placa de piso concreto de 3500 psi (e=20cm) reforzada                               | 2 días         | vie 24/07/20        | lun 27/07/20        | 14FC-1 día;30    |
| Acero de refuerzo de 60000 psi Columnas y Vigas                                     | 12 días        | vie 24/07/20        | vie 7/08/20         | 19FC-1 día       |
| <b>▸ REDES DE SUMINISTRO</b>  | <b>13 días</b> | <b>mar 14/07/20</b> | <b>mar 28/07/20</b> |                  |
| Red Suministro PVC 1" y 1/2" + ACCESORIOS   | 8 días         | mar 14/07/20        | jue 23/07/20        | 11               |
| Punto hidráulico de 1/2"  | 4 días         | jue 23/07/20        | mar 28/07/20        | 22               |
| Pruebas de presión  | 1 día          | mar 28/07/20        | mar 28/07/20        | 23               |
| <b>▸ REDES DE EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES</b>                                    | <b>14 días</b> | <b>mié 8/07/20</b>  | <b>jue 23/07/20</b> |                  |
| Excavación Manual de 0 m a 2m   | 5 días         | mié 8/07/20         | mar 14/07/20        | 10CC             |
| Relleno en Recebo B-200 Compactado Mecánicamente                                    | 4 días         | vie 17/07/20        | mié 22/07/20        | 28FC-1 día       |
| Red sanitaria PVC-S Ø=2" y Ø=4"   | 5 días         | lun 13/07/20        | sáb 18/07/20        | 26FC-1 día       |

|   |                |                     |                     |             |
|---|----------------|---------------------|---------------------|-------------|
| Construcción de cajas de inspección de 80x80x100cm en                                   | 5 días         | vie 17/07/20        | jue 23/07/20        | 28FC-1 día  |
| Pruebas de estanqueidad   | 1 día          | jue 23/07/20        | jue 23/07/20        | 29          |
| <b>▣ RED CONTRA INCENDIO</b>  | <b>12 días</b> | <b>lun 31/08/20</b> | <b>lun 14/09/20</b> |             |
| Tubería Acero Negro Roscada 1" SCH 40 (Incluye accesorios y soportes)                   | 8 días         | lun 31/08/20        | mié 9/09/20         | 33CC        |
| Tubería Acero Negro Ranurada 2" SCH 40 (Incluye accesorios y soportes)                  | 5 días         | lun 31/08/20        | sáb 5/09/20         | 55FC-4 días |
| Rociador Automático 1/2" K=5.6 Pendiente UL-FM  | 2 días         | mié 9/09/20         | vie 11/09/20        | 32          |
| Gabinete tipo II  | 4 días         | mié 9/09/20         | lun 14/09/20        | 32          |
| Siamesa Inyección 4" X 2 1/2" X 2 1/2"  | 2 días         | mié 9/09/20         | vie 11/09/20        | 32          |
| <b>▣ AIRE ACONDICIONADO</b>   | <b>9 días</b>  | <b>vie 4/09/20</b>  | <b>mar 15/09/20</b> |             |
| Mini Split  | 1 día          | lun 14/09/20        | mar 15/09/20        | 41FC-1 día  |
| Potencia  | 4 días         | vie 4/09/20         | mié 9/09/20         | 55          |
| Gas refrigerante  | 1 día          | lun 14/09/20        | mar 15/09/20        | 41FC-1 día  |
| Equipos + cableado  | 9 días         | vie 4/09/20         | mar 15/09/20        | 39CC        |
| <b>▣ INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>   | <b>5 días</b>  | <b>vie 21/08/20</b> | <b>jue 27/08/20</b> |             |
| Cableado eléctrico + Salidas + Toma - Corrientes  | 5 días         | vie 21/08/20        | jue 27/08/20        | 46          |
| Tubería Conduit + Accesorios  | 5 días         | vie 21/08/20        | jue 27/08/20        | 43CC        |
| <b>▣ MAMPOSTERÍA</b>  | <b>19 días</b> | <b>mar 4/08/20</b>  | <b>mar 25/08/20</b> |             |
| Muro en Bloque N.º 5 E=0.12 M   | 16 días        | mar 4/08/20         | vie 21/08/20        | 17FC-2 días |
| Mesón en concreto 2.500 psi e.; 10 (Incluye Refuerzo)                                   | 5 días         | jue 20/08/20        | mar 25/08/20        | 46FC-2 días |
| Dinteles en concreto 2.500 PSI . 15x.20   | 4 días         | jue 13/08/20        | mar 18/08/20        | 46FC-50%    |
| <b>▣ PAÑETES, REVOQUES Y REPELLOS</b>   | <b>13 días</b> | <b>jue 13/08/20</b> | <b>jue 27/08/20</b> |             |
| Filos y Dilataciones muro   | 5 días         | jue 13/08/20        | mié 19/08/20        | 51CC        |
| Pañete Liso Muros 1:4, E=1.5 CM   | 5 días         | jue 13/08/20        | mié 19/08/20        | 46FC-50%    |
| Mesón en mármol color oscuro pulido con soportes metálicos incluye salpicaderos.        | 2 días         | mié 26/08/20        | jue 27/08/20        | 47          |
| <b>▣ BASES, PISOS Y ENCHAPES</b>  | <b>22 días</b> | <b>mar 11/08/20</b> | <b>vie 4/09/20</b>  |             |
| Alistado de piso en Mortero 1:3 E = 0.04  | 12 días        | mar 11/08/20        | mar 25/08/20        | 19;18       |
| Cerámica piso Trafico 5 + Cerámica pared primera cálida + Guarda escobas                | 10 días        | mar 25/08/20        | vie 4/09/20         | 46;54       |
| <b>▣ PINTURA</b>  | <b>16 días</b> | <b>vie 21/08/20</b> | <b>mié 9/09/20</b>  |             |
| Impermeabilización fachada en Sika transparente o similar                               | 4 días         | vie 21/08/20        | mié 26/08/20        | 46          |
| Pintura epoxica alta resistencia con catalizador (Cocina-Baños) + Estuco vinilo 3 manos | 6 días         | mié 2/09/20         | mié 9/09/20         | 60          |
| <b>▣ CUBIERTAS Y CIELO RASOS</b>  | <b>20 días</b> | <b>jue 20/08/20</b> | <b>vie 11/09/20</b> |             |
| Teja tipo Eternit + Caballete (Con estructura)  | 12 días        | jue 20/08/20        | mié 2/09/20         | 46FC-2 días |
| Cielo Raso Drywall (incluye pintura)  | 8 días         | mié 2/09/20         | vie 11/09/20        | 60          |
| <b>▣ CARPINTERÍA METÁLICA</b>   | <b>10 días</b> | <b>mar 1/09/20</b>  | <b>sáb 12/09/20</b> |             |
| Marcos y Puertas en aluminio  | 10 días        | mar 1/09/20         | sáb 12/09/20        | 60FC-1 día  |
| Ventana en aluminio con basculante  | 8 días         | mar 1/09/20         | jue 10/09/20        | 63CC        |
| <b>▣ CARPINTERÍA DE MADERA</b>  | <b>4 días</b>  | <b>mar 1/09/20</b>  | <b>sáb 5/09/20</b>  |             |
| Hoja Puerta entamborada Triplex-tablex Baños administrati                               | 4 días         | mar 1/09/20         | sáb 5/09/20         | 64CC        |

|   |                |                    |                     |      |
|---|----------------|--------------------|---------------------|------|
| <b>▾ APARATOS Y EQUIPOS SANITARIOS</b>                          | <b>10 días</b> | <b>mar 1/09/20</b> | <b>sáb 12/09/20</b> |      |
| Suministro e Instalación Aparatos Sanitarios (Incluye Grifería) | 10 días        | mar 1/09/20        | sáb 12/09/20        | 66CC |

Fuente propia.

- Duración total del proyecto (Días) = **64 días**
- Duración de la mampostería = **19 días**.

#### 4.4.2. Presupuestos en Excel en modelo VIS (Costos 5D).

##### • VIVIENDA (Modelo VIS)

**Imagen 101.** Cronograma de actividades de la vivienda por el modelo VIS.

| <b>UNIVERSIDAD:</b>   | UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  |                  |          |  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>Vigilada Mineducación |                 |
|---|---|------------------|----------|--|-----------------|
| <b>ESTUDIANTES:</b>   | MATEUS MALAGON JEFFERSON ARMENDIS   | 551389           |          |  |                 |
|   | PAREDES ACOSTA JUAN ANDRÉS  | 551397           |          |  |                 |
| <b>TUTOR:</b>   | JUAN SEBASTIÁN VARGAS   |                  |          |  |                 |
| <b>OBJETO:</b>  | ANÁLISIS DE TIEMPOS Y COSTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE IMPRESORAS 3D PARA PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DESARROLLADOS EN COLOMBIA CON METODOLOGÍA BIM |                  |          |  |                 |
| <b>PRESUPUESTO VIVIENDA DE 77 M2 (1 PLANTA) EN EL MUNICIPIO DE VÉLEZ SANTANDER.</b> |   |                  |          |  |                 |
| ÍTEM  | DESCRIPCIÓN   | UNIDAD DE MEDIDA | CANTIDAD | V/R UNITARIO   | V/R TOTAL       |
| <b>I</b>  | <b>PRELIMINARES</b>   |                  |          |  |                 |
| 1   | Descapote Mecánico e. 20 incluye cargue y retiro  | M2               | 75.57    | \$ 1.483.00  | \$ 112.070.00   |
| 2   | Cerca en tela verde h: 2.10   | ML               | 19.29    | \$ 20.685.00   | \$ 399.014.00   |
| 3   | Redes provisionales   | UN               | 1.00     | \$ 580.236.31  | \$ 580.236.00   |
| <b>II</b>   | <b>LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO</b>   |                  |          |  |                 |
| 4   | Localización y replanteo de cimientos con elementos de precisión  | M2               | 75.57    | \$ 10.045.00   | \$ 759.101.00   |
| <b>III</b>  | <b>CIMENTACIÓN</b>  |                  |          |  |                 |
| 5   | Excavación Manual de 0 m a 2m   | M3               | 16.83    | \$ 41.632.00   | \$ 700.667.00   |
| 6   | Mejoramiento de la sub-rasante con B-200  | M3               | 22.67    | \$ 104.916.00  | \$ 2.378.446.00 |
| 7   | Base en concreto pobre 1500 psi (e=0,10m)   | M2               | 15.42    | \$ 332.377.39  | \$ 5.125.259.00 |
| 8   | Zapata en concreto de 3500 psi  | M3               | 4.10     | \$ 594.205.86  | \$ 2.436.244.00 |
| 9   | Viga en concreto de 3500 psi  | M3               | 2.97     | \$ 637.127.05  | \$ 1.892.267.00 |
| 10  | Acero de refuerzo de 60000 psi  | KG               | 848.40   | \$ 4.212.00  | \$ 3.573.461.00 |
| <b>IV</b>   | <b>ESTRUCTURAS EN CONCRETO</b>  |                  |          |  |                 |
| 11  | Columna en concreto de 3500 psi   | M3               | 1.22     | \$ 790.366.52  | \$ 964.247.00   |
| 12  | Viga aérea en concreto de 3500 psi  | M3               | 1.67     | \$ 829.051.01  | \$ 1.384.515.00 |
| 13  | Placa de piso concreto de 3500 psi (e=20cm)   | M2               | 75.57    | \$ 109.784.00  | \$ 8.296.377.00 |
| 14  | Acero para elementos estructurales  | KG               | 260.10   | \$ 4.212.00  | \$ 1.095.541.00 |
| <b>V</b>  | <b>INSTALACIONES HIDROSANITARIAS</b>  |                  |          |  |                 |
|   | <b>REDES DE SUMINISTRO</b>  |                  |          |  |                 |
| 15  | Red Suministro PVC 1" y 1/2" + ACCESORIOS   | ML               | 35.41    | \$ 16.278.70   | \$ 576.429.00   |
| 16  | Punto hidráulico de 1/2"  | UN               | 5.00     | \$ 58.655.00   | \$ 293.275.00   |
| 17  | Pruebas de presión  | UN               | 2.00     | \$ 123.063.58  | \$ 246.127.00   |
|   | <b>REDES DE EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES</b>  |                  |          |  |                 |
| 18  | Excavación Manual de 0 m a 2m   | M3               | 16.10    | \$ 41.632.00   | \$ 670.442.00   |
| 19  | Relleno en Recebo B-200 Compactado Mecánicamente  | M3               | 10.60    | \$ 104.916.00  | \$ 1.112.529.00 |
| 20  | Red sanitaria PVC-S Ø=2" y Ø=4"   | ML               | 26.51    | \$ 45.532.00   | \$ 1.207.053.00 |
| 21  | Construcción de cajas de inspección de 80x80x100cm en concreto  | UN               | 5.00     | \$ 584.661.60  | \$ 2.923.308.00 |
| 22  | Pruebas de estanqueidad   | UN               | 2.00     | \$ 78.848.25   | \$ 157.697.00   |
| <b>VI</b>   | <b>INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>   |                  |          |  |                 |
| 23  | Cableado eléctrico + Salidas + Toma - Corrientes  | GL               | 1.00     | \$ 1.532.860.00  | \$ 1.532.860.00 |
| 24  | Tubería Conduit + Accesorios  | GL               | 1.00     | \$ 633.520.00  | \$ 633.520.00   |
| <b>VII</b>  | <b>MAMPOSTERÍA</b>  |                  |          |  |                 |
| 25  | Muro en Bloque N.º 5 E=0.12 M   | M2               | 236.52   | \$ 39.488.74   | \$ 9.339.877.00 |
| 26  | Mesón en concreto 2.500 psi e.:10 (Incluye Refuerzo)  | ML               | 3.34     | \$ 89.125.94   | \$ 297.681.00   |
| 27  | Dinteles en concreto 2.500 PSI. 15x.20  | ML               | 4.00     | \$ 42.678.13   | \$ 170.713.00   |

|             |  |    |              |    |              |                       |
|-------------|--|----|--------------|----|--------------|-----------------------|
| <b>VIII</b> | <b>PAÑETES, REVOQUES Y REPELOS</b>   |    |              |    | \$           | -                     |
| 28          | Filos y Dilataciones muro  | ML | 56.76        | \$ | 6.843.93     | \$ 388.494.00         |
| 29          | Pañete Liso Muros 1:4, E=1.5 CM  | M2 | 473.04       | \$ | 17.257.39    | \$ 8.163.436.00       |
| 30          | Mesón en mármol color oscuro pulido con soportes metálicos incluye salpicaderos.         | ML | 3.34         | \$ | 569.999.97   | \$ 1.903.800.00       |
| <b>IX</b>   | <b>BASES, PISOS Y ENCHAPES</b>   |    |              |    | \$           | -                     |
| 31          | Alistado de piso en Mortero 1:3 E = 0.04   | M2 | 75.57        | \$ | 28.513.39    | \$ 2.154.757.00       |
| 32          | Cerámica piso Trafico 5 + Cerámica pared primera cálida + Guarda escobas                 | GL | 1.00         | \$ | 7.020.829.00 | \$ 7.020.829.00       |
| <b>X</b>    | <b>PINTURA</b>   |    |              |    | \$           | -                     |
| 33          | Impermeabilización fachada en Sika transparente o similar                                | M2 | 96.90        | \$ | 4.850.00     | \$ 469.965.00         |
| 34          | Pintura epoxica alta resistencia con catalizador (Cocina- Baños) + Estuco vinilo 3 manos | M2 | 376.14       | \$ | 14.860.53    | \$ 5.589.640.00       |
| <b>XI</b>   | <b>CUBIERTAS Y CIELO RASOS</b>   |    |              |    | \$           | -                     |
| 35          | Teja tipo Eternit + Caballete (Con estructura)   | M2 | 83.13        | \$ | 118.825.00   | \$ 9.877.566.00       |
| 36          | Cielo Raso Drywall (incluye pintura)   | M2 | 75.57        | \$ | 48.899.34    | \$ 3.695.323.00       |
| <b>XII</b>  | <b>CARPINTERÍA METÁLICA</b>  |    |              |    | \$           | -                     |
| 37          | Marcos y Puertas en aluminio   | M2 | 1.62         | \$ | 265.155.99   | \$ 429.553.00         |
| 38          | Ventana en aluminio con basculante   | M2 | 4.76         | \$ | 265.155.99   | \$ 1.262.143.00       |
| <b>XIII</b> | <b>CARPINTERÍA DE MADERA</b>   |    |              |    | \$           | -                     |
| 39          | Hoja Puerta entamborada Triplex-tablex Baños administrativos                             | UN | 5.00         | \$ | 422.662.12   | \$ 2.113.311.00       |
| <b>XIV</b>  | <b>APARATOS Y EQUIPOS SANITARIOS</b>   |    |              |    | \$           | -                     |
| 40          | Suministro e Instalación Aparatos Sanitarios (Incluye Grifería)                          | UN | 2.00         | \$ | 475.087.07   | \$ 950.174.00         |
|             | <b>VALOR COSTOS DIRECTOS</b>   |    |              |    | \$           | <b>92.877.947.00</b>  |
|             | <b>ADMINISTRACIÓN</b>  |    | <b>6.00%</b> |    |              | \$ 5.572.677.00       |
|             | <b>IMPREVISTOS</b>   |    | <b>5.00%</b> |    |              | \$ 4.643.897.00       |
|             | <b>UTILIDAD</b>  |    | <b>5.00%</b> |    |              | \$ 4.643.897.00       |
|             | <b>VALOR TOTAL</b>   |    |              |    | \$           | <b>107.738.418.00</b> |

Fuente propia.

De lo anterior se puede observar que:

- El valor total de la construcción de la vivienda con el método tradicional (VIS), es de **\$ 107.738.418 pesos M/CTE**,

- El valor de los costos directos del proyecto de la vivienda es de **\$92.877.947 pesos M/CTE**.

- La construcción de los muros en bloque #4 es de **\$9'339.877 pesos M/CTE**

• OFICINA (Modelo VIS)

**Imagen 102.** Cronograma de actividades de la oficina por el modelo VIS

|  |   |  |                 |                     |                  |
|--|---|--|-----------------|---------------------|------------------|
| <b>UNIVERSIDAD:</b>  | UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  |  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>Vigilada Mineducación |                 |                     |                  |
| <b>ESTUDIANTES:</b>  | MATEUS MALAGON JEFFERSON ARMENDIS 551389<br>PAREDES ACOSTA JUAN ANDRÉS 551397   |  |                 |                     |                  |
| <b>TUTOR:</b>  | JUAN SEBASTIÁN VARGAS   |  |                 |                     |                  |
| <b>OBJETO:</b>   | ANÁLISIS DE TIEMPOS Y COSTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE IMPRESORAS 3D PARA PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DESARROLLADOS EN COLOMBIA CON METODOLOGÍA BIM |  |                 |                     |                  |
| <b>PRESUPUESTO OFICINA DE 77 M2 (1 PLANTA) EN EL MUNICIPIO DE VÉLEZ SANTANDER.</b> |   |  |                 |                     |                  |
| <b>ÍTEM</b>  | <b>DESCRIPCIÓN</b>  | <b>UNIDAD DE MEDIDA</b>  | <b>CANTIDAD</b> | <b>V/R UNITARIO</b> | <b>V/R TOTAL</b> |
| <b>I</b>   | <b>PRELIMINARES</b>   |  |                 |                     |                  |
| 1  | Descapote Mecánico e. 20 incluye cargue y retiro  | M2   | 75.57           | \$ 1.483.00         | \$ 112.070.00    |
| 2  | Cerca en tela verde h: 2.10   | ML   | 19.29           | \$ 20.685.00        | \$ 399.014.00    |

|  |  |       |        |                  |                   |
|--|--|-------|--------|------------------|-------------------|
| 3  | Redes provisionales  | UN    | 1.00   | \$ 580.236.31    | \$ 580.236.00     |
| <b>III CIMENTACIÓN</b>                         |  |       |        |                  | \$ -              |
| 5  | Excavación Manual de 0 m a 2m  | M3    | 16.83  | \$ 41.632.00     | \$ 700.667.00     |
| 6  | Mejoramiento de la sub-rasante con B-200   | M3    | 22.67  | \$ 104.916.00    | \$ 2.378.446.00   |
| 7  | Base en concreto pobre 1500 psi (e=0,10m)  | M2    | 15.42  | \$ 332.377.39    | \$ 5.125.259.00   |
| 8  | Zapata en concreto de 3500 psi   | M3    | 4.10   | \$ 594.205.86    | \$ 2.436.244.00   |
| 9  | Viga en concreto de 3500 psi   | M3    | 2.97   | \$ 637.127.05    | \$ 1.892.267.00   |
| 10   | Acero de refuerzo de 60000 psi   | KG    | 848.40 | \$ 4.212.00      | \$ 3.573.461.00   |
| <b>IV ESTRUCTURAS EN CONCRETO</b>              |  |       |        |                  | \$ -              |
| 11   | Columna en concreto de 3500 psi  | M3    | 1.22   | \$ 790.366.52    | \$ 964.247.00     |
| 12   | Viga aérea en concreto de 3500 psi   | M3    | 1.67   | \$ 829.051.01    | \$ 1.384.515.00   |
| 13   | Placa de piso concreto de 3500 psi (e=20cm)  | M2    | 75.57  | \$ 109.784.00    | \$ 8.296.377.00   |
| 14   | Acero para elementos estructurales   | KG    | 260.10 | \$ 4.212.00      | \$ 1.095.541.00   |
| <b>V INSTALACIONES HIDROSANITARIAS</b>         |  |       |        |                  | \$ -              |
| <b>REDES DE SUMINISTRO</b>                     |  |       |        |                  | \$ -              |
| 15   | Red Suministro PVC 1" y 1/2" + ACCESORIOS  | ML    | 38.07  | \$ 16.278.70     | \$ 619.730.00     |
| 16   | Punto hidráulico de 1/2"   | UN    | 5.00   | \$ 58.655.00     | \$ 293.275.00     |
| 17   | Pruebas de presión   | UN    | 2.00   | \$ 123.063.58    | \$ 246.127.00     |
| <b>REDES DE EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES</b> |  |       |        |                  | \$ -              |
| 18   | Excavación Manual de 0 m a 2m  | M3    | 16.67  | \$ 41.632.00     | \$ 694.089.00     |
| 19   | Relleno en Recebo B-200 Compactado Mecánicamente   | M3    | 11.17  | \$ 104.916.00    | \$ 1.172.122.00   |
| 20   | Red sanitaria PVC-S Ø=2" y Ø=4"  | ML    | 27.93  | \$ 45.532.00     | \$ 1.271.709.00   |
| 21   | Construcción de cajas de inspección de 80x80x100cm en concreto                           | UN    | 5.00   | \$ 584.661.60    | \$ 2.923.308.00   |
| 22   | Pruebas de estanqueidad  | UN    | 2.00   | \$ 78.848.25     | \$ 157.697.00     |
| <b>VI INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>             |  |       |        |                  | \$ -              |
| 23   | Cableado eléctrico + Salidas + Toma - Corrientes   | GL    | 1.00   | \$ 2.159.302.00  | \$ 2.159.302.00   |
| 24   | Tubería Conduit + Accesorios   | GL    | 1.00   | \$ 852.072.00    | \$ 852.072.00     |
| <b>VII MAMPOSTERÍA</b>                         |  |       |        |                  | \$ -              |
| 25   | Muro en Bloque N.º 5 E=0.12 M  | M2    | 247.26 | \$ 39.488.74     | \$ 9.763.986.00   |
| 26   | Mesón en concreto 2.500 psi e. 10 (Incluye Refuerzo)                                     | ML    | 2.54   | \$ 89.125.94     | \$ 226.380.00     |
| 27   | Dinteles en concreto 2.500 PSI . 15x.20  | ML    | 4.80   | \$ 42.678.13     | \$ 204.855.00     |
| <b>VIII PAÑETES, REVOQUES Y REPELLOS</b>       |  |       |        |                  | \$ -              |
| 28   | Filos y Dilataciones muro  | ML    | 59.34  | \$ 6.843.93      | \$ 406.135.00     |
| 29   | Pañete Liso Muros 1:4, E=1.5 CM  | M2    | 494.52 | \$ 17.257.39     | \$ 8.534.125.00   |
| 30   | Mesón en mármol color oscuro pulido con soportes metálicos incluye salpicaderos.         | ML    | 2.54   | \$ 569.999.97    | \$ 1.447.800.00   |
| <b>IX BASES, PISOS Y ENCHAPES</b>              |  |       |        |                  | \$ -              |
| 31   | Alistado de piso en Mortero 1:3 E = 0.04   | M2    | 75.57  | \$ 28.513.39     | \$ 2.154.757.00   |
| 32   | Cerámica piso Trafico 5 + Cerámica pared primera cálida + Guarda escobas                 | GL    | 1.00   | \$ 1.398.653.00  | \$ 1.398.653.00   |
| <b>X PINTURA</b>                               |  |       |        |                  | \$ -              |
| 33   | Impermeabilización fachada en Sika transparente o similar                                | M2    | 95.28  | \$ 4.850.00      | \$ 462.108.00     |
| 34   | Pintura epoxica alta resistencia con catalizador (Cocina- Baños) + Estuco vinilo 3 manos | M2    | 399.24 | \$ 14.860.53     | \$ 5.932.918.00   |
| <b>XI CUBIERTAS Y CIELO RASOS</b>              |  |       |        |                  | \$ -              |
| 35   | Teja tipo Eternit + Caballete (Con estructura)   | M2    | 83.13  | \$ 118.825.00    | \$ 9.877.566.00   |
| 36   | Cielo Raso Drywall (incluye pintura)   | M2    | 75.57  | \$ 48.899.34     | \$ 3.695.323.00   |
| <b>XII CARPINTERÍA METÁLICA</b>                |  |       |        |                  | \$ -              |
| 37   | Marcos y Puertas en aluminio (Corredera)   | M2    | 3.24   | \$ 304.929.39    | \$ 987.971.00     |
| 38   | Ventana en aluminio con basculante   | M2    | 4.76   | \$ 265.155.99    | \$ 1.262.143.00   |
| <b>XIII CARPINTERÍA DE MADERA</b>              |  |       |        |                  | \$ -              |
| 39   | Hoja Puerta entamborada Triplex-tablex Baños administrativos                             | UN    | 6.00   | \$ 422.662.12    | \$ 2.535.973.00   |
| <b>XIV APARATOS Y EQUIPOS SANITARIOS</b>       |  |       |        |                  | \$ -              |
| 40   | Suministro e Instalación Aparatos Sanitarios (Incluye Grifería)                          | UN    | 4.00   | \$ 475.087.07    | \$ 1.900.348.00   |
| <b>XV AMOBLADO</b>                             |  |       |        |                  | \$ -              |
| 29   | Amoblado para oficinas   | GL    | 1.00   | \$ 12.543.205.00 | \$ 12.543.205.00  |
| <b>VALOR COSTOS DIRECTOS</b>                   |  |       |        |                  | \$ 103.421.122.00 |
| <b>ADMINISTRACIÓN</b>                          |  | 6.00% |        |                  | \$ 6.205.267.00   |
| <b>IMPREVISTOS</b>                             |  | 5.00% |        |                  | \$ 5.171.056.00   |
| <b>UTILIDAD</b>                                |  | 5.00% |        |                  | \$ 5.171.056.00   |
| <b>VALOR TOTAL</b>                             |  |       |        |                  | \$ 119.968.501.00 |

Fuente propia.

De lo anterior se puede observar que:

- El valor total de la construcción de la oficina con el método tradicional (VIS), es de **\$ 119.968.501 pesos M/CTE,**

- El valor de los costos directos del proyecto de la oficina es de **\$103.421.122 pesos M/CTE.**

- La construcción de los muros en bloque #4 es de **\$9'763.986 pesos M/CT**

• LOCAL (Modelo VIS)

### Imagen 103. Cronograma de actividades del local por el modelo VIS

| UNIVERSIDAD:   | UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  |                  |  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>Vigilada Mineducación |               |                 |
|--|---|------------------|--|---------------|-----------------|
| ESTUDIANTES:   | MATEUS MALAGON JEFFERSON ARMENDIS   | 551389           |  |               |                 |
|  | PAREDES ACOSTA JUAN ANDRÉS  | 551397           |  |               |                 |
| TUTOR:   | JUAN SEBASTIÁN VARGAS   |                  |  |               |                 |
| OBJETO:  | ANÁLISIS DE TIEMPOS Y COSTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE IMPRESORAS 3D PARA PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DESARROLLADOS EN COLOMBIA CON METODOLOGÍA BIM |                  |  |               |                 |
| <b>PRESUPUESTO LOCAL DE 77 M2 (1 PLANTA) EN EL MUNICIPIO DE VÉLEZ SANTANDER.</b> |   |                  |  |               |                 |
| ÍTEM   | DESCRIPCIÓN   | UNIDAD DE MEDIDA | CANTIDAD   | V/R UNITARIO  | V/R TOTAL       |
| <b>I</b>   | <b>PRELIMINARES</b>   |                  |  |               |                 |
| 1  | Descapote Mecánico e. 20 incluye cargue y retiro  | M2               | 75.57  | \$ 1.483.00   | \$ 112.070.00   |
| 2  | Cerca en tela verde h: 2.10   | ML               | 19.29  | \$ 20.685.00  | \$ 399.014.00   |
| 3  | Redes provisionales   | UN               | 1.00   | \$ 580.236.31 | \$ 580.236.00   |
| <b>II</b>  | <b>LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO</b>   |                  |  |               | \$ -            |
| 4  | Localización y replanteo de cimientos con elementos de precisión  | M2               | 75.57  | \$ 10.045.00  | \$ 759.101.00   |
| <b>III</b>   | <b>CIMENTACIÓN</b>  |                  |  |               | \$ -            |
| 5  | Excavación Manual de 0 m a 2m   | M3               | 16.83  | \$ 41.632.00  | \$ 700.667.00   |
| 6  | Mejoramiento de la sub-rasante con B-200  | M3               | 22.67  | \$ 104.916.00 | \$ 2.378.446.00 |
| 7  | Base en concreto pobre 1500 psi (e=0,10m)   | M2               | 15.42  | \$ 332.377.39 | \$ 5.125.259.00 |
| 8  | Zapata en concreto de 3500 psi  | M3               | 4.10   | \$ 594.205.86 | \$ 2.436.244.00 |
| 9  | Viga en concreto de 3500 psi  | M3               | 2.97   | \$ 637.127.05 | \$ 1.892.267.00 |
| 10   | Acero de refuerzo de 60000 psi  | KG               | 848.40   | \$ 4.212.00   | \$ 3.573.461.00 |
| <b>IV</b>  | <b>ESTRUCTURAS EN CONCRETO</b>  |                  |  |               | \$ -            |
| 11   | Columna en concreto de 3500 psi   | M3               | 1.22   | \$ 790.366.52 | \$ 964.247.00   |
| 12   | Viga aérea en concreto de 3500 psi  | M3               | 1.67   | \$ 829.051.01 | \$ 1.384.515.00 |
| 13   | Placa de piso concreto de 3500 psi (e=20cm)   | M2               | 75.57  | \$ 109.784.00 | \$ 8.296.377.00 |
| 14   | Acero para elementos estructurales  | KG               | 260.10   | \$ 4.212.00   | \$ 1.095.541.00 |
| <b>V</b>   | <b>INSTALACIONES HIDROSANITARIAS</b>  |                  |  |               | \$ -            |
|  | <b>REDES DE SUMINISTRO</b>  |                  |  |               | \$ -            |
| 15   | Red Suministro PVC 1" y 1/2" + ACCESORIOS   | ML               | 38.07  | \$ 16.278.70  | \$ 619.730.00   |
| 16   | Punto hidráulico de 1/2"  | UN               | 5.00   | \$ 58.655.00  | \$ 293.275.00   |
| 17   | Pruebas de presión  | UN               | 2.00   | \$ 123.063.58 | \$ 246.127.00   |
|  | <b>REDES DE EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES</b>  |                  |  |               | \$ -            |
| 18   | Excavación Manual de 0 m a 2m   | M3               | 16.67  | \$ 41.632.00  | \$ 694.089.00   |
| 19   | Relleno en Recebo B-200 Compactado Mecánicamente  | M3               | 11.17  | \$ 104.916.00 | \$ 1.172.122.00 |
| 20   | Red sanitaria PVC-S Ø=2" y Ø=4"   | ML               | 27.93  | \$ 45.532.00  | \$ 1.271.709.00 |
| 21   | Construcción de cajas de inspección de 80x80x100cm en concreto  | UN               | 5.00   | \$ 584.661.60 | \$ 2.923.308.00 |
| 22   | Pruebas de estanqueidad   | UN               | 2.00   | \$ 78.848.25  | \$ 157.697.00   |
| <b>VI</b>  | <b>RED CONTRA INCENDIO</b>  |                  |  |               | \$ -            |
| 23   | Tubería Acero Negro Roscada 1" SCH 40 (Incluye accesorios y soportes)   | ML               | 27.38  | \$ 36.145.99  | \$ 989.677.00   |
| 24   | Tubería Acero Negro Ranurada 2" SCH 40 (Incluye accesorios y soportes)  | ML               | 16.67  | \$ 62.034.14  | \$ 1.034.109.00 |

|             |  |              |        |                  |                          |
|-------------|--|--------------|--------|------------------|--------------------------|
| 25          | Rociador Automático 1/2" K=5.6 Pendiente UL-FM                                   | UN           | 4.00   | \$ 59.275.00     | \$ 237.100.00            |
| 26          | Gabinete tipo II   | UN           | 2.00   | \$ 696.440.53    | \$ 1.392.881.00          |
| 27          | Siamesa Inyección 4" X 2 1/2" X 2 1/2"   | UN           | 1.00   | \$ 2.319.235.27  | \$ 2.319.235.00          |
| <b>VII</b>  | <b>AIRE ACONDICIONADO</b>  |              |        |                  | \$ -                     |
| 28          | Mini Split   | UN           | 1.00   | \$ 15.120.369.00 | \$ 15.120.369.00         |
| 29          | Potencia   | GL           | 1.00   | \$ 1.532.650.00  | \$ 1.532.650.00          |
| 30          | Gas refrigerante   | GL           | 1.00   | \$ 532.652.00    | \$ 532.652.00            |
| 31          | Equipos + cableado   | GL           | 1.00   | \$ 9.520.000.00  | \$ 9.520.000.00          |
| <b>VI</b>   | <b>INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>  |              |        |                  | \$ -                     |
| 32          | Cableado eléctrico + Salidas + Toma - Corrientes                                 | GL           | 1.00   | \$ 2.159.302.00  | \$ 2.159.302.00          |
| 33          | Tubería Conduit + Accesorios   | GL           | 1.00   | \$ 852.072.00    | \$ 852.072.00            |
| <b>VII</b>  | <b>MAMPOSTERÍA</b>   |              |        |                  | \$ -                     |
| 34          | Muro en Bloque N.º 5 E=0.12 M  | M2           | 209.98 | \$ 39.488.74     | \$ 8.291.846.00          |
| 35          | Mesón en concreto 2.500 psi e. 10 (Incluye Refuerzo)                             | ML           | 2.54   | \$ 89.125.94     | \$ 226.380.00            |
| 36          | Dinteles en concreto 2.500 PSI. 15x.20   | ML           | 2.40   | \$ 42.678.13     | \$ 102.428.00            |
| <b>VIII</b> | <b>PAÑETES, REVOQUES Y REPELLOS</b>  |              |        |                  | \$ -                     |
| 37          | Filos y Dilataciones muro  | ML           | 50.40  | \$ 6.843.93      | \$ 344.901.00            |
| 38          | Pañete Liso Muros 1:4, E=1.5 CM  | M2           | 419.96 | \$ 17.257.39     | \$ 7.247.414.00          |
| 39          | Mesón en mármol color oscuro pulido con soportes metálicos incluye salpicaderos. | ML           | 2.54   | \$ 569.999.97    | \$ 1.447.800.00          |
| <b>IX</b>   | <b>BASES, PISOS Y ENCHAPES</b>   |              |        |                  | \$ -                     |
| 40          | Alistado de piso en Mortero 1:3 E = 0.04   | M2           | 75.57  | \$ 28.513.39     | \$ 2.154.757.00          |
| 41          | Cerámica piso Trafico 5 + Cerámica pared primera cálida + Guarda escobas         | GL           | 1.00   | \$ 1.092.565.00  | \$ 1.092.565.00          |
| <b>X</b>    | <b>PINTURA</b>   |              |        |                  | \$ -                     |
| 42          | Impermeabilización fachada en Sika transparente o similar                        | M2           | 93.44  | \$ 4.850.00      | \$ 453.184.00            |
| 43          | Pintura epoxica alta resistencia con catalizador (Cocina- Baños) + Estuco        | M2           | 326.52 | \$ 14.860.53     | \$ 4.852.260.00          |
| <b>XI</b>   | <b>CUBIERTAS Y CIELO RASOS</b>   |              |        |                  | \$ -                     |
| 44          | Teja tipo Eternit + Caballete (Con estructura)                                   | M2           | 83.13  | \$ 118.825.00    | \$ 9.877.566.00          |
| 45          | Cielo Raso Drywall (incluye pintura)   | M2           | 75.57  | \$ 48.899.34     | \$ 3.695.323.00          |
| <b>XII</b>  | <b>CARPINTERÍA METÁLICA</b>  |              |        |                  | \$ -                     |
| 46          | Marcos y Puertas en aluminio   | M2           | 6.48   | \$ 265.155.99    | \$ 1.718.211.00          |
| 47          | Ventana en aluminio con basculante   | M2           | 3.36   | \$ 265.155.99    | \$ 890.924.00            |
| <b>XIII</b> | <b>CARPINTERÍA DE MADERA</b>   |              |        |                  | \$ -                     |
| 48          | Hoja Puerta entamborada Triplex-tablex Baños administrativos                     | UN           | 3.00   | \$ 422.662.12    | \$ 1.267.986.00          |
| <b>XIV</b>  | <b>APARATOS Y EQUIPOS SANITARIOS</b>   |              |        |                  | \$ -                     |
| 49          | Suministro e Instalación Aparatos Sanitarios (Incluye Grifería)                  | UN           | 4.00   | \$ 475.087.07    | \$ 1.900.348.00          |
|             | <b>VALOR COSTOS DIRECTOS</b>   |              |        |                  | \$ <b>118.329.442.00</b> |
|             | <b>ADMINISTRACIÓN</b>  | <b>6.00%</b> |        |                  | \$ 7.099.767.00          |
|             | <b>IMPREVISTOS</b>   | <b>5.00%</b> |        |                  | \$ 5.916.472.00          |
|             | <b>UTILIDAD</b>  | <b>5.00%</b> |        |                  | \$ 5.916.472.00          |
|             | <b>VALOR TOTAL</b>   |              |        |                  | \$ <b>137.262.153.00</b> |

Fuente propia.

De lo anterior se puede observar que:

- El valor total de la construcción del local con el método tradicional (VIS), es de \$ **137.262.152 pesos M/CTE**,
- El valor de los costos directos del proyecto del local es de \$ **118.329.442 pesos M/CTE**.
- La construcción de los muros en bloque #4 es de \$ **8'291.846 pesos M/CT**

• BODEGA (Modelo VIS)

**Imagen 104.** Cronograma de actividades de la bodega por el modelo VIS

| UNIVERSIDAD:   | UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  |                  |  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>Vigilada Mineducación |                  |                  |
|--|---|------------------|--|------------------|------------------|
| ESTUDIANTES:   | MATEUS MALAGON JEFFERSON ARMENDIS   | 551389           |  |                  |                  |
|  | PAREDES ACOSTA JUAN ANDRÉS  | 551397           |  |                  |                  |
| TUTOR:   | JUAN SEBASTIÁN VARGAS   |                  |  |                  |                  |
| OBJETO:  | ANÁLISIS DE TIEMPOS Y COSTOS DE LA IMPLEMENTACION DE IMPRESORAS 3D PARA PROYECTOS DE CONSTRUCCION DESARROLLADOS EN COLOMBIA CON METODOLOGÍA BIM |                  |  |                  |                  |
| PRESUPUESTO BODEGA DE 77 M2 (1 PLANTA) EN EL MUNICIPIO DE VÉLEZ SANTANDER. |   |                  |  |                  |                  |
| ÍTEM   | DESCRIPCIÓN   | UNIDAD DE MEDIDA | CANTIDAD   | V/R UNITARIO     | V/R TOTAL        |
| <b>I</b>   | <b>PRELIMINARES</b>   |                  |  |                  |                  |
| 1  | Descapote Mecánico e. 20 incluye cargue y retiro  | M2               | 75.57  | \$ 1.483.00      | \$ 112.070.00    |
| 2  | Cerca en tela verde h: 2.10   | ML               | 19.29  | \$ 20.685.00     | \$ 399.014.00    |
| 3  | Redes provisionales   | UN               | 1.00   | \$ 580.236.31    | \$ 580.236.00    |
| <b>II</b>  | <b>LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO</b>   |                  |  |                  |                  |
| 4  | Localización y replanteo de cimientos con elementos de precisión  | M2               | 75.57  | \$ 10.045.00     | \$ 759.101.00    |
| <b>III</b>   | <b>CIMENTACIÓN</b>  |                  |  |                  |                  |
| 5  | Excavación Manual de 0 m a 2m   | M3               | 16.83  | \$ 41.632.00     | \$ 700.667.00    |
| 6  | Mejoramiento de la sub-rasante con B-200  | M3               | 22.67  | \$ 104.916.00    | \$ 2.378.446.00  |
| 7  | Base en concreto pobre 1500 psi (e=0,10m)   | M2               | 15.42  | \$ 332.377.39    | \$ 5.125.259.00  |
| 8  | Zapata en concreto de 3500 psi  | M3               | 4.10   | \$ 594.205.86    | \$ 2.436.244.00  |
| 9  | Viga en concreto de 3500 psi  | M3               | 2.97   | \$ 637.127.05    | \$ 1.892.267.00  |
| 10   | Acero de refuerzo de 60000 psi  | KG               | 848.40   | \$ 4.212.00      | \$ 3.573.461.00  |
| <b>IV</b>  | <b>ESTRUCTURAS EN CONCRETO</b>  |                  |  |                  |                  |
| 11   | Columna en concreto de 3500 psi   | M3               | 1.22   | \$ 790.366.52    | \$ 964.247.00    |
| 12   | Viga aérea en concreto de 3500 psi  | M3               | 1.67   | \$ 829.051.01    | \$ 1.384.515.00  |
| 13   | Placa de piso concreto de 3500 psi (e=20cm)   | M2               | 75.57  | \$ 109.784.00    | \$ 8.296.377.00  |
| 14   | Acero para elementos estructurales  | KG               | 260.10   | \$ 4.212.00      | \$ 1.095.541.00  |
| <b>V</b>   | <b>INSTALACIONES HIDROSANITARIAS</b>  |                  |  |                  |                  |
|  | <b>REDES DE SUMINISTRO</b>  |                  |  |                  |                  |
| 15   | Red Suministro PVC 1" y 1/2" + ACCESORIOS   | ML               | 35.41  | \$ 16.278.70     | \$ 576.429.00    |
| 16   | Punto hidráulico de 1/2"  | UN               | 5.00   | \$ 58.655.00     | \$ 293.275.00    |
| 17   | Pruebas de presión  | UN               | 2.00   | \$ 123.063.58    | \$ 246.127.00    |
|  | <b>REDES DE EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES</b>  |                  |  |                  |                  |
| 18   | Excavación Manual de 0 m a 2m   | M3               | 16.10  | \$ 41.632.00     | \$ 670.442.00    |
| 19   | Relleno en Recebo B-200 Compactado Mecánicamente  | M3               | 10.60  | \$ 104.916.00    | \$ 1.112.529.00  |
| 20   | Red sanitaria PVC-S Ø=2" y Ø=4"   | ML               | 26.51  | \$ 45.532.00     | \$ 1.207.053.00  |
| 21   | Construcción de cajas de inspección de 80x80x100cm en concreto  | UN               | 5.00   | \$ 584.661.60    | \$ 2.923.308.00  |
| 22   | Pruebas de estanqueidad   | UN               | 2.00   | \$ 78.848.25     | \$ 157.697.00    |
| <b>VI</b>  | <b>RED CONTRA INCENDIO</b>  |                  |  |                  |                  |
| 23   | Tubería Acero Negro Roscada 1" SCH 40 (Incluye accesorios y soportes)   | ML               | 27.38  | \$ 36.145.99     | \$ 989.677.00    |
| 24   | Tubería Acero Negro Ranurada 2" SCH 40 (Incluye accesorios y soportes)  | ML               | 16.67  | \$ 62.034.14     | \$ 1.034.109.00  |
| 25   | Rociador Automático 1/2" K=5.6 Pendiente UL-FM  | UN               | 4.00   | \$ 59.275.00     | \$ 237.100.00    |
| 26   | Gabinete tipo II  | UN               | 2.00   | \$ 696.440.53    | \$ 1.392.881.00  |
| 27   | Siamesa Inyección 4" X 2 1/2" X 2 1/2"  | UN               | 1.00   | \$ 2.319.235.27  | \$ 2.319.235.00  |
| <b>VII</b>   | <b>AIRE ACONDICIONADO</b>   |                  |  |                  |                  |
| 28   | Mini Split  | UN               | 1.00   | \$ 15.120.369.00 | \$ 15.120.369.00 |
| 29   | Potencia  | GL               | 1.00   | \$ 1.532.650.00  | \$ 1.532.650.00  |
| 30   | Gas refrigerante  | GL               | 1.00   | \$ 532.652.00    | \$ 532.652.00    |
| 31   | Equipos + cableado  | GL               | 1.00   | \$ 9.520.000.00  | \$ 9.520.000.00  |
| <b>VI</b>  | <b>INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>   |                  |  |                  |                  |
| 32   | Cableado eléctrico + Salidas + Toma - Corrientes  | GL               | 1.00   | \$ 1.659.302.00  | \$ 1.659.302.00  |
| 33   | Tubería Conduit + Accesorios  | GL               | 1.00   | \$ 722.072.00    | \$ 722.072.00    |
| <b>VII</b>   | <b>MAMPOSTERÍA</b>  |                  |  |                  |                  |
| 34   | Muro en Bloque N.º 5 E=0.12 M   | M2               | 210.54   | \$ 39.488.74     | \$ 8.313.959.00  |
| 35   | Mesón en concreto 2.500 psi e.:10 (Incluye Refuerzo)  | ML               | 2.54   | \$ 89.125.94     | \$ 226.380.00    |
| 36   | Dinteles en concreto 2.500 PSI .15x.20  | ML               | 2.40   | \$ 42.678.13     | \$ 102.428.00    |
| <b>VIII</b>  | <b>PAÑETES, REVOQUES Y REPellos</b>   |                  |  |                  |                  |
| 37   | Filos y Dilataciones muro   | ML               | 50.53  | \$ 6.843.93      | \$ 345.821.00    |
| 38   | Pañete Liso Muros 1:4, E=1.5 CM   | M2               | 421.08   | \$ 17.257.39     | \$ 7.266.742.00  |
| 39   | Mesón en mármol color oscuro pulido con soportes metálicos incluye salpicaderos.  | ML               | 2.54   | \$ 569.999.97    | \$ 1.447.800.00  |

|             |  |              |        |               |                          |
|-------------|--|--------------|--------|---------------|--------------------------|
| <b>IX</b>   | <b>BASES, PISOS Y ENCHAPES</b>   |              |        |               | \$ -                     |
| 40          | Alistado de piso en Mortero 1:3 E = 0.04                                 | M2           | 75.57  | \$ 28.513.39  | \$ 2.154.757.00          |
| 41          | Cerámica piso Trafico 5 + Cerámica pared primera cálida + Guarda escobas | GL           | 1.00   | \$ 492.565.00 | \$ 492.565.00            |
| <b>X</b>    | <b>PINTURA</b>   |              |        |               | \$ -                     |
| 42          | Impermeabilización fachada en Sika transparente o similar                | M2           | 95.28  | \$ 4.850.00   | \$ 462.108.00            |
| 43          | Pintura epoxica alta resistencia con catalizador (Cocina- Baños) +       | M2           | 325.80 | \$ 14.860.53  | \$ 4.841.561.00          |
| <b>XI</b>   | <b>CUBIERTAS Y CIELO RASOS</b>   |              |        |               | \$ -                     |
| 44          | Teja tipo Eternit + Caballete (Con estructura)                           | M2           | 83.13  | \$ 118.825.00 | \$ 9.877.566.00          |
| 45          | Cielo Raso Drywall (incluye pintura)                                     | M2           | 75.57  | \$ 48.899.34  | \$ 3.695.323.00          |
| <b>XII</b>  | <b>CARPINTERÍA METÁLICA</b>  |              |        |               | \$ -                     |
| 46          | Marcos y Puertas en aluminio   | M2           | 3.24   | \$ 265.155.99 | \$ 859.105.00            |
| 47          | Ventana en aluminio con basculante                                       | M2           | 4.76   | \$ 265.155.99 | \$ 1.262.143.00          |
| <b>XIII</b> | <b>CARPINTERÍA DE MADERA</b>   |              |        |               | \$ -                     |
| 48          | Hoja Puerta entamborada Triplex-tablex Baños administrativos             | UN           | 3.00   | \$ 422.662.12 | \$ 1.267.986.00          |
| <b>XIV</b>  | <b>APARATOS Y EQUIPOS SANITARIOS</b>                                     |              |        |               | \$ -                     |
| 49          | Suministro e Instalación Aparatos Sanitarios (Incluye Grifería)          | UN           | 4.00   | \$ 475.087.07 | \$ 1.900.348.00          |
|             | <b>VALOR COSTOS DIRECTOS</b>   |              |        |               | <b>\$ 116.460.944.00</b> |
|             | <b>ADMINISTRACIÓN</b>  | <b>6.00%</b> |        |               | \$ 6.987.657.00          |
|             | <b>IMPREVISTOS</b>   | <b>5.00%</b> |        |               | \$ 5.823.047.00          |
|             | <b>UTILIDAD</b>  | <b>5.00%</b> |        |               | \$ 5.823.047.00          |
|             | <b>VALOR TOTAL</b>   |              |        |               | <b>\$ 135.094.695.00</b> |

Fuente propia.

De lo anterior se puede observar que:

- El valor total de la construcción de la bodega con el método tradicional (VIS), es de **\$ 135.094.695 pesos M/CTE**,
- El valor de los costos directos del proyecto de la bodega es de **\$116.460.944 pesos M/CTE**.
- La construcción de los muros en bloque #4 es de **\$8'313.959 pesos M/CT**

#### 4.4.3. Comparación modelo VIS vs método de impresión en 3D

Anteriormente se mostraron los resultados obtenidos en los cronogramas de actividades (tiempos 4D) y en los presupuestos (costos 5D) y por ende se mostrará a continuación una tabla resumen de la duración y los costos obtenidos en días de cada proyecto (vivienda, oficina, local y bodega) a ejecutar para refrescar los datos brindados y obtener una buena comparación en los resultados:

Tabla 14. Resumen de tiempos de cada proyecto.

| PROYECTO | METODO       | TIEMPO TOTAL (DIAS) | COSTO TOTAL     |
|----------|--------------|---------------------|-----------------|
| Vivienda | Impresión 3D | 98                  | \$1'418.502.512 |
|          | VIS          | 56                  | \$ 107.738.418  |
| Oficina  | Impresión 3D | 94,5                | \$1'430.659.954 |
|          | VIS          | 64                  | \$ 119.968.501  |
| Local    | Impresión 3D | 108                 | \$1'450.411.642 |
|          | VIS          | 64                  | \$ 137.262.153  |
| Bodega   | Impresión 3D | 109                 | \$1'448.206.805 |
|          | VIS          | 64                  | \$ 135.094.695  |

Fuente propia.

De lo anterior, en primer lugar se observa que la duración en días de la ejecución de cada uno de los proyectos (vivienda, oficina, local y bodega) es menor el del modelo VIS que el desarrollo de estos con la impresora 3D, esto es debido a que en el cronograma realizado para cada actividad a ejecutar en el método innovador (impresión 3D), se tiene en cuenta más días como el del envío de la impresora 3D, ya que es desde Dinamarca, el diseño de toda la metodología BIM y como el manejo de la impresora requiere una capacitación al que la maneja es necesario que se brinden días para el aprendizaje, es por estos parámetros que la duración asciende un **75%** en la vivienda, un **47,66%** en la oficina, un **68,75%** en el local y un **70.31%** en la bodega.

En segundo lugar se observa que el costo de construcción en cada proyecto donde se implementa la impresora 3D para la impresión de los muros es de un elevado costo en diferencia del costo de construcción por el método convencional (modelo VIS) esto debido a que todos superan la suma de los mil millones de pesos M/CTE, por la compra de la impresora 3D de gran formato y el diseño BIM.

Ya que con los parámetros mencionados anteriormente aumentan la cantidad de días de construcción si se llegara a implementar la impresora en 3D, se decide hacer una comparación de días con dos capítulos en especiales, el primer capítulo es con la mampostería en el método tradicional o modelo VIS y los muros en concreto realizados con la impresora 3D y en el segundo capítulo es con el del pañete, siendo estos en los que se centra el proyecto.

Tabla 15. Resumen de días con los muros de cada proyecto.

| <b>MUROS EN CONCRETO - MAMPOSTERIA</b> |               |                      |
|--|---------------|----------------------|
| <b>PROYECTO</b>                        | <b>MÉTODO</b> | <b>TIEMPO (DIAS)</b> |
| Vivienda                               | Impresión 3D  | 8                    |
|  | VIS           | 18                   |
| Oficina                                | Impresión 3D  | 9.5                  |
|  | VIS           | 21                   |
| Local                                  | Impresión 3D  | 5                    |
|  | VIS           | 19                   |
| Bodega                                 | Impresión 3D  | 5                    |
|  | VIS           | 19                   |

Fuente propia

Se observa que existe una notable disminución de tiempo al realizar el proyecto con el sistema constructivo de impresión 3D, evidenciando un tiempo a favor de **10 días** calendario en la vivienda, **11,5 días** calendario en la oficina y **14 días** calendario en el local y la bodega. Este Ahorro de tiempo significativo se evidencia notablemente en el capítulo de muros impresos en la impresora 3D reduciéndose un **56%** de tiempo en la vivienda, un **55%** de tiempo en la oficina y un **74%** de tiempo en el local y la bodega, esto a diferencia de ejecutar la mampostería en el modelo VIS debido a que en con el uso de la impresora 3D no es necesario la mano de obra calificada y el rendimiento de la misma es alto.

Por lo tanto, si se implementa en una construcción grande la impresión de muros con la impresora 3D y no se tuviera en cuenta el tiempo de envío de la impresora suponiendo que ya se encuentra en Colombia, el tiempo del diseño de la metodología BIM porque con el diseño de una el resto ya sería igual y el tiempo de la capacitación del operador que maneja la impresora debido a que este ya se encuentra capacitado evaluando, por ejemplo, para la vivienda, la cantidad de 98 días totales obtenidas de ésta ya no serían los mismos, si no sería lo siguiente:

**Imagen 105.** Cronograma de actividades sin tener en cuenta algunos parámetros.

| Nombre de tarea   | Duración       | Comienzo            | Fin                 | Predecesoras     |
|---|----------------|---------------------|---------------------|------------------|
| <b>▲ PRESUPUESTO VIVIENDA DE 81 M2 (1 PLANTA) EN EL MUNICIPIO DE VÉLEZ SANTANDER. MUROS CON IMPRESORA</b> | <b>48 días</b> | <b>lun 6/07/20</b>  | <b>jue 27/08/20</b> |                  |
| <b>▲ COSTOS DIRECTOS</b>  | <b>48 días</b> | <b>lun 6/07/20</b>  | <b>jue 27/08/20</b> |                  |
| <b>▲ PRELIMINARES</b>   | <b>4 días</b>  | <b>lun 6/07/20</b>  | <b>jue 9/07/20</b>  |                  |
| Descapote Mecánico e. 20 incluye cargue y retiro  | 2 días         | mar 7/07/20         | jue 9/07/20         | 8FC-9 días       |
| Cerca en tela verde h: 2.10   | 1 día          | lun 6/07/20         | lun 6/07/20         | 62               |
| Redes provisionales   | 1 día          | mar 7/07/20         | mié 8/07/20         | 4CC              |
| <b>▲ LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO</b>   | <b>10 días</b> | <b>lun 6/07/20</b>  | <b>vie 17/07/20</b> |                  |
| Localización y replanteo de cimientos con elementos de pre  | 10 días        | lun 6/07/20         | vie 17/07/20        | 5                |
| <b>▲ CIMENTACIÓN</b>  | <b>13 días</b> | <b>mié 8/07/20</b>  | <b>jue 23/07/20</b> |                  |
| Excavación Manual de 0 m a 2m   | 4 días         | mié 8/07/20         | lun 13/07/20        | 8FC-8 días       |
| Mejoramiento de la sub-rasante con B-200  | 3 días         | vie 10/07/20        | mar 14/07/20        | 10FC-2 días      |
| Base en concreto pobre 1500 psi (e=0,10m)   | 2 días         | jue 9/07/20         | sáb 11/07/20        | 10FC-3 días      |
| Zapata en concreto de 3500 psi  | 6 días         | lun 13/07/20        | lun 20/07/20        | 15FC-4 días      |
| Viga en concreto de 3500 psi  | 5 días         | vie 17/07/20        | jue 23/07/20        | 13FC-2 días      |
| Acero de refuerzo de 60000 psi Zapatas y Vigas  | 6 días         | vie 10/07/20        | vie 17/07/20        | 12FC-1 día       |
| <b>▲ ESTRUCTURAS EN CONCRETO</b>  | <b>16 días</b> | <b>mié 22/07/20</b> | <b>sáb 8/08/20</b>  |                  |
| Columna en concreto de 3500 psi   | 8 días         | lun 27/07/20        | mar 4/08/20         | 20FC-9 días      |
| Viga aérea en concreto de 3500 psi  | 5 días         | lun 3/08/20         | sáb 8/08/20         | 17FC-2 días;20FC |
| Placa de piso concreto de 3500 psi (e=20cm) reforzada   | 2 días         | mié 22/07/20        | jue 23/07/20        | 14FC-1 día;30    |
| Acero de refuerzo de 60000 psi Columnas y Vigas   | 12 días        | jue 23/07/20        | mié 5/08/20         | 19FC-1 día       |
| <b>▲ REDES DE SUMINISTRO</b>  | <b>12 días</b> | <b>mar 14/07/20</b> | <b>mar 28/07/20</b> |                  |
| Red Suministro PVC 1" y 1/2" + ACCESORIOS   | 8 días         | mar 14/07/20        | jue 23/07/20        | 11               |
| Punto hidráulico de 1/2"  | 3 días         | jue 23/07/20        | lun 27/07/20        | 22               |
| Pruebas de presión  | 1 día          | lun 27/07/20        | mar 28/07/20        | 23               |
| <b>▲ REDES DE EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES</b>  | <b>11 días</b> | <b>mié 8/07/20</b>  | <b>mar 21/07/20</b> |                  |
| Excavación Manual de 0 m a 2m   | 4 días         | mié 8/07/20         | lun 13/07/20        | 10CC             |
| Relleno en Recebo B-200 Compactado Mecánicamente  | 3 días         | mié 15/07/20        | sáb 18/07/20        | 28FC-1 día       |
| Red sanitaria PVC-S Ø=2" y Ø=4"   | 4 días         | sáb 11/07/20        | jue 16/07/20        | 26FC-1 día       |
| Construcción de cajas de inspección de 80x80x100cm en c   | 4 días         | mié 15/07/20        | lun 20/07/20        | 28FC-1 día       |
| Pruebas de estanqueidad   | 1 día          | lun 20/07/20        | mar 21/07/20        | 29               |
| <b>▲ INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>   | <b>6 días</b>  | <b>vie 7/08/20</b>  | <b>vie 14/08/20</b> |                  |
| Cableado eléctrico + Salidas + Toma - Corrientes  | 6 días         | vie 7/08/20         | vie 14/08/20        | 35               |
| Tubería Conduit + Accesorios  | 6 días         | vie 7/08/20         | vie 14/08/20        | 32CC             |
| <b>▲ MUROS IMPRESOS</b>   | <b>8 días</b>  | <b>lun 3/08/20</b>  | <b>mar 11/08/20</b> |                  |
| Muros Exteriores Impresos   | 4 días         | lun 3/08/20         | vie 7/08/20         | 39FC-1 día       |
| Muros Interiores Impresos   | 2 días         | vie 7/08/20         | lun 10/08/20        | 35               |
| Grafiles (2 Varillas No.02 c./1 m)  | 6 días         | lun 3/08/20         | lun 10/08/20        | 35CC             |
| Epóxido Sika AnchorFix4 X 600cc   | 2 días         | lun 3/08/20         | mar 4/08/20         | 39CC             |
| Acero para confinamiento Muro - Placa (30cm c./1m)  | 2 días         | lun 3/08/20         | mar 4/08/20         | 17FC-2 días      |
| Muros Impresos Mesón h=1m   | 1 día          | lun 10/08/20        | mar 11/08/20        | 36               |
| <b>▲ BASES, PISOS Y ENCHAPES</b>  | <b>17 días</b> | <b>sáb 8/08/20</b>  | <b>jue 27/08/20</b> |                  |

|   |                |                     |                     |                |
|---|----------------|---------------------|---------------------|----------------|
| Alistado de piso en Mortero 1:3 E = 0.04  | 12 días        | sáb 8/08/20         | vie 21/08/20        | 19;18          |
| Cerámica piso Trafico 5 + Cerámica pared primera cálida + Guarda escobas                | 10 días        | lun 17/08/20        | jue 27/08/20        | 42FC-5 días;36 |
| <b>▸ PINTURA</b>  | <b>16 días</b> | <b>lun 10/08/20</b> | <b>jue 27/08/20</b> |                |
| Impermeabilización fachada en Sika transparente o similar                               | 4 días         | lun 10/08/20        | vie 14/08/20        | 36             |
| Pintura epoxica alta resistencia con catalizador (Cocina-Baños) + Estuco vinilo 3 manos | 8 días         | mié 19/08/20        | jue 27/08/20        | 48             |
| <b>▸ CUBIERTAS Y CIELO RASOS</b>  | <b>18 días</b> | <b>vie 7/08/20</b>  | <b>jue 27/08/20</b> |                |
| Teja tipo Eternit + Caballete (Con estructura)  | 10 días        | vie 7/08/20         | mié 19/08/20        | 36FC-2 días    |
| Cielo Raso Drywall (incluye pintura)  | 8 días         | mié 19/08/20        | jue 27/08/20        | 48             |
| <b>▸ CARPINTERÍA METÁLICA</b>   | <b>6 días</b>  | <b>mar 18/08/20</b> | <b>mar 25/08/20</b> |                |
| Marcos y Puertas en aluminio  | 6 días         | mar 18/08/20        | mar 25/08/20        | 48FC-1 día     |
| Ventana en aluminio con basculante  | 6 días         | mar 18/08/20        | mar 25/08/20        | 51CC           |
| <b>▸ CARPINTERÍA DE MADERA</b>  | <b>6 días</b>  | <b>mar 18/08/20</b> | <b>mar 25/08/20</b> |                |
| Hoja Puerta entamborada Triplex-tablex Baños administrativ                              | 6 días         | mar 18/08/20        | mar 25/08/20        | 52CC           |
| <b>▸ APARATOS Y EQUIPOS SANITARIOS</b>  | <b>6 días</b>  | <b>mar 18/08/20</b> | <b>mar 25/08/20</b> |                |
| Suministro e Instalación Aparatos Sanitarios (Incluye Grifería                          | 6 días         | mar 18/08/20        | mar 25/08/20        | 54CC           |
| <b>▸ METODOLOGÍA BIM</b>  | <b>47 días</b> | <b>lun 6/07/20</b>  | <b>mié 26/08/20</b> |                |
| Software (Excel - AutoCAD - Revit - Navisworks)   | 0 días         | lun 6/07/20         | lun 6/07/20         | 63             |
| Diseños estructurales y arquitectónicos   | 0 días         | lun 6/07/20         | lun 6/07/20         | 58             |
| Presupuesto de obra   | 0 días         | lun 6/07/20         | lun 6/07/20         | 59             |
| Programación de obra  | 0 días         | lun 6/07/20         | lun 6/07/20         | 60             |
| Modelo en Revit   | 0 días         | lun 6/07/20         | lun 6/07/20         | 59             |
| Computadores  | 0 días         | lun 6/07/20         | lun 6/07/20         | 64             |
| Capacitación  | 0 días         | lun 6/07/20         | lun 6/07/20         | 69             |
| Residente BIM   | 47 días        | lun 6/07/20         | mié 26/08/20        | 62             |
| Coordinador BIM   | 47 días        | lun 6/07/20         | mié 26/08/20        | 59CC           |
| <b>▸ IMPRESORA 3D CONSTRUCCIÓN</b>  | <b>48 días</b> | <b>lun 6/07/20</b>  | <b>jue 27/08/20</b> |                |
| Impresora (software mas capacitación)   | 0 días         | lun 6/07/20         | lun 6/07/20         |                |
| Envío de la Impresora 3d  | 0 días         | lun 6/07/20         | lun 6/07/20         |                |
| Ingeniero profesional de apoyo  | 18 días        | vie 7/08/20         | jue 27/08/20        | 35             |
| Técnico Operativo   | 6 días         | lun 3/08/20         | lun 10/08/20        | 35CC           |
| Cuadrilla (2 Ayudantes)   | 6 días         | lun 3/08/20         | lun 10/08/20        | 35CC           |
| Protección para llluvias  | 2 días         | lun 3/08/20         | mié 5/08/20         | 35CC           |

Fuente propia

Como se observa en el anterior cronograma sin tener en cuenta los parámetros mencionados, se tiene una cantidad de ejecución para la vivienda de **48 días**, es decir que entre la vivienda construida con el método convencional y la vivienda construida con la impresora 3D se obtienen **8 días** calendario a favor de la construcción de muros con la impresora 3D.

Si se proyecta éste número de viviendas a construir por ejemplo a 10 viviendas para un conjunto, se obtiene la siguiente relación:

Tabla 16. Proyección de viviendas

| Cantidad de viviendas                      | IMPRESORA 3D (Tiempo días) | MODELO VIS (Tiempo días) |
|--|----------------------------|--------------------------|
| 1  | 98                         | 56                       |
| 2  | 48                         | 56                       |
| 3  | 48                         | 56                       |
| 4  | 48                         | 56                       |
| 5  | 48                         | 56                       |
| 6  | 48                         | 56                       |
| 7  | 48                         | 56                       |
| 8  | 48                         | 56                       |
| 9  | 48                         | 56                       |
| 10   | 48                         | 56                       |
| <b>Total de días de un proyecto grande</b> | 530                        | 560                      |

Fuente propia.

Se observa que por cada 10 viviendas construidas con el método de impresión de muros en concreto con la impresora 3D, se obtendría un ahorro de **30 días** calendario respecto al modelo VIS siendo este el **5,36%** de ahorro en días por cada 10 viviendas.

Si se proyecta un poco más la construcción de viviendas para el análisis, se podría indicar que si se construyen **12 viviendas** con el método convencional se pueden construir **13 viviendas** imprimiendo los muros en concreto con impresora 3D.

El segundo capítulo que se compara es el del pañete, debido a que al momento de construir una casa implementando esta metodología de innovación (la impresora 3D) los muros al ser impresos y terminados, para poder pintarlos no es necesidad de pañetarlos, debido a la superficie con la que queda, es por esto que los días que se demorarían pañetando cualquier proyecto con este método sería ahorrado y no se tendría en cuenta en el cronograma de actividades.

Se tiene en cuenta que el procedimiento realizado anteriormente, se puede realizar de igual forma para los otros proyectos a ejecutar (local, oficina y bodega) teniendo en cuenta que se deben descontar los días de los ítems mencionados y así poder observar el ahorro que se obtiene implementando este método innovador. Enseguida se mostrará una tabla resumen de los días que se ahorran usando la impresora 3D en los demás proyectos y también los días que se ahorran si se proyectan a la construcción de más inmuebles de cada uno:

Tabla 17. Resumen de datos de los días ahorrados con la impresión de muros en 3D

| <b>MUROS EN CONCRETO - MAMPOSTERIA</b> |               |                      |                          |
|--|---------------|----------------------|--------------------------|
| <b>PROYECTO</b>                        | <b>MÉTODO</b> | <b>TIEMPO (DIAS)</b> | <b>DIFERENCIA (DIAS)</b> |
| Vivienda                               | Impresión 3D  | 48                   | 8                        |
|  | VIS           | 56                   |                          |
| Oficina                                | Impresión 3D  | 47.5                 | 16.5                     |
|  | VIS           | 64                   |                          |
| Local                                  | Impresión 3D  | 52                   | 12                       |
|  | VIS           | 64                   |                          |
| Bodega                                 | Impresión 3D  | 53                   | 11                       |
|  | VIS           | 64                   |                          |

Fuente Propia

Tabla 18. Resumen de datos de los días ahorrados con la impresión de muros en 3D – proyectando a 10 construcciones cada uno

| <b>MUROS EN CONCRETO - MAMPOSTERIA</b> |               |                      |                          |
|--|---------------|----------------------|--------------------------|
| <b>PROYECTO</b>                        | <b>MÉTODO</b> | <b>TIEMPO (DIAS)</b> | <b>DIFERENCIA (DIAS)</b> |
| 10 Viviendas                           | Impresión 3D  | 530                  | 30                       |
|  | VIS           | 560                  |                          |
| 10 Oficinas                            | Impresión 3D  | 522                  | 118                      |
|  | VIS           | 640                  |                          |
| 10 Locales                             | Impresión 3D  | 576                  | 64                       |
|  | VIS           | 640                  |                          |
| 10 Bodegas                             | Impresión 3D  | 586                  | 54                       |
|  | VIS           | 640                  |                          |

Fuente Propia.

En la tabla 17 se puede observar que en cada proyecto hay un ahorro de días entre los dos métodos comparados y en la tabla 18 se observa que al proyectar cada uno a 10 hay un ahorro en la oficina de **118 días**, en el local de **64 días** y en la bodega de **54 días**, concluyendo así que es favorable implementar esta nueva tecnología ya que a medida que pasa el tiempo se observan las ganancias.

A continuación, se mostrará un resumen de datos de los valores totales por cada capítulo entre la construcción de cada proyecto con el método convencional y la construcción de los muros en concreto con la impresora 3D, para saber la diferencia de costos entre éstas.

- VIVIENDA

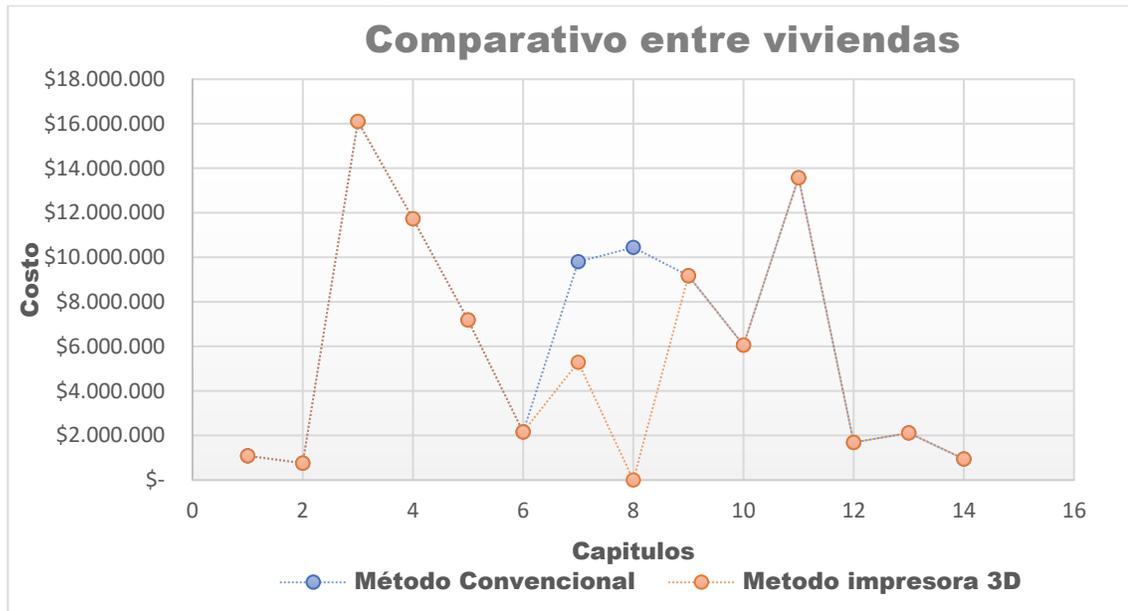
Tabla 19. Comparativo de viviendas por capítulos.

| COMPARATIVO VIVIENDA (1 PLANTA) EN EL MUNICIPIO DE VÉLEZ SANTANDER POR CAPITULOS |                                 |                                       |  |                         |
|--|---------------------------------|---------------------------------------|--|-------------------------|
| ÍTEM   | DESCRIPCIÓN                     | V/R TOTAL -<br>Método<br>convencional | V/R TOTAL -<br>Método de<br>impresora 3D | DIFERENCIA              |
| I  | PRELIMINARES                    | \$ 1.091.320                          | \$ 1.091.320                             | \$ 0                    |
| II   | LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO        | \$ 759.101                            | \$ 759.101                               | \$ 0                    |
| III  | CIMENTACIÓN                     | \$ 16.106.344                         | \$ 16.106.344                            | \$ 0                    |
| IV   | ESTRUCTURAS EN CONCRETO         | \$ 11.740.680                         | \$ 11.740.680                            | \$ 0                    |
| V  | INSTALACIONES HIDROSANITARIAS   | \$ 7.186.860                          | \$ 7.186.860                             | \$ 0                    |
| VI   | INSTALACIONES ELÉCTRICAS        | \$ 2.166.380                          | \$ 2.166.380                             | \$ 0                    |
| VII  | MAMPOSTERÍA - MUROS EN CONCRETO | \$ 9.808.271                          | \$ 5.284.860                             | \$ 4.523.411            |
| VIII   | PAÑETES, REVOQUES Y REPELLOS    | \$ 10.455.730                         | \$ 0                                     | \$ 10.455.730           |
| IX   | BASES, PISOS Y ENCHAPES         | \$ 9.175.586                          | \$ 9.175.586                             | \$ 0                    |
| X  | PINTURA                         | \$ 6.059.605                          | \$ 6.059.605                             | \$ 0                    |
| XI   | CUBIERTAS Y CIELO RASOS         | \$ 13.572.889                         | \$ 13.572.889                            | \$ 0                    |
| XII  | CARPINTERÍA METÁLICA            | \$ 1.691.696                          | \$ 1.691.696                             | \$ 0                    |
| XIII   | CARPINTERÍA DE MADERA           | \$ 2.113.311                          | \$ 2.113.311                             | \$ 0                    |
| XIV  | APARATOS Y EQUIPOS SANITARIOS   | \$ 950.174                            | \$ 950.174                               | \$ 0                    |
| XV   | METODOLOGÍA BIM                 | \$ 0                                  | \$ 58.500.000                            | \$ 58.500.000           |
| XVI  | IMPRESORA 3D CONSTRUCCIÓN       | \$ 0                                  | \$ 1.086.448.186                         | \$ 1.086.448.186        |
| <b>VALOR COSTOS DIRECTOS</b>   |                                 | <b>\$ 92.877.947</b>                  | <b>\$ 1.222.846.992</b>                  | <b>\$ 1.159.927.327</b> |
| ADMINISTRACIÓN   |                                 | 6.00%                                 | \$ 5.572.677                             | \$ 73.370.820           |
| IMPREVISTOS  |                                 | 5.00%                                 | \$ 4.643.897                             | \$ 61.142.350           |
| UTILIDAD   |                                 | 5.00%                                 | \$ 4.643.897                             | \$ 61.142.350           |
| <b>VALOR TOTAL</b>   |                                 | <b>\$ 107.738.418</b>                 | <b>\$ 1.418.502.512</b>                  | <b>\$ 1.345.515.699</b> |

Fuente propia.

En la tabla 19 se puede comprobar que hay una diferencia o un mayor ahorro en los costos de los capítulos de mampostería o muros en concreto aproximadamente de **\$ 4'523.411 pesos M/CTE** y el capítulo del pañete de **\$10.455.730 pesos M/CTE**, evidenciándolo también en el siguiente gráfico:

Gráfica 1. Comparativo Capítulos vs Costos de la vivienda.



Fuente propia

En la gráfica se puede observar que la línea azul corresponde al método convencional (VIS) y la línea naranja al método con impresora 3D, que el eje x pertenece a los capítulos del presupuesto y el eje Y a los costos, donde se puede evidenciar que en el ítem 7 y 8, que hacen referencia al muro en concreto o mampostería y al pañete respectivamente, hay una disminución respecto al costo en la línea naranja el cual es bastante notorio de aproximadamente un **49.45% de ahorro** y el del pañete es de un **100%** debido a que su uso no es necesario para poder pintar.

Como hay un ahorro en estos dos capítulos exactamente el de muros en concreto o mampostería y el del pañete, se decidió realizar un cuadro comparativo por ítem de estos dos capítulos primordiales para un análisis más detallado.

Tabla 20. Comparativo de ítems entre los métodos de estudio de la vivienda.

| COMPARATIVO VIVIENDA (1 PLANTA) EN EL MUNICIPIO DE VÉLEZ SANTANDER POR ÍTEMS |   |              |                                 |                                    |                      |
|--|---|--------------|---------------------------------|------------------------------------|----------------------|
| ÍTEM   | DESCRIPCIÓN   | UNIDAD       | V/R TOTAL - Método convencional | V/R TOTAL - Método de impresora 3D | DIFERENCIA           |
| <b>VII MAMPOSTERÍA</b>   |   |              |                                 |                                    |                      |
| 25   | Muro en Bloque N.º 5 E=0.12 M   | M2           | \$ 9.339.877                    | \$ 0                               | \$ 9.339.877         |
| 26   | Mesón en concreto 2.500 psi e.;10 (Incluye Refuerzo)  | ML           | \$ 297.681                      | \$ 0                               | \$ 297.681           |
| 27   | Dinteles en concreto 2.500 PSI .15x.20  | ML           | \$ 170.713                      | \$ 0                               | \$ 170.713           |
| 27   | Muros Exteriores Impresos (Incluido mano de obra 1 Técnico + 2 Ayudantes) 95,28m <sup>2</sup> | M2           | \$ 0                            | \$ 3.769.277                       | \$ 3.769.277         |
| 28   | Muros Interiores Impresos (Incluido mano de obra 1 Técnico + 2 Ayudantes)                     | M2           | \$ 0                            | \$ 909.089                         | \$ 909.089           |
| 29   | Grafiles (2 Varillas No.02 c./1 m)  | KG           | \$ 0                            | \$ 280.041                         | \$ 280.041           |
| 28   | Epóxido Sika AnchorFix4 X 600cc   | UN           | \$ 0                            | \$ 243.600                         | \$ 243.600           |
| 29   | Acero para confinamiento Muro - Placa (30cm c./1m)  | KG           | \$ 0                            | \$ 35.381                          | \$ 35.381            |
| 30   | Muros Impresos Mesón h=1m   | ML           | \$ 0                            | \$ 47.472                          | \$ 47.472            |
| <b>VIII PAÑETES, REVOQUES Y REPELLOS</b>                                     |   |              |                                 |                                    |                      |
| 28   | Filos y Dilataciones muro   | ML           | \$ 388.494                      | \$ 0                               | \$ 388.494           |
| 29   | Pañete Liso Muros 1:4, E=1.5 CM   | M2           | \$ 8.163.436                    | \$ 0                               | \$ 8.163.436         |
| 30   | Mesón en mármol color oscuro pulido con soportes metálicos incluye salpicaderos.              | ML           | \$ 1.903.800                    | \$ 0                               | \$ 1.903.800         |
| <b>VALOR COSTOS DIRECTOS</b>   |   |              | <b>\$ 20.264.001</b>            | <b>\$ 5.284.860</b>                | <b>\$ 14.979.141</b> |
| <b>ADMINISTRACIÓN</b>  |   | <b>6.00%</b> | \$ 1.215.840                    | \$ 317.092                         | \$ 898.748           |
| <b>IMPREVISTOS</b>   |   | <b>5.00%</b> | \$ 1.013.200                    | \$ 264.243                         | \$ 748.957           |
| <b>UTILIDAD</b>  |   | <b>5.00%</b> | \$ 1.013.200                    | \$ 264.243                         | \$ 748.957           |
| <b>VALOR TOTAL</b>   |   |              | <b>\$ 23.506.241</b>            | <b>\$ 6.130.438</b>                | <b>\$ 17.375.803</b> |

Fuente propia.

Al realizar este comparativo de costos del prototipo de vivienda, en los dos procesos constructivos, se observa que al ejecutar el capítulo de muros en concretos con la impresora en 3D y el capítulo del pañete se obtiene un ahorro monetario del **74%**, el cual genera un resultado favorable de **\$ 14'979.141 pesos M/CTE**, siendo este bastante significativo.

Se decide realizar un análisis de presupuesto si ya se obtuviera una impresora 3D en la empresa y todas las herramientas necesarias para implementar la metodología BIM, para así comprobar cuanto es necesario construir en viviendas para salvaguardar la compra de la impresora 3D de gran formato.

Al retirar los costos de compra y envío de la impresora 3D de gran formato y de la herramienta necesaria para el diseño BIM se obtuvo en el presupuesto (ver anexo D) que la vivienda queda con un costo de **\$ 99.874.614.00 pesos M/CTE**, obteniendo un ahorro monetario del **7.30%** que son aproximadamente **\$ 7.863.804**

pesos M/CTE con respecto a la construcción de la oficina con el modelo de VIS, Como se observa en el resumen a continuación:

Tabla 21. Resumen costos de vivienda en 3D. (Sin la compra de la impresora 3D)

|                              |              |                      |
|------------------------------|--------------|----------------------|
| <b>VALOR COSTOS DIRECTOS</b> |              | <b>\$ 86.098.806</b> |
| <b>ADMINISTRACIÓN</b>        | <b>6.00%</b> | <b>\$ 5.165.928</b>  |
| <b>IMPREVISTOS</b>           | <b>5.00%</b> | <b>\$ 4.304.940</b>  |
| <b>UTILIDAD</b>              | <b>5.00%</b> | <b>\$ 4.304.940</b>  |
| <b>VALOR TOTAL</b>           |              | <b>\$ 99.874.614</b> |

Fuente propia.

- OFICINA

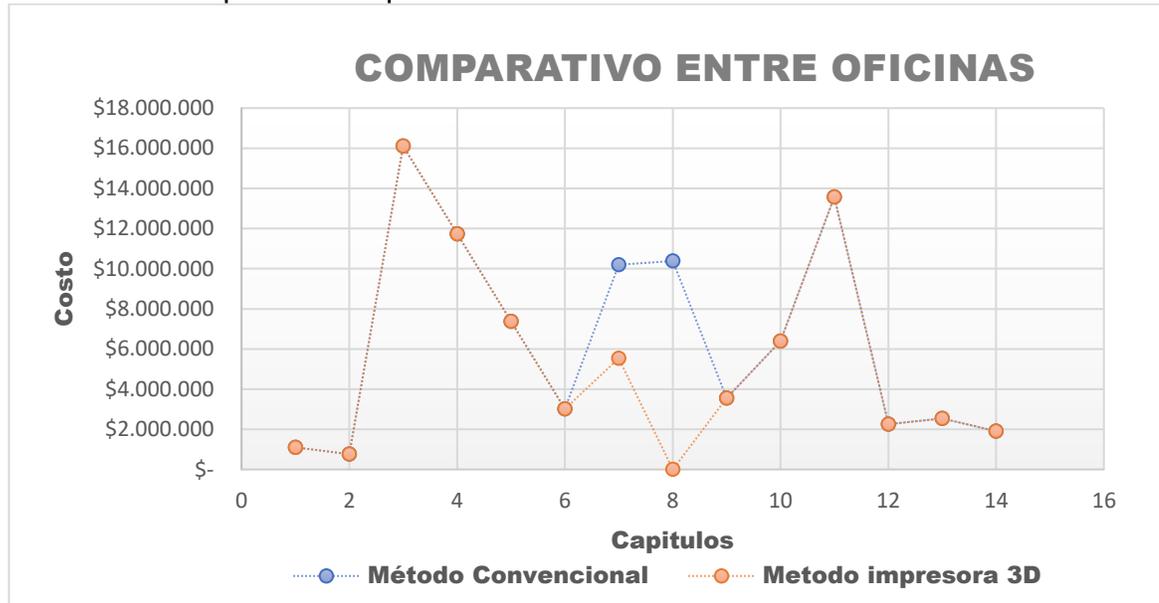
Tabla 22. Comparativo de oficina por capítulos.

| COMPARATIVO OFICINA DE 77 M2 (1 PLANTA) EN EL MUNICIPIO DE VÉLEZ SANTANDER POR CAPITULOS |                               |                                 |                                    |                          |
|--|-------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|--------------------------|
| ÍTEM   | DESCRIPCIÓN                   | V/R TOTAL - Metodo convencional | V/R TOTAL - Metodo de impresora 3D | DIFERENCIA               |
| I  | PRELIMINARES                  | \$ 1.091.320                    | \$ 1.091.320                       | \$ -                     |
| II   | LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO      | \$ 759.101                      | \$ 759.101                         | \$ -                     |
| III  | CIMENTACIÓN                   | \$ 16.106.344                   | \$ 16.106.344                      | \$ -                     |
| IV   | ESTRUCTURAS EN CONCRETO       | \$ 11.740.680                   | \$ 11.740.680                      | \$ -                     |
| V  | INSTALACIONES HIDROSANITARIAS | \$ 7.378.057                    | \$ 7.378.057                       | \$ -                     |
| VI   | INSTALACIONES ELÉCTRICAS      | \$ 3.011.374                    | \$ 3.011.374                       | \$ -                     |
| VII  | MAMPOSTERÍA                   | \$ 10.195.221                   | \$ 5.541.520                       | \$ 4.653.701             |
| VIII   | PAÑETES, REVOQUES Y REPELLOS  | \$ 10.388.060                   | \$ -                               | \$ 10.388.060            |
| IX   | BASES, PISOS Y ENCHAPES       | \$ 3.553.410                    | \$ 3.553.410                       | \$ -                     |
| X  | PINTURA                       | \$ 6.395.026                    | \$ 6.395.026                       | \$ -                     |
| XI   | CUBIERTAS Y CIELO RASOS       | \$ 13.572.889                   | \$ 13.572.889                      | \$ -                     |
| XII  | CARPINTERÍA METÁLICA          | \$ 2.250.114                    | \$ 2.250.114                       | \$ -                     |
| XIII   | CARPINTERÍA DE MADERA         | \$ 2.535.973                    | \$ 2.535.973                       | \$ -                     |
| XIV  | APARATOS Y EQUIPOS SANITARIOS | \$ 1.900.348                    | \$ 1.900.348                       | \$ -                     |
| XV   | AMOBLAGOS                     | \$ 12.543.205                   | \$ 12.543.205                      | \$ -                     |
| XVI  | METODOLOGÍA BIM               |                                 | \$ 58.500.000                      | -\$ 58.500.000           |
| XVII   | IMPRESORA 3D CONSTRUCCIÓN     | \$ -                            | \$ 1.086.448.186                   | -\$ 1.086.448.186        |
| <b>VALOR COSTOS DIRECTOS</b>   |                               | <b>\$ 103.421.122</b>           | <b>\$ 1.233.327.547</b>            | <b>-\$ 1.129.906.425</b> |
|  | ADMINISTRACIÓN                | 6.00% \$ 6.205.267              | \$ 73.999.653                      | -\$ 67.794.386           |
|  | IMPREVISTOS                   | 5.00% \$ 5.171.056              | \$ 61.666.377                      | -\$ 56.495.321           |
|  | UTILIDAD                      | 5.00% \$ 5.171.056              | \$ 61.666.377                      | -\$ 56.495.321           |
|  | <b>VALOR TOTAL</b>            | <b>\$ 119.968.501</b>           | <b>\$ 1.430.659.954</b>            | <b>-\$ 1.310.691.453</b> |

Fuente propia.

En la tabla 22 se puede comprobar que hay una diferencia o un mayor ahorro en los costos de los capítulos de mampostería o muros en concreto aproximadamente de **\$ 4'623.701 pesos M/CTE** y el capítulo del pañete de **\$10.388.060 pesos M/CTE**, evidenciándolo también en el siguiente gráfico:

Gráfica 2. Comparativo Capítulos vs Costos de la oficina.



Fuente propia

En la gráfica 2 se puede observar que la línea azul corresponde al método convencional (VIS) y la línea naranja al método con impresora 3D, que el eje x pertenece a los capítulos del presupuesto y el eje Y a los costos, donde se puede evidenciar que en el ítem 7 y 8, que hacen referencia al muro en concreto o mampostería y al pañete respectivamente, hay una disminución respecto al costo en la línea naranja el cual es bastante notorio de aproximadamente un **45.65% de ahorro** y el del pañete es de un **100% de ahorro** debido a que su uso no es necesario para poder pintar en diferencia al método convencional (VIS).

Como hay un ahorro en estos dos capítulos exactamente el de muros en concreto o mampostería y el del pañete, se decidió realizar un cuadro comparativo por ítem de estos dos capítulos primordiales para un análisis más detallado.

Tabla 23. Comparativo de ítems entre los métodos de estudio de la oficina.

| COMPARATIVO OFICINA DE 77 M2 (1 PLANTA) EN EL MUNICIPIO DE VÉLEZ SANTANDER POR ÍTEMS |   |              |                                 |                                    |                      |
|--|---|--------------|---------------------------------|------------------------------------|----------------------|
| ÍTEM   | DESCRIPCIÓN   | UNIDAD       | V/R TOTAL - Metodo convencional | V/R TOTAL - Metodo de impresora 3D | DIFERENCIA           |
| <b>VII</b>   | <b>MAMPOSTERÍA</b>  |              |                                 |                                    | \$ -                 |
| 25   | Muro en Bloque N.º 5 E=0.12 M   | M2           | \$ 9.763.986                    | \$ -                               | \$ 9.763.986         |
| 26   | Mesón en concreto 2.500 psi e.;10 (Incluye Refuerzo)                              | ML           | \$ 226.380                      | \$ -                               | \$ 226.380           |
| 27   | Dinteles en concreto 2.500 PSI .15x.20  | ML           | \$ 204.855                      | \$ -                               | \$ 204.855           |
| 27   | Muros Exteriores Impresos (Incluido mano de obra 1 Técnico + 2 Ayudantes) 95,28m2 | M2           | \$ -                            | \$ 3.842.473.00                    | \$ 3.842.473         |
| 28   | Muros Interiores Impresos (Incluido mano de obra 1 Técnico + 2 Ayudantes)         | M2           | \$ -                            | \$ 1.059.951.00                    | \$ 1.059.951         |
| 29   | Grafiles (2 Varillas No.02 c./1 m)  | KG           | \$ -                            | \$ 314.426.00                      | \$ 314.426           |
| 28   | Epoxico Sika AnchorFix4 X 600cc   | UN           | \$ -                            | \$ 243.600.00                      | \$ 243.600           |
| 29   | Acero para confinamiento Muro - Placa (30cm c./1m)                                | KG           | \$ -                            | \$ 33.485.00                       | \$ 33.485            |
| 30   | Muros Impresos Mesón h=1m   | ML           | \$ -                            | \$ 47.585.00                       | \$ 47.585            |
| <b>VIII</b>  | <b>PAÑETES, REVOQUES Y REPELLOS</b>   |              | \$ -                            |                                    |                      |
| 28   | Filos y Dilataciones muro   | ML           | \$ 406.135                      | \$ -                               | \$ 406.135           |
| 29   | Pañete Liso Muros 1:4, E=1.5 CM   | M2           | \$ 8.534.125                    | \$ -                               | \$ 8.534.125         |
| 30   | Mesón en mármol color oscuro pulido con soportes metálicos incluye salpicaderos.  | ML           | \$ 1.447.800                    | \$ -                               | \$ 1.447.800         |
| <b>VALOR COSTOS DIRECTOS</b>   |   |              | <b>\$ 20.583.281</b>            | <b>\$ 5.541.520</b>                | <b>\$ 15.041.761</b> |
|  | <b>ADMINISTRACIÓN</b>   | <b>6.00%</b> | \$ 1.234.997                    | \$ 332.491                         | \$ 902.506           |
|  | <b>IMPREVISTOS</b>  | <b>5.00%</b> | \$ 1.029.164                    | \$ 277.076                         | \$ 752.088           |
|  | <b>UTILIDAD</b>   | <b>5.00%</b> | \$ 1.029.164                    | \$ 277.076                         | \$ 752.088           |
|  | <b>VALOR TOTAL</b>  |              | <b>\$ 23.876.606</b>            | <b>\$ 6.428.163</b>                | <b>\$ 17.448.443</b> |

Fuente propia.

Al realizar este comparativo de costos del prototipo de oficina, en los dos procesos constructivos, se observa que al ejecutar el capítulo de muros en concretos y el capítulo del pañete con la impresora en 3D se obtiene un ahorro monetario del **73,10%**, el cual genera un resultado favorable de costo de **\$ 15'041.761 pesos M/CTE**, siendo este bastante significativo.

Se decide realizar un análisis de presupuesto si ya se obtuviera una impresora 3D en la empresa y todas las herramientas necesarias para implementar la metodología BIM, para así comprobar cuanto es necesario construir en oficinas para salvaguardar la compra de la impresora 3D de gran formato.

Al retirar los costos de compra y envío de la impresora 3D de gran formato y de la herramienta necesaria para el diseño BIM se obtuvo en el presupuesto (ver anexo D) que la oficina queda con un costo de **\$ 112.032.059 pesos M/CTE**, obteniendo

un ahorro monetario del **6.61%** que son aproximadamente **\$ 7.936.442 pesos M/CTE** con respecto a la construcción de la oficina con el modelo de VIS, Como se observa en el resumen a continuación:

Tabla 24. Resumen costos de oficina en 3D. (Sin la compra de la impresora 3D)

|                              |              |                          |
|------------------------------|--------------|--------------------------|
| <b>VALOR COSTOS DIRECTOS</b> |              | <b>\$96.579.361.00</b>   |
| <b>ADMINISTRACIÓN</b>        | <b>6.00%</b> | \$5.794.762.00           |
| <b>IMPREVISTOS</b>           | <b>5.00%</b> | \$4.828.968.00           |
| <b>UTILIDAD</b>              | <b>5.00%</b> | \$4.828.968.00           |
| <b>VALOR TOTAL</b>           |              | <b>\$ 112.032.059.00</b> |

Fuente propia.

- LOCAL

Tabla 25. Comparativo de local por capítulos.

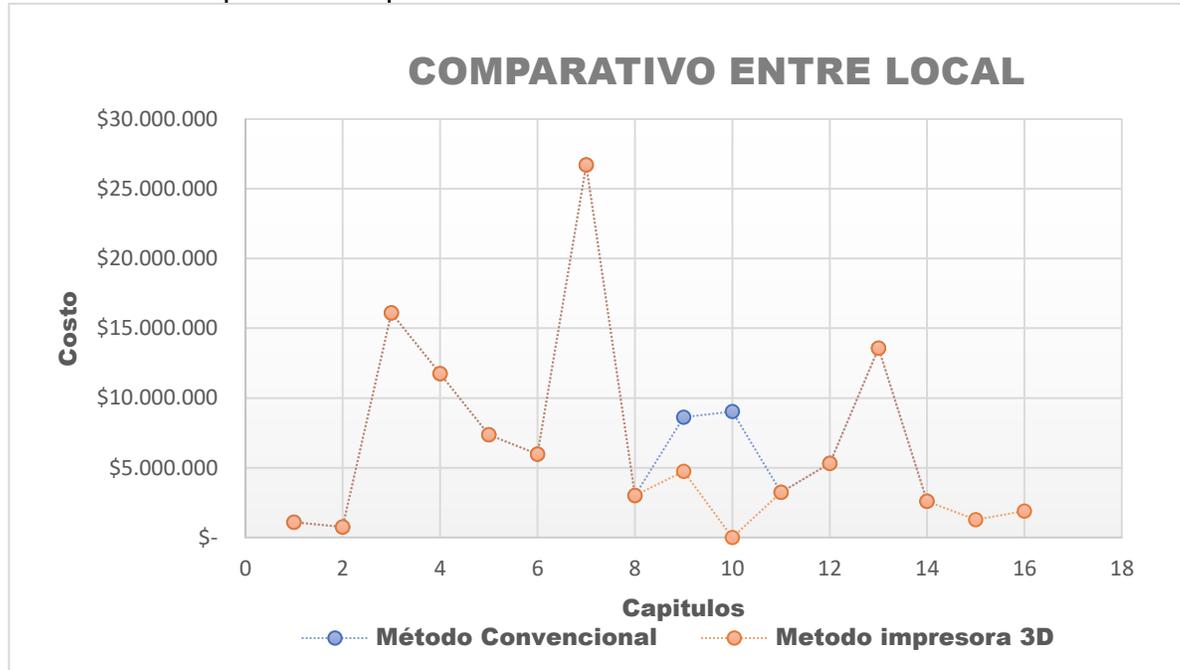
| COMPARATIVO LOCAL DE 77 M2 (1 PLANTA) EN EL MUNICIPIO DE VÉLEZ SANTANDER POR CAPITULOS |                               |       |                                 |                                    |                          |
|--|-------------------------------|-------|---------------------------------|------------------------------------|--------------------------|
| ÍTEM   | DESCRIPCIÓN                   |       | V/R TOTAL - Metodo convencional | V/R TOTAL - Metodo de impresora 3D | DIFERENCIA               |
| I  | PRELIMINARES                  |       | \$ 1.091.320                    | \$ 1.091.320                       | \$ -                     |
| II   | LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO      |       | \$ 759.101                      | \$ 759.101                         | \$ -                     |
| III  | CIMENTACIÓN                   |       | \$ 16.106.344                   | \$ 16.106.344                      | \$ -                     |
| IV   | ESTRUCTURAS EN CONCRETO       |       | \$ 11.740.680                   | \$ 11.740.680                      | \$ -                     |
| V  | INSTALACIONES HIDROSANITARIAS |       | \$ 7.378.057                    | \$ 7.378.057                       | \$ -                     |
| VI   | RED CONTRAINCENDIO            |       | \$ 5.973.002                    | \$ 5.973.002                       | \$ -                     |
| VII  | AIRE ACONDICIONADO            |       | \$ 26.705.671                   | \$ 26.705.671                      | \$ -                     |
| VIII   | INSTALACIONES ELÉCTRICAS      |       | \$ 3.011.374                    | \$ 3.011.374                       | \$ -                     |
| IX   | MAMPOSTERÍA O MUROS IMPRESOS  |       | \$ 8.620.654                    | \$ 4.737.783                       | \$ 3.882.871             |
| X  | PAÑETES, REVOQUES Y REPELLOS  |       | \$ 9.040.115                    |                                    | \$ 9.040.115             |
| XI   | BASES, PISOS Y ENCHAPES       |       | \$ 3.247.322                    | \$ 3.247.322                       | \$ -                     |
| XII  | PINTURA                       |       | \$ 5.305.444                    | \$ 5.305.444                       | \$ -                     |
| XIII   | CUBIERTAS Y CIELO RASOS       |       | \$ 13.572.889                   | \$ 13.572.889                      | \$ -                     |
| XIV  | CARPINTERÍA METÁLICA          |       | \$ 2.609.135                    | \$ 2.609.135                       | \$ -                     |
| XV   | CARPINTERÍA DE MADERA         |       | \$ 1.267.986                    | \$ 1.267.986                       | \$ -                     |
| XVI  | APARATOS Y EQUIPOS SANITARIOS |       | \$ 1.900.348                    | \$ 1.900.348                       | \$ -                     |
| XVIII  | METODOLOGÍA BIM               |       | \$ -                            | \$ 58.500.000                      | -\$ 58.500.000           |
| XIV  | IMPRESORA 3D CONSTRUCCIÓN     |       | \$ -                            | \$ 1.086.448.186                   | -\$ 1.086.448.186        |
| <b>VALOR COSTOS DIRECTOS</b>   |                               |       | <b>\$ 116.429.094</b>           | <b>\$ 1.250.354.642</b>            | <b>-\$ 1.133.925.548</b> |
|  | ADMINISTRACIÓN                | 6.00% | \$ 6.985.746                    | \$ 75.021.279                      | -\$ 68.035.533           |
|  | IMPREVISTOS                   | 5.00% | \$ 5.821.455                    | \$ 62.517.732                      | -\$ 56.696.277           |
|  | UTILIDAD                      | 5.00% | \$ 5.821.455                    | \$ 62.517.732                      | -\$ 56.696.277           |
|  | <b>VALOR TOTAL</b>            |       | <b>\$ 135.057.750</b>           | <b>\$ 1.450.411.385</b>            | <b>-\$ 1.315.353.635</b> |

Fuente propia.

En la tabla 25 se puede comprobar que hay una diferencia o un mayor ahorro en los costos de los capítulos de mampostería o muros en concreto aproximadamente de

\$ 3'882.871 pesos M/CTE y el capítulo del pañete de \$9.040.115 pesos M/CTE, evidenciándolo también en el siguiente gráfico:

Gráfica 3. Comparativo Capítulos vs Costos del local.



Fuente propia

En la gráfica 3 se puede observar que la línea azul corresponde al método convencional (VIS) y la línea naranja al método con impresora 3D, que el eje X pertenece a los capítulos del presupuesto y el eje Y a los costos, donde se puede evidenciar que en el ítem 9 y 10, que hacen referencia al muro en concreto o mampostería y al pañete respectivamente, hay una disminución respecto al costo en la línea naranja el cual es bastante notorio de aproximadamente un **45% de ahorro** y el del pañete es de un **100% de ahorro** debido a que su uso no es necesario para poder pintar en diferencia al método convencional (VIS).

Como hay un ahorro en estos dos capítulos exactamente el de muros en concreto o mampostería y el del pañete, se decidió realizar un cuadro comparativo por ítem de estos dos capítulos primordiales para un análisis más detallado.

Tabla 26. Comparativo de ítems entre los métodos de estudio del local.

| COMPARATIVO LOCAL DE 77 M2 (1 PLANTA) EN EL MUNICIPIO DE VÉLEZ SANTANDER POR ÍTEMS |   |              |                                 |                                    |                      |
|--|---|--------------|---------------------------------|------------------------------------|----------------------|
| ÍTEM   | DESCRIPCIÓN   | UNIDAD       | V/R TOTAL - Metodo convencional | V/R TOTAL - Metodo de impresora 3D | DIFERENCIA           |
| <b>VII</b>   | <b>MAMPOSTERÍA</b>  |              |                                 |                                    | \$ -                 |
| 25   | Muro en Bloque N.º 5 E=0.12 M   | M2           | \$ 8.291.846                    | \$ -                               | \$ 8.291.846         |
| 26   | Mesón en concreto 2.500 psi e.,10 (Incluye Refuerzo)                              | ML           | \$ 226.380                      | \$ -                               | \$ 226.380           |
| 27   | Dinteles en concreto 2.500 PSI .15x.20  | ML           | \$ 102.428                      | \$ -                               | \$ 102.428           |
| 27   | Muros Exteriores Impresos (Incluido mano de obra 1 Técnico + 2 Ayudantes) 95,28m2 | M2           | \$ -                            | \$ 3.738.908.00                    | \$ 3.738.908         |
| 28   | Muros Interiores Impresos (Incluido mano de obra 1 Técnico + 2 Ayudantes)         | M2           | \$ -                            | \$ 462.162.00                      | \$ 462.162           |
| 29   | Grafiles (2 Varillas No.02 c./1 m)  | KG           | \$ -                            | \$ 219.319.00                      | \$ 219.319           |
| 28   | Epoxico Sika AnchorFix4 X 600cc   | UN           | \$ -                            | \$ 243.600.00                      | \$ 243.600           |
| 29   | Acero para confinamiento Muro - Placa (30cm c./1m)                                | KG           | \$ -                            | \$ 25.777.00                       | \$ 25.777            |
| 30   | Muros Impresos Mesón h=1m   | ML           | \$ -                            | \$ 48.017.00                       | \$ 48.017            |
| <b>VIII</b>  | <b>PAÑETES, REVOQUES Y REPELLOS</b>   |              | \$ -                            |                                    |                      |
| 28   | Filos y Dilataciones muro   | ML           | \$ 344.901.00                   | \$ -                               | \$ 344.901           |
| 29   | Pañete Liso Muros 1:4, E=1.5 CM   | M2           | \$ 7.247.414.00                 | \$ -                               | \$ 7.247.414         |
| 30   | Mesón en mármol color oscuro pulido con soportes metálicos incluye salpicaderos.  | ML           | \$ 1.447.800.00                 | \$ -                               | \$ 1.447.800         |
| <b>VALOR COSTOS DIRECTOS</b>   |   |              | <b>\$ 17.660.769</b>            | <b>\$ 4.737.783</b>                | <b>\$ 12.922.986</b> |
|  | <b>ADMINISTRACIÓN</b>   | <b>6.00%</b> | \$ 1.059.646                    | \$ 284.267                         | \$ 775.379           |
|  | <b>IMPREVISTOS</b>  | <b>5.00%</b> | \$ 883.038                      | \$ 236.889                         | \$ 646.149           |
|  | <b>UTILIDAD</b>   | <b>5.00%</b> | \$ 883.038                      | \$ 236.889                         | \$ 646.149           |
|  | <b>VALOR TOTAL</b>  |              | <b>\$ 20.486.491</b>            | <b>\$ 5.495.828</b>                | <b>\$ 14.990.663</b> |

Fuente propia.

Al realizar este comparativo de costos del prototipo del local, en los dos procesos constructivos, se observa que al ejecutar el capítulo de muros en concretos y el capítulo del pañete con la impresora en 3D se obtiene un ahorro monetario del **73,17%**, el cual genera un resultado favorable de costo de **\$ 12'922.986 pesos M/CTE**, siendo este bastante significativo.

Se decide realizar un análisis de presupuesto si ya se obtuviera una impresora 3D en la empresa y todas las herramientas necesarias para implementar la metodología BIM, y así comprobar cuanto es necesario construir en locales para salvaguardar la compra de la impresora 3D de gran formato.

Al retirar los costos de compra y envío de la impresora 3D de gran formato y de la herramienta necesaria para el diseño BIM se obtuvo en el presupuesto (ver anexo D) que el local queda con un costo de **\$ 131.783.489 pesos M/CTE**, obteniendo un

ahorro monetario del 4% que son aproximadamente \$ 5'478.664 pesos M/CTE con respecto a la construcción del local con el modelo de VIS, como se observa en el resumen a continuación:

Tabla 27. Resumen costos del local en 3D. (Sin la compra de la impresora 3D)

|                              |              |                       |
|------------------------------|--------------|-----------------------|
| <b>VALOR COSTOS DIRECTOS</b> |              | <b>\$113.606.456</b>  |
| <b>ADMINISTRACIÓN</b>        | <b>6.00%</b> | <b>\$6.816.387</b>    |
| <b>IMPREVISTOS</b>           | <b>5.00%</b> | <b>\$5.680.323</b>    |
| <b>UTILIDAD</b>              | <b>5.00%</b> | <b>\$5.680.323</b>    |
| <b>VALOR TOTAL</b>           |              | <b>\$ 131.783.489</b> |

Fuente propia.

- BODEGA

Tabla 28. Comparativo de la bodega por capítulos.

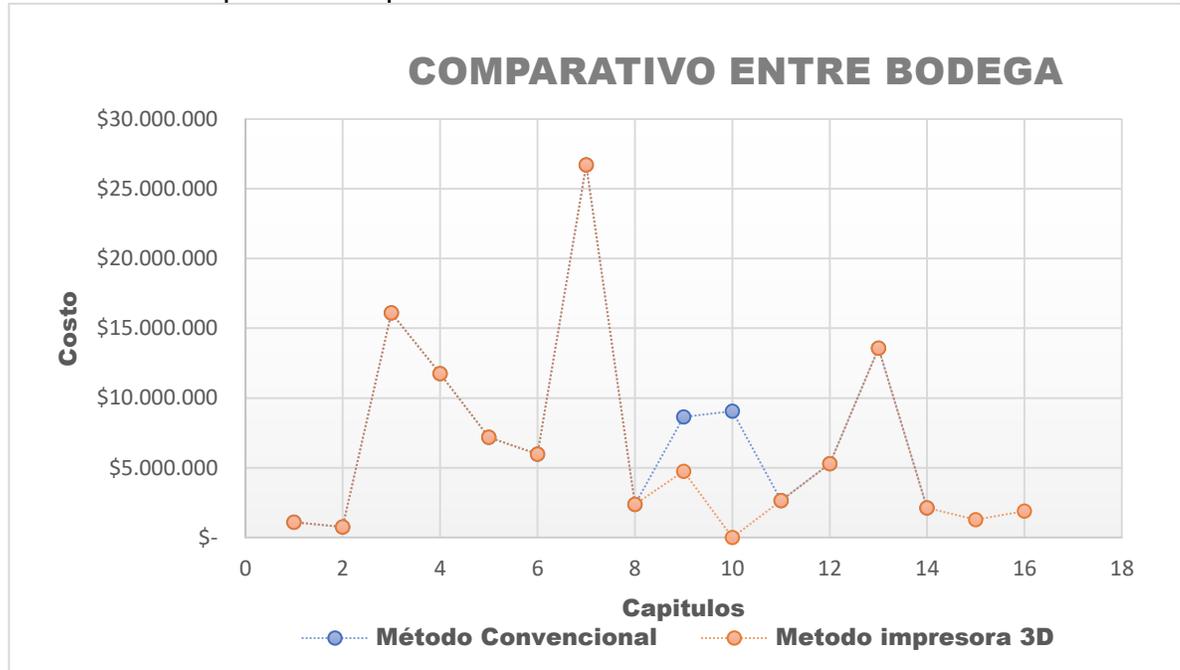
| COMPARATIVO BODEGA DE 77 M2 (1 PLANTA) EN EL MUNICIPIO DE VÉLEZ SANTANDER POR CAPITULOS |                               |                                 |                                    |                          |
|---|-------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|--------------------------|
| ÍTEM  | DESCRIPCIÓN                   | V/R TOTAL - Metodo convencional | V/R TOTAL - Metodo de impresora 3D | DIFERENCIA               |
| I   | PRELIMINARES                  | \$ 1.091.320                    | \$ 1.091.320                       | \$ -                     |
| II  | LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO      | \$ 759.101                      | \$ 759.101                         | \$ -                     |
| III   | CIMENTACIÓN                   | \$ 16.106.344                   | \$ 16.106.344                      | \$ -                     |
| IV  | ESTRUCTURAS EN CONCRETO       | \$ 11.740.680                   | \$ 11.740.680                      | \$ -                     |
| V   | INSTALACIONES HIDROSANITARIAS | \$ 7.186.860                    | \$ 7.186.860                       | \$ -                     |
| VI  | RED CONTRAINCENDIO            | \$ 5.973.002                    | \$ 5.973.002                       | \$ -                     |
| VII   | AIRE ACONDICIONADO            | \$ 26.705.671                   | \$ 26.705.671                      | \$ -                     |
| VIII  | INSTALACIONES ELÉCTRICAS      | \$ 2.381.374                    | \$ 2.381.374                       | \$ -                     |
| IX  | MAMPOSTERÍA O MUROS IMPRESOS  | \$ 8.642.767                    | \$ 4.748.142                       | \$ 3.894.625             |
| X   | PAÑETES, REVOQUES Y REPELLOS  | \$ 9.060.363                    |                                    | \$ 9.060.363             |
| XI  | BASES, PISOS Y ENCHAPES       | \$ 2.647.322                    | \$ 2.647.322                       | \$ -                     |
| XII   | PINTURA                       | \$ 5.303.669                    | \$ 5.303.669                       | \$ -                     |
| XIII  | CUBIERTAS Y CIELO RASOS       | \$ 13.572.889                   | \$ 13.572.889                      | \$ -                     |
| XIV   | CARPINTERÍA METÁLICA          | \$ 2.121.248                    | \$ 2.121.248                       | \$ -                     |
| XV  | CARPINTERÍA DE MADERA         | \$ 1.267.986                    | \$ 1.267.986                       | \$ -                     |
| XVI   | APARATOS Y EQUIPOS SANITARIOS | \$ 1.900.348                    | \$ 1.900.348                       | \$ -                     |
| XVIII   | METODOLOGÍA BIM               | \$ -                            | \$ 58.500.000                      | -\$ 58.500.000           |
| XIV   | IMPRESORA 3D CONSTRUCCIÓN     | \$ -                            | \$ 1.086.448.186                   | -\$ 1.086.448.186        |
| <b>VALOR COSTOS DIRECTOS</b>  |                               | <b>\$ 114.560.596</b>           | <b>\$ 1.248.454.142</b>            | <b>-\$ 1.133.893.546</b> |
|   | ADMINISTRACIÓN                | 6.00% \$ 6.873.636              | \$ 74.907.249                      | -\$ 68.033.613           |
|   | IMPREVISTOS                   | 5.00% \$ 5.728.030              | \$ 62.422.707                      | -\$ 56.694.677           |
|   | UTILIDAD                      | 5.00% \$ 5.728.030              | \$ 62.422.707                      | -\$ 56.694.677           |
|   | <b>VALOR TOTAL</b>            | <b>\$ 132.890.292</b>           | <b>\$ 1.448.206.805</b>            | <b>-\$ 1.315.316.513</b> |

Fuente propia.

En la tabla 28 se puede comprobar que hay una diferencia o un mayor ahorro en los costos de los capítulos de mampostería o muros en concreto aproximadamente de

\$ 3'894.625 pesos M/CTE y el capítulo del pañete de \$9.060.363 pesos M/CTE, evidenciándolo también en el siguiente gráfico:

Gráfica 4. Comparativo Capítulos vs Costos del local.



Fuente propia

En la gráfica 4 se puede observar que la línea azul corresponde al método convencional (VIS) y la línea naranja al método con impresora 3D, el eje X pertenece a los capítulos de los respectivos presupuesto y el eje Y a los costos, donde se puede evidenciar que en el ítem 9 y 10, que hacen referencia al muro en concreto o mampostería y al pañete respectivamente, hay una disminución respecto al costo en la línea naranja el cual es bastante notorio de aproximadamente un **45,10% de ahorro** y el del pañete es de un **100% de ahorro** debido a que su uso no es necesario para poder pintar en diferencia al método convencional (VIS).

Como hay un ahorro en estos dos capítulos exactamente el de muros en concreto o mampostería y el del pañete, se decidió realizar un cuadro comparativo por ítem de estos dos capítulos primordiales para un análisis más detallado.

Tabla 29. Comparativo de ítems entre los métodos de estudio de la bodega.

| COMPARATIVO BODEGA DE 77 M2 (1 PLANTA) EN EL MUNICIPIO DE VÉLEZ SANTANDER POR ÍTEMS |   |              |                                 |                                    |                      |
|---|---|--------------|---------------------------------|------------------------------------|----------------------|
| ÍTEM  | DESCRIPCIÓN   | UNIDAD       | V/R TOTAL - Metodo convencional | V/R TOTAL - Metodo de impresora 3D | DIFERENCIA           |
| <b>VII</b>  | <b>MAMPOSTERÍA</b>  |              |                                 |                                    | \$ -                 |
| 25  | Muro en Bloque N.º 5 E=0.12 M   | M2           | \$ 8.313.959.00                 | \$ -                               | \$ 8.313.959         |
| 26  | Mesón en concreto 2.500 psi e.:10 (Incluye Refuerzo)                              | ML           | \$ 226.380.00                   | \$ -                               | \$ 226.380           |
| 27  | Dinteles en concreto 2.500 PSI .15x.20  | ML           | \$ 102.428.00                   | \$ -                               | \$ 102.428           |
| 28  | Muros Exteriores Impresos (Incluido mano de obra 1 Técnico + 2 Ayudantes) 95,28m2 | M2           | \$ -                            | \$ 3.819.204.00                    | \$ 3.819.204         |
| 29  | Muros Interiores Impresos (Incluido mano de obra 1 Técnico + 2 Ayudantes)         | M2           | \$ -                            | \$ 400.439.00                      | \$ 400.439           |
| 30  | Grafiles (2 Varillas No.02 c./1 m)  | KG           | \$ -                            | \$ 211.821.00                      | \$ 211.821           |
| 31  | Epoxico Sika AnchorFix4 X 600cc   | UN           | \$ -                            | \$ 243.600.00                      | \$ 243.600           |
| 32  | Acero para confinamiento Muro - Placa (30cm c./1m)                                | KG           | \$ -                            | \$ 24.977.00                       | \$ 24.977            |
| 33  | Muros Impresos Mesón h=1m   | ML           | \$ -                            | \$ 48.101.00                       | \$ 48.101            |
| <b>VIII</b>   | <b>PAÑETES, REVOQUES Y REPELLOS</b>   |              | \$ -                            |                                    |                      |
| 34  | Filos y Dilataciones muro   | ML           | \$ 345.821.00                   | \$ -                               | \$ 345.821           |
| 35  | Pañete Liso Muros 1:4, E=1.5 CM   | M2           | \$ 7.266.742.00                 | \$ -                               | \$ 7.266.742         |
| 36  | Mesón en mármol color oscuro pulido con soportes metálicos incluye salpicaderos.  | ML           | \$ 1.447.800.00                 | \$ -                               | \$ 1.447.800         |
|   | <b>VALOR COSTOS DIRECTOS</b>  |              | <b>\$ 17.703.130</b>            | <b>\$ 4.748.142</b>                | <b>\$ 12.954.988</b> |
|   | <b>ADMINISTRACIÓN</b>   | <b>6.00%</b> | \$ 1.062.188                    | \$ 284.889                         | \$ 777.299           |
|   | <b>IMPREVISTOS</b>  | <b>5.00%</b> | \$ 885.157                      | \$ 237.407                         | \$ 647.749           |
|   | <b>UTILIDAD</b>   | <b>5.00%</b> | \$ 885.157                      | \$ 237.407                         | \$ 647.749           |
|   | <b>VALOR TOTAL</b>  |              | <b>\$ 20.535.632</b>            | <b>\$ 5.507.845</b>                | <b>\$ 15.027.785</b> |

Fuente propia.

Al realizar este comparativo de costos del prototipo de la bodega, en los dos procesos constructivos, se observa que al ejecutar el capítulo de muros en concretos y el capítulo del pañete con la impresora en 3D se obtiene un ahorro monetario del **73,18%**, el cual genera un resultado favorable de costo de **\$12'954.988 pesos M/CTE**, siendo este bastante significativo.

Se decide realizar un análisis de presupuesto si ya se obtuviera una impresora 3D en la empresa y todas las herramientas necesarias para implementar la metodología BIM, y así comprobar cuanto es necesario construir en bodega para salvaguardar la compra de la impresora 3D de gran formato.

Al retirar los costos de compra y envío de la impresora 3D de gran formato y de la herramienta necesaria para el diseño BIM se obtuvo en el presupuesto (ver anexo D) que el local queda con un costo de **\$ 129.578.909 pesos M/CTE**, obteniendo un

**ahorro monetario del 4,10%** que son aproximadamente **\$ 5'515.786 pesos M/CTE** con respecto a la construcción de la bodega con el modelo de VIS, como se observa en el resumen a continuación:

Tabla 30. Resumen costos de la bodega en 3D. (Sin la compra de la impresora 3D)

| <b>VALOR COSTOS DIRECTOS</b> |              | <b>\$111.705.956</b>  |
|------------------------------|--------------|-----------------------|
| <b>ADMINISTRACIÓN</b>        | <b>6.00%</b> | \$6.702.357           |
| <b>IMPREVISTOS</b>           | <b>5.00%</b> | \$5.585.298           |
| <b>UTILIDAD</b>              | <b>5.00%</b> | \$5.585.298           |
| <b>VALOR TOTAL</b>           |              | <b>\$ 129.578.909</b> |

Fuente propia.

A continuación, se puede observar una tabla resumen de los costos tanto por el modelo VIS como por el método de la impresión en 3D y adicionalmente un costo de cada proyecto construido en 3D pero sin la compra y envío de la impresora 3D y las herramientas necesarias para el desarrollo de la metodología BIM.

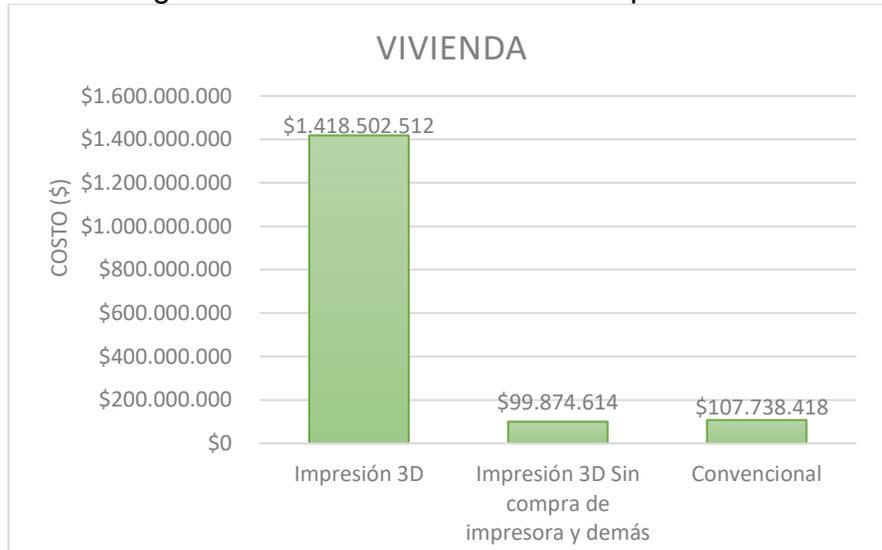
Tabla 31. Resumen de costos de cada proyecto.

| <b>PROYECTO</b> | <b>MÉTODO</b>                                | <b>COSTO (\$)</b> |
|-----------------|--|-------------------|
| Vivienda        | Impresión 3D                                 | \$ 1.418.502.512  |
|                 | Impresión 3D Sin compra de impresora y demás | \$ 99.874.614     |
|                 | Convencional                                 | \$ 107.738.418    |
| Local           | Impresión 3D                                 | \$ 1.450.411.385  |
|                 | Impresión 3D Sin compra de impresora y demás | \$ 131.783.489    |
|                 | Convencional                                 | \$ 137.262.153    |
| Oficina         | Impresión 3D                                 | \$ 1.430.659.954  |
|                 | Impresión 3D Sin compra de impresora y demás | \$ 112.032.059    |
|                 | Convencional                                 | \$ 119.968.501    |
| Bodega          | Impresión 3D                                 | \$ 1.448.206.805  |
|                 | Impresión 3D Sin compra de impresora y demás | \$ 129.578.909    |
|                 | Convencional                                 | \$ 135.094.695    |

Fuente propia.

Con la tabla anterior se decide realizar unos diagramas de barras para observar mejor el resultado de cada, donde en el eje Y se observa el costo de los 3 presupuestos realizados, y en el eje X se observan 3 barras con sus respectivos costos, la primer barra es con el método de impresión en 3D, la segunda barra es con la impresión en 3D pero sin tener en cuenta el costo de compra y demás y la tercer barra viene siendo el costo final obtenido por el método convencional (VIS).

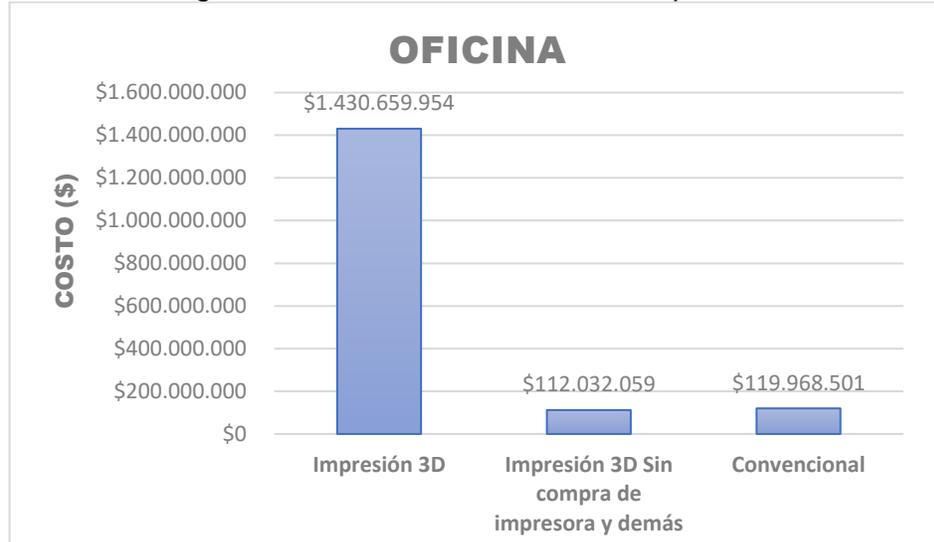
Gráfica 5. Diagrama de barras de diferencia de precios de la vivienda.



Fuente propia

Con la tabla 31 y el diagrama de barra mostrado de la vivienda se puede observar y casi confirmar que el costo de la construcción implementando la impresora 3D es bastante elevado debido a la compra de ésta y del diseño BIM, pero al momento de quitar éstos dos parámetros se tiene un ahorro aproximado de **\$7'863.804 pesos M/CTE** de la vivienda.

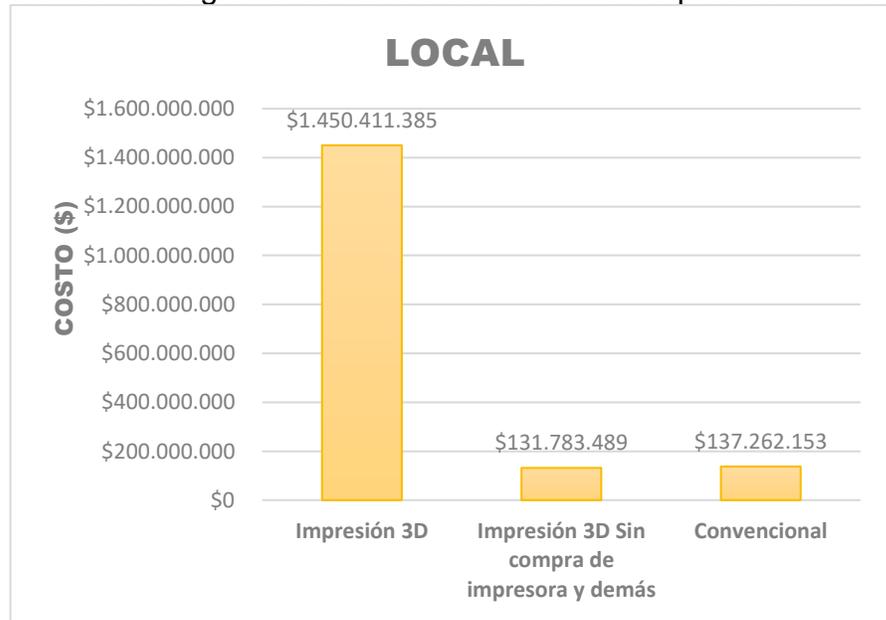
Gráfica 6. Diagrama de barras de diferencia de precios de la oficina



Fuente propia

Con la tabla 31 y el diagrama de barra mostrado de la oficina se puede observar y casi confirmar que el costo de la construcción implementando la impresora 3D es bastante elevado debido a la compra de ésta y del diseño BIM, pero al momento de quitar éstos dos parámetros se tiene un ahorro aproximado de **\$5'478.664 pesos M/CTE** de la oficina

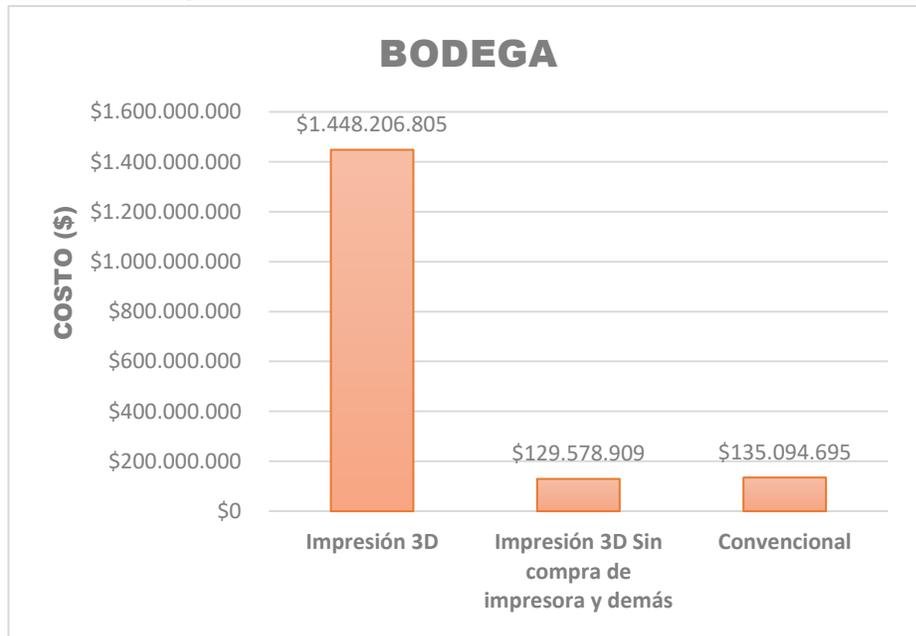
Gráfica 7. Diagrama de barras de diferencia de precios del local



Fuente propia

Con la tabla 31 y el diagrama de barra mostrado del local se puede observar y casi confirmar que el costo de la construcción implementando la impresora 3D es bastante elevado debido a la compra de ésta y del diseño BIM, pero al momento de quitar éstos dos parámetros se tiene un ahorro aproximado de **\$7'936.442 pesos M/CTE** del local

Gráfica 8. Diagrama de barras de diferencia de precios de la bodega



Fuente propia

Con la tabla 31 y el diagrama de barra mostrado del local se puede observar y casi confirmar que el costo de la construcción implementando la impresora 3D es bastante elevado debido a la compra de ésta y del diseño BIM, pero al momento de quitar éstos dos parámetros se tiene un ahorro aproximado de **\$5'515.786 pesos M/CTE** del local

Concluyendo con los gráficos 5,6,7 y 8 se observa que si se realiza una construcción amplia o grande tanto de vivienda, local, oficina o bodega se recuperaría lo invertido en la compra de la impresora 3D y los implementos de la metodología BIM empezando a haber un ahorro monetario alto.

#### 4.5. UTILIDAD DE USAR IMPRESORAS 3D Y METODOLOGIA BIM EN CONSTRUCCIÓN DE MUROS EN CONCRETO EN EDIFICACIONES.

Para el análisis de la utilidad, se toma como referencia la construcción de los muros en concreto con la impresora 3D de la vivienda como fue mencionado en la propuesta del trabajo de grado aprobada, para un proyecto de varias unidades con el fin de conocer el punto de equilibrio de la empresa que tome la decisión de comprar la impresora de gran formato 3D e implementar la metodología BIM.

Hablamos de una vivienda de 1 solo nivel con un área aproximada de 77 m<sup>2</sup> de construcción, proyecto que se ha venido mencionando anteriormente.

En primera instancia se tiene los datos iniciales para nuestro proyecto de X viviendas, dichas cantidades de viviendas serán el punto de equilibrio económico para la empresa.

Como iniciativa, se contempla un proyecto de una duración de 15 meses, de los cuales los dos primeros meses corresponden a los Estudios y diseños, y los 13 meses restantes hace parte a la construcción de las viviendas impresas con muros 3D.

A continuación, se presenta la tabla de datos correspondientes a las inversiones que debe realizar la empresa que tenga pensado la implementación de la metodología BIM y la compra de la novedosa impresora 3D de gran formato:

Tabla 32. Inversiones a realizar por la empresa.

| <b><i>Inversiones</i></b> |                     |                   |                 |                 |                           |                                     |     |                     |
|---------------------------|---------------------|-------------------|-----------------|-----------------|---------------------------|-------------------------------------|-----|---------------------|
| Producto                  | Precio              | Periodo de Pedido | Ajuste Contable | Periodos Ajuste | Periodo Inicial de Ajuste | Depreciación o Amortización Mensual | IVA | Precio Inicial      |
| Diseño estructural        | \$ 4.800.000,00     | 1                 | Amortización    | 12              | 6                         | \$ 400.000                          | 19% | \$ 4.800.000,00     |
| Diseño arquitectónico     | \$ 3.500.000,00     | 1                 | Amortización    | 12              | 6                         | \$ 291.667                          | 19% | \$ 3.500.000,00     |
| Diseño BIM                | \$ 58.500.000,00    | 2                 | Amortización    | 12              | 6                         | \$ 4.875.000                        | 19% | \$ 58.500.000,00    |
| Levantamiento topografico | \$ 3.000.000,00     | 2                 | Amortización    | 12              | 6                         | \$ 250.000                          | 19% | \$ 3.000.000,00     |
| Estudio de suelos         | \$ 4.500.000,00     | 1                 | Amortización    | 12              | 6                         | \$ 375.000                          | 19% | \$ 4.500.000,00     |
| Impresora 3D              | \$ 1.062.167.480,00 | 1                 | Amortización    | 12              | 6                         | \$ 88.513.957                       | 19% | \$ 1.062.167.480,00 |

Fuente propia.

Dentro de los elementos establecidos para el inicio del proyecto se contempla el diseño estructural, el diseño arquitectónico, el diseño o implementación de la metodología BIM, un estudio de suelos del predio donde se construirán las viviendas y la impresora de gran formato 3D. Según el orden de las columnas se puede encontrar el costo promedio actual de cada uno de esos elementos, los periodos en

que se requerirán, todo presenta un ajuste contable de **amortización**, este ajuste se realizara en 12 meses iniciando en el mes 6 después de iniciado el proyecto con se respectivo costo de amortización mensual y teniendo el IVA actual del 19%.

El costo de la amortización mensual es equivalente a dividir el precio del producto en la cantidad de meses requeridos para dicha amortización, como se observa en la siguiente formula:

$$Amortizacion\ mensual = \frac{Precio\ del\ producto}{Periodo\ de\ ajuste}$$

Continuando con la evaluación de la utilidad para el proyecto, se contemplan los datos básicos correspondientes a las ventas.

Tabla 33. Ventas.

| DESCRIPCION              | VALOR             |
|--------------------------|-------------------|
| Precio unitario vivienda | \$ 109.409.007,00 |
| Precio unitario m2       | \$ 1.420.896,19   |
| Cant de salarios minimo  | 111,57            |
| SMLV 2020                | \$ 980.657,00     |
| Area de la vivienda (m2) | 77                |
| Total vivinedas          | 150               |
| Total Mts de Venta (m2)  | 11550             |

Fuente propia.

En primera instancia se contempla un proyecto con 150 viviendas para determinar si este sería un punto de equilibrio y determinar la tasa de interna de retorno (TIR) del proyecto y el valor presente neto (VPN), cabe resaltar que todo está formulado en el archivo anexo (Flujo de caja en Excel), y solo se cambiaría la cantidad de viviendas a construir (Egresos), con el fin de que la empresa antes de iniciar los proyectos evalué la cantidad de dinero que posee (musculo financiero) para ver si es rentable y viable el proyecto.

Posterior a ello, se realizó un estudio de mercadeo, donde se presentó un panorama de ventas normal a lo largo del ciclo del proyecto, donde se iniciaron ventas desde el sexto mes después del inicio del proyecto.

El costo al día de hoy de la vivienda corresponde a **\$99'874.641,00** pesos moneda corriente, pero se debe contemplar el incremento del IPC que se relacionan en la siguiente tabla, y el costo final de cada vivienda corresponde al ano en el que se



La empresa que continúe con la idea de hacer realidad este novedoso proyecto debe tener en cuenta gastos como publicidad, servicios públicos, el costo del predio, útiles, papelería y demás elementos que considere necesarios para llevar a buen término la ejecución de este proyecto, que, para este ejemplo, se tomaron los siguientes valores:

**Tabla 36. Gastos**

| Producto           | Cantidad | Gasto     | Precio          | Periodo de Pedido | Periodicidad | Incremento en Precio | Aplicacion del Incremento en Precio | IVA | Periodo Final del Gasto |
|--------------------|----------|-----------|-----------------|-------------------|--------------|----------------------|-------------------------------------|-----|-------------------------|
| Publicidad         | 1        | Servicios | \$ 2.500.000,00 | 1                 | 1            | 0%                   | 25                                  | 19% | 14                      |
| Servicios Publicos | 1        | Servicios | \$ 900.000,00   | 1                 | 1            | 0%                   | 25                                  | 10% | 15                      |
| Utiles y Papelería | 1        | Diversos  | \$ 500.000,00   | 1                 | 1            | 0%                   | 25                                  | 19% | 15                      |

Fuente propia.

En ella, se contemplan 3 gastos importantes para la ejecución y éxito del proyecto, que según el orden de las columnas, se encuentra el gasto contemplado, la cantidad, el tipo de gasto, el costo mensual de él, el periodo en el que se debe contar con ese gasto, cada cuanto de incurrirá en el (periodicidad), el porcentaje de incremento que llegue a presentar, el mes en el que se aplicaría dicho incremento, el valor correspondiente a cada uno de ellos del IVA y el periodo en que se dejara de incurrir con ese gasto.

El inversionista o empresa debe contemplar también los costos del personal adicional no contemplado en las actividades de construcción como los que son relacionados en la siguiente tabla, y los que considere necesario para cumplir y llevar acabo el éxito de este proyecto, como se evidencia en la siguiente tabla:

**Tabla 37. Gastos del personal.**

| Cargo                    | Salario Básico | Cantidad | Periodo Inicial | Periodicidad | Dias de Trabajo Mensual | % Incremento en Salario Básico | Aplicación del Incremento en Salario Básico |
|--------------------------|----------------|----------|-----------------|--------------|-------------------------|--------------------------------|---|
| Gerente BIM              | \$ 5.000.000   | 1        | 1               | 1            | 30                      | 4%                             | 12  |
| Coordinador BIM          | \$ 3.100.000   | 1        | 1               | 1            | 30                      | 4%                             | 12  |
| Director o residente BIM | \$ 2.700.000   | 1        | 1               | 1            | 30                      | 4%                             | 12  |
| Operario de la maquina   | \$ -           | 1        | 1               | 1            | 30                      | 4%                             | 12  |
| Diseño BIM               | \$ 7.000.000   | 1        | 1               | 1            | 30                      | 4%                             | 12  |

Fuente propia.

En la tabla 37, se contemplan 4 profesionales importantes para la ejecución y éxito del proyecto, que según el orden de las columnas, se encuentra el profesional contemplado, su salario básico mensual, la cantidad de profesionales necesarios o requeridos, el periodo en el que se debe contar con ese gasto, cada cuanto de

incurrirá en el (periodicidad), los días que trabajará cada profesional en el proyecto al mes, el incremento del salario básico acordado previamente con el profesional y el periodo en que se aplicara dicho incremento, que para el caso es anual.

Para ello se contempló un **factor prestacional correspondiente al 73,20%**, una **tasa de impuestos correspondiente al 30%**, una financiación del 50% y la participación de los socios económicamente del otro 50%, **impuestos sobre la renta equivalente al 33%**, una **tasa de créditos mensual del 1%** con entidades de primera fila (bancos), valores promedios al día de hoy y según lo estipulado en la ley.

Tabla 38. Resumen datos iniciales.

| Defase de Inversión                    | 0%                  | Horizonte           | 15 meses        | Tiempo de proyecto BIM | 13                             | Estudios y diseños                  | 2   |                     |                         |                           |                                     |
|--|---------------------|---------------------|-----------------|------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|---|---------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------------------|
| <b>Inversiones</b>                     |                     |                     |                 |                        |                                |                                     |   |                     |                         |                           |                                     |
| Producto                               | Precio              | Periodo de Pedido   | Ajuste Contable | Periodos Ajuste        | Periodo Inicial de Ajuste      | Depreciación o Amortización Mensual | IVA   | Precio Inicial      |                         |                           |                                     |
| Diseño estructural                     | \$ 4.800.000,00     | 1                   | Amortización    | 12                     | 6                              | \$ 400.000                          | 19%   | \$ 4.800.000,00     |                         |                           |                                     |
| Diseño arquitectónico                  | \$ 3.500.000,00     | 1                   | Amortización    | 12                     | 6                              | \$ 291.667                          | 19%   | \$ 3.500.000,00     |                         |                           |                                     |
| Diseño BIM                             | \$ 58.500.000,00    | 2                   | Amortización    | 12                     | 6                              | \$ 4.875.000                        | 19%   | \$ 58.500.000,00    |                         |                           |                                     |
| Levantamiento topografico              | \$ 3.000.000,00     | 2                   | Amortización    | 12                     | 6                              | \$ 250.000                          | 19%   | \$ 3.000.000,00     |                         |                           |                                     |
| Estudio de suelos                      | \$ 4.500.000,00     | 1                   | Amortización    | 12                     | 6                              | \$ 375.000                          | 19%   | \$ 4.500.000,00     |                         |                           |                                     |
| Impresora 3D                           | \$ 1.062.167.480,00 | 1                   | Amortización    | 12                     | 6                              | \$ 88.513.957                       | 19%   | \$ 1.062.167.480,00 |                         |                           |                                     |
| <b>VENTAS</b>                          |                     |                     |                 |                        |                                |                                     |   |                     |                         |                           |                                     |
| DESCRIPCION                            | VALOR               |                     |                 |                        |                                |                                     |   |                     |                         |                           |                                     |
| Precio unitario vivienda               | \$ 109.409.007,00   |                     |                 |                        |                                |                                     |   |                     |                         |                           |                                     |
| Precio unitario m2                     | \$ 1.420.896,19     |                     |                 |                        |                                |                                     |   |                     |                         |                           |                                     |
| Canit de salarios minimo               | 111,57              |                     |                 |                        |                                |                                     |   |                     |                         |                           |                                     |
| SMLV 2020                              | \$ 980.657,00       |                     |                 |                        |                                |                                     |   |                     |                         |                           |                                     |
| Area de la vivienda (m2)               | 77                  |                     |                 |                        |                                |                                     |   |                     |                         |                           |                                     |
| Total viviendas                        | 150                 |                     |                 |                        |                                |                                     |   |                     |                         |                           |                                     |
| Total Mts de Venta (m2)                | 11550               |                     |                 |                        |                                |                                     |   |                     |                         |                           |                                     |
| <b>ESTUDIO MERCADOS</b>                |                     |                     |                 |                        |                                |                                     |   |                     |                         |                           |                                     |
| DESCRIPCION                            | VALOR               |                     |                 |                        |                                |                                     |   |                     |                         |                           |                                     |
| Comportamiento de la Venta             |                     | 6                   | 7               | 8                      | 9                              | 10                                  | 11  | 12                  | 13                      | 14                        | 15                                  |
| % Ventas                               |                     | 10%                 | 15%             | 5%                     | 10%                            | 10%                                 | 5%  | 10%                 | 10%                     | 15%                       | 10%                                 |
| Venta de Casas (Unidades)              |                     | 15                  | 23              | 8                      | 15                             | 15                                  | 8   | 15                  | 15                      | 23                        | 15                                  |
| IPC PERIODO 2020                       | 4,31%               |                     |                 |                        |                                |                                     |   |                     |                         |                           |                                     |
| IPC PERIODO 2021                       | 5,02%               |                     |                 |                        |                                |                                     |   |                     |                         |                           |                                     |
|  |                     | COSTO VIVIENDA 2020 |                 | \$ 99.874.614          | COSTO VIVIENDA 2021            |                                     | \$ 104.179.210                              |                     |                         |                           |                                     |
|  |                     | COSTO VIVIENDA 2021 |                 | \$ 104.179.210         | COSTO VIVIENDA 2021            |                                     | \$ 109.409.007                              |                     |                         |                           |                                     |
| <b>COSTOS MANEJADOS COMO INVERSION</b> |                     |                     |                 |                        |                                |                                     |   |                     |                         |                           |                                     |
| Descripcion                            | Valor Total         | Valor /m2           | IVA             | Valor unitario sin IVA | Rotación de Inventario en días | Periodo de Pedido                   | Tipo de Costo                               | Ajuste Contable     | Periodos Ajuste         | Periodo Inicial de Ajuste | Depreciación o Amortización Mensual |
| PRELIMINARES                           | \$ 163.698.000      | \$ 14.172,99        | 1,9%            | \$ 13.908,72           | 0                              | 1                                   | Fijo  | Amortización        | 12                      | 6                         | \$ 13.641.500                       |
| LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO               | \$ 113.865.150      | \$ 9.858,45         | 1,9%            | \$ 9.674,64            | 0                              | 2                                   | Fijo  | Amortización        | 12                      | 6                         | \$ 9.488.763                        |
| CIMENTACION                            | \$ 2.415.951.600    | \$ 209.173,30       | 1,9%            | \$ 205.273,11          | 0                              | 3                                   | Fijo  | Amortización        | 12                      | 6                         | \$ 201.329.300                      |
| ESTRUCTURAS EN CONCRETO                | \$ 1.761.102.000    | \$ 152.476,36       | 1,9%            | \$ 149.633,33          | 0                              | 4                                   | Fijo  | Amortización        | 12                      | 6                         | \$ 146.758.500                      |
| INSTALACIONES HIDROSANITARIAS          | \$ 1.078.029.000    | \$ 93.335,84        | 1,9%            | \$ 91.595,53           | 0                              | 5                                   | Fijo  | Amortización        | 12                      | 6                         | \$ 89.835.750                       |
| INSTALACIONES ELECTRICAS               | \$ 324.957.000      | \$ 28.134,81        | 1,9%            | \$ 27.610,21           | 0                              | 6                                   | Fijo  | Amortización        | 12                      | 6                         | \$ 27.079.750                       |
| MUROS EN CONCRETO                      | \$ 792.729.000      | \$ 68.534,55        | 1,9%            | \$ 67.259,69           | 0                              | 7                                   | Fijo  | Amortización        | 12                      | 6                         | \$ 65.060.750                       |
| BASES, PISOS Y ENCHAPES                | \$ 1.376.337.500    | \$ 119.969,46       | 1,9%            | \$ 118.341,65          | 0                              | 8                                   | Fijo  | Amortización        | 12                      | 6                         | \$ 114.694.825                      |
| PINTURA                                | \$ 908.940.750      | \$ 78.696,17        | 1,9%            | \$ 77.228,92           | 0                              | 9                                   | Fijo  | Amortización        | 12                      | 6                         | \$ 75.745.063                       |
| CUBIERTAS Y CIELO RASOS                | \$ 2.035.933.350    | \$ 178.271,29       | 1,9%            | \$ 176.588,58          | 0                              | 10                                  | Fijo  | Amortización        | 12                      | 6                         | \$ 169.661.113                      |
| CARPINTERIA METALICA                   | \$ 253.754.400      | \$ 21.970,08        | 1,9%            | \$ 21.560,43           | 0                              | 7                                   | Fijo  | Amortización        | 12                      | 6                         | \$ 21.146.200                       |
| CARPINTERIA DE MADERA                  | \$ 316.956.650      | \$ 27.445,60        | 1,9%            | \$ 26.933,85           | 0                              | 7                                   | Fijo  | Amortización        | 12                      | 6                         | \$ 26.416.388                       |
| APARATOS Y EQUIPOS SANITARIOS          | \$ 142.526.100      | \$ 12.339,52        | 1,9%            | \$ 12.109,84           | 0                              | 11                                  | Fijo  | Amortización        | 12                      | 6                         | \$ 11.877.175                       |
| METODOLOGIA BIM                        | \$ 56.600.000       | \$ 4.900,43         | 1,9%            | \$ 4.809,06            | 0                              | 1                                   | Fijo  | Amortización        | 12                      | 6                         | \$ 4.716.667                        |
| <b>Gastos</b>                          |                     |                     |                 |                        |                                |                                     |   |                     |                         |                           |                                     |
| Producto                               | Cantidad            | Gasto               | Precio          | Periodo de Pedido      | Periodicidad                   | Incremento en Precio                | Aplicacion del Incremento en Precio         | IVA                 | Periodo Final del Gasto |                           |                                     |
| Publicidad                             | 1                   | Servicios           | \$ 2.500.000,00 | 1                      | 1                              | 0%                                  | 25  | 19%                 | 14                      |                           |                                     |
| Servicios Publicos                     | 1                   | Servicios           | \$ 900.000,00   | 0                      | 1                              | 0%                                  | 25  | 10%                 | 15                      |                           |                                     |
| Utiles y Papeleria                     | 1                   | Diversos            | \$ 500.000,00   | 0                      | 1                              | 0%                                  | 25  | 19%                 | 15                      |                           |                                     |
| <b>Gastos de Personal</b>              |                     |                     |                 |                        |                                |                                     |   |                     |                         |                           |                                     |
| Cargo                                  | Salario Básico      | Cantidad            | Periodo Inicial | Periodicidad           | Dias de Trabajo Mensual        | % Incremento en Salario Básico      | Aplicación del Incremento en Salario Básico |                     |                         |                           |                                     |
| Gerente BIM                            | \$ 5.000.000        | 1                   | 1               | 1                      | 30                             | 4%                                  | 12  |                     |                         |                           |                                     |
| Coordinador BIM                        | \$ 3.100.000        | 1                   | 1               | 1                      | 30                             | 4%                                  | 12  |                     |                         |                           |                                     |
| Director o residente BIM               | \$ 2.700.000        | 1                   | 1               | 1                      | 30                             | 4%                                  | 12  |                     |                         |                           |                                     |
| Operario de la maquina                 | \$ -                | 1                   | 1               | 1                      | 30                             | 4%                                  | 12  |                     |                         |                           |                                     |
| Diseño BIM                             | \$ 7.000.000        | 1                   | 1               | 1                      | 30                             | 4%                                  | 12  |                     |                         |                           |                                     |
| factor prestacional                    | 73,20%              |                     |                 |                        |                                |                                     |   |                     |                         |                           |                                     |

|                          |       |  |  |  |  |  |
|--------------------------|-------|--|--|--|--|--|
| Tasa de Impuestos        | 33%   |  |  |  |  |  |
| TREMA                    | 3% mv |  |  |  |  |  |
|                          |       |  |  |  |  |  |
| Financiación EF          | 50%   |  |  |  |  |  |
| Socios                   | 50%   |  |  |  |  |  |
|                          |       |  |  |  |  |  |
| Impuestos sobre la Renta | 33%   |  |  |  |  |  |
| Tasa de Créditos mv      | 1%    |  |  |  |  |  |
|                          |       |  |  |  |  |  |
|                          |       |  |  |  |  |  |
|                          |       |  |  |  |  |  |

Elaborado: Ing Patricia Rojas PUJ, Silvia PUJ, ajustes Ing Juan Sebastián Varg

**Fuente propia.**

Posterior a la consecución, análisis de los datos y costos base para la ejecución del proyecto, se discrimina mensualmente los gastos e ingresos que se obtienen generando un flujo de caja (que se presentara enseguida):

**Tabla 39. Flujo de Caja.**

| Descripción                     | 0                       | 1                    | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     | 6                       | 7                       | 8                       | 9                       | 10                      | 11                      | 12                      | 13                      | 14                      | 15                      |
|---------------------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| <b>Flujo de Inversiones</b>     |                         |                      |                       |                       |                       |                       |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |
| Diseño estructural              | \$ 4.800.000            |                      |                       |                       |                       |                       |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |
| Diseño arquitectónico           | \$ 4.165.000            |                      |                       |                       |                       |                       |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |
| Diseño BIM                      |                         | \$ 69.615.000        |                       |                       |                       |                       |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |
| Levantamiento topografico       |                         | \$ 3.570.000         |                       |                       |                       |                       |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |
| Estudio de suelos               | \$ 5.355.000            |                      |                       |                       |                       |                       |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |
| Impresora 3D                    | \$ 1.011.183.441        |                      | \$ 252.795.860        |                       |                       |                       |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |
| <b>Total Flujo de Inversion</b> | <b>\$ 1.025.503.441</b> | <b>\$ 73.185.000</b> | <b>\$ 252.795.860</b> | <b>\$ -</b>           | <b>\$ -</b>           | <b>\$ -</b>           | <b>\$ -</b>             | <b>\$ -</b>             | <b>\$ -</b>             | <b>\$ -</b>             | <b>\$ -</b>             | <b>\$ -</b>             | <b>\$ -</b>             | <b>\$ -</b>             | <b>\$ -</b>             | <b>\$ -</b>             |
| <b>Flujo de Operaciones</b>     |                         |                      |                       |                       |                       |                       |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |
| <b>Ventas</b>                   |                         |                      |                       |                       |                       |                       |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |
| Cantidades                      |                         |                      |                       |                       |                       |                       | 15                      | 23                      | 8                       | 15                      | 15                      | 8                       | 15                      | 15                      | 23                      | 15                      |
| Precios Unitarios               |                         |                      |                       |                       |                       |                       | \$ 109.409.007          | \$ 109.409.007          | \$ 109.409.007          | \$ 109.409.007          | \$ 109.409.007          | \$ 109.409.007          | \$ 109.409.007          | \$ 109.409.007          | \$ 109.409.007          | \$ 109.409.007          |
| <b>Total de Ingresos</b>        |                         |                      |                       |                       |                       |                       | <b>\$ 1.641.135.105</b> | <b>\$ 2.461.702.658</b> | <b>\$ 820.567.553</b>   | <b>\$ 1.641.135.105</b> | <b>\$ 1.641.135.105</b> | <b>\$ 820.567.553</b>   | <b>\$ 1.641.135.105</b> | <b>\$ 1.641.135.105</b> | <b>\$ 2.461.702.658</b> | <b>\$ 1.641.135.105</b> |
| <b>Costos de Construcción</b>   |                         |                      |                       |                       |                       |                       |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |
| PRELIMINARES                    |                         | \$ 32.739.600        | \$ 32.739.600         | \$ 32.739.600         | \$ 32.739.600         | \$ 32.739.600         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |
| LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO        |                         | \$ 11.386.515        | \$ 11.386.515         | \$ 11.386.515         | \$ 11.386.515         | \$ 11.386.515         | \$ 11.386.515           | \$ 11.386.515           | \$ 11.386.515           | \$ 11.386.515           | \$ 11.386.515           | \$ 11.386.515           | \$ 11.386.515           | \$ 11.386.515           | \$ 11.386.515           | \$ 11.386.515           |
| CIMENTACIÓN                     |                         | \$ 241.595.160       | \$ 241.595.160        | \$ 241.595.160        | \$ 241.595.160        | \$ 241.595.160        | \$ 241.595.160          | \$ 241.595.160          | \$ 241.595.160          | \$ 241.595.160          | \$ 241.595.160          | \$ 241.595.160          | \$ 241.595.160          | \$ 241.595.160          | \$ 241.595.160          | \$ 241.595.160          |
| ESTRUCTURAS EN CONCRETO         |                         | \$ 176.110.200       | \$ 176.110.200        | \$ 176.110.200        | \$ 176.110.200        | \$ 176.110.200        | \$ 176.110.200          | \$ 176.110.200          | \$ 176.110.200          | \$ 176.110.200          | \$ 176.110.200          | \$ 176.110.200          | \$ 176.110.200          | \$ 176.110.200          | \$ 176.110.200          | \$ 176.110.200          |
| INSTALACIONES HIDROSANITARIAS   |                         | \$ 215.605.800       | \$ 215.605.800        | \$ 215.605.800        | \$ 215.605.800        | \$ 215.605.800        | \$ 215.605.800          | \$ 215.605.800          | \$ 215.605.800          | \$ 215.605.800          | \$ 215.605.800          | \$ 215.605.800          | \$ 215.605.800          | \$ 215.605.800          | \$ 215.605.800          | \$ 215.605.800          |
| INSTALACIONES ELÉCTRICAS        |                         | \$ 64.991.400        | \$ 64.991.400         | \$ 64.991.400         | \$ 64.991.400         | \$ 64.991.400         | \$ 64.991.400           | \$ 64.991.400           | \$ 64.991.400           | \$ 64.991.400           | \$ 64.991.400           | \$ 64.991.400           | \$ 64.991.400           | \$ 64.991.400           | \$ 64.991.400           | \$ 64.991.400           |
| MUROS EN CONCRETO               |                         | \$ 158.545.800       | \$ 158.545.800        | \$ 158.545.800        | \$ 158.545.800        | \$ 158.545.800        | \$ 158.545.800          | \$ 158.545.800          | \$ 158.545.800          | \$ 158.545.800          | \$ 158.545.800          | \$ 158.545.800          | \$ 158.545.800          | \$ 158.545.800          | \$ 158.545.800          | \$ 158.545.800          |
| BASES, PISOS Y ENCHAPES         |                         | \$ 275.267.580       | \$ 275.267.580        | \$ 275.267.580        | \$ 275.267.580        | \$ 275.267.580        | \$ 275.267.580          | \$ 275.267.580          | \$ 275.267.580          | \$ 275.267.580          | \$ 275.267.580          | \$ 275.267.580          | \$ 275.267.580          | \$ 275.267.580          | \$ 275.267.580          | \$ 275.267.580          |
| PINTURA                         |                         | \$ 181.788.150       | \$ 181.788.150        | \$ 181.788.150        | \$ 181.788.150        | \$ 181.788.150        | \$ 181.788.150          | \$ 181.788.150          | \$ 181.788.150          | \$ 181.788.150          | \$ 181.788.150          | \$ 181.788.150          | \$ 181.788.150          | \$ 181.788.150          | \$ 181.788.150          | \$ 181.788.150          |
| CUBIERTAS Y CIELO RASOS         |                         | \$ 407.186.670       | \$ 407.186.670        | \$ 407.186.670        | \$ 407.186.670        | \$ 407.186.670        | \$ 407.186.670          | \$ 407.186.670          | \$ 407.186.670          | \$ 407.186.670          | \$ 407.186.670          | \$ 407.186.670          | \$ 407.186.670          | \$ 407.186.670          | \$ 407.186.670          | \$ 407.186.670          |
| CARPINTERÍA METÁLICA            |                         | \$ 25.375.440        | \$ 25.375.440         | \$ 25.375.440         | \$ 25.375.440         | \$ 25.375.440         | \$ 25.375.440           | \$ 25.375.440           | \$ 25.375.440           | \$ 25.375.440           | \$ 25.375.440           | \$ 25.375.440           | \$ 25.375.440           | \$ 25.375.440           | \$ 25.375.440           | \$ 25.375.440           |
| CARPINTERÍA DE MADERA           |                         | \$ 31.699.665        | \$ 31.699.665         | \$ 31.699.665         | \$ 31.699.665         | \$ 31.699.665         | \$ 31.699.665           | \$ 31.699.665           | \$ 31.699.665           | \$ 31.699.665           | \$ 31.699.665           | \$ 31.699.665           | \$ 31.699.665           | \$ 31.699.665           | \$ 31.699.665           | \$ 31.699.665           |
| APARATOS Y EQUIPOS SANITARIOS   |                         | \$ 28.505.220        | \$ 28.505.220         | \$ 28.505.220         | \$ 28.505.220         | \$ 28.505.220         | \$ 28.505.220           | \$ 28.505.220           | \$ 28.505.220           | \$ 28.505.220           | \$ 28.505.220           | \$ 28.505.220           | \$ 28.505.220           | \$ 28.505.220           | \$ 28.505.220           | \$ 28.505.220           |
| METODOLOGÍA BIM                 |                         | \$ 56.600.000        |                       |                       |                       |                       |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |
| <b>Total Costos</b>             | <b>\$ -</b>             | <b>\$ 89.339.600</b> | <b>\$ 44.126.115</b>  | <b>\$ 285.721.275</b> | <b>\$ 461.831.475</b> | <b>\$ 677.437.275</b> | <b>\$ 709.689.075</b>   | <b>\$ 925.309.980</b>   | <b>\$ 1.200.577.560</b> | <b>\$ 1.382.365.710</b> | <b>\$ 1.573.946.580</b> | <b>\$ 1.537.460.400</b> | <b>\$ 1.367.528.085</b> | <b>\$ 850.665.345</b>   | <b>\$ 492.766.995</b>   | <b>\$ 142.655.430</b>   |
| <b>Gastos</b>                   |                         |                      |                       |                       |                       |                       |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |
| Arrendamientos                  | \$ -                    | \$ -                 | \$ -                  | \$ -                  | \$ -                  | \$ -                  | \$ -                    | \$ -                    | \$ -                    | \$ -                    | \$ -                    | \$ -                    | \$ -                    | \$ -                    | \$ -                    | \$ -                    |
| Mantenimientos                  | \$ -                    | \$ -                 | \$ -                  | \$ -                  | \$ -                  | \$ -                  | \$ -                    | \$ -                    | \$ -                    | \$ -                    | \$ -                    | \$ -                    | \$ -                    | \$ -                    | \$ -                    | \$ -                    |
| Publicidad                      | \$ 2.500.000,00         | \$ 2.500.000,00      | \$ 2.500.000,00       | \$ 2.500.000,00       | \$ 2.500.000,00       | \$ 2.500.000,00       | \$ 2.500.000,00         | \$ 2.500.000,00         | \$ 2.500.000,00         | \$ 2.500.000,00         | \$ 2.500.000,00         | \$ 2.500.000,00         | \$ 2.500.000,00         | \$ 2.500.000,00         | \$ 2.500.000,00         | \$ 2.500.000,00         |
| Servicios Publicos              | \$ 900.000,00           | \$ 900.000,00        | \$ 900.000,00         | \$ 900.000,00         | \$ 900.000,00         | \$ 900.000,00         | \$ 900.000,00           | \$ 900.000,00           | \$ 900.000,00           | \$ 900.000,00           | \$ 900.000,00           | \$ 900.000,00           | \$ 900.000,00           | \$ 900.000,00           | \$ 900.000,00           | \$ 900.000,00           |
| Gastos Ambientales              | \$ -                    | \$ -                 | \$ -                  | \$ -                  | \$ -                  | \$ -                  | \$ -                    | \$ -                    | \$ -                    | \$ -                    | \$ -                    | \$ -                    | \$ -                    | \$ -                    | \$ -                    | \$ -                    |
| Contabilidad                    | \$ -                    | \$ -                 | \$ -                  | \$ -                  | \$ -                  | \$ -                  | \$ -                    | \$ -                    | \$ -                    | \$ -                    | \$ -                    | \$ -                    | \$ -                    | \$ -                    | \$ -                    | \$ -                    |
| Utiles y Papeleria              | \$ 500.000,00           | \$ 500.000,00        | \$ 500.000,00         | \$ 500.000,00         | \$ 500.000,00         | \$ 500.000,00         | \$ 500.000,00           | \$ 500.000,00           | \$ 500.000,00           | \$ 500.000,00           | \$ 500.000,00           | \$ 500.000,00           | \$ 500.000,00           | \$ 500.000,00           | \$ 500.000,00           | \$ 500.000,00           |
| <b>Total Gastos Generales</b>   | <b>\$ 1.400.000</b>     | <b>\$ 3.900.000</b>  | <b>\$ 3.900.000</b>   | <b>\$ 3.900.000</b>   | <b>\$ 3.900.000</b>   | <b>\$ 3.900.000</b>   | <b>\$ 3.900.000</b>     | <b>\$ 3.900.000</b>     | <b>\$ 3.900.000</b>     | <b>\$ 3.900.000</b>     | <b>\$ 3.900.000</b>     | <b>\$ 3.900.000</b>     | <b>\$ 3.900.000</b>     | <b>\$ 3.900.000</b>     | <b>\$ 3.900.000</b>     | <b>\$ 3.900.000</b>     |
| <b>Gastos de Personal</b>       |                         |                      |                       |                       |                       |                       |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |
| Gerente BIM                     | \$ 8.660.000            | \$ 8.660.000         | \$ 8.660.000          | \$ 8.660.000          | \$ 8.660.000          | \$ 8.660.000          | \$ 8.660.000            | \$ 8.660.000            | \$ 8.660.000            | \$ 8.660.000            | \$ 8.660.000            | \$ 8.660.000            | \$ 8.660.000            | \$ 8.660.000            | \$ 8.660.000            | \$ 8.660.000            |
| Coordinador BIM                 | \$ 5.369.200            | \$ 5.369.200         | \$ 5.369.200          | \$ 5.369.200          | \$ 5.369.200          | \$ 5.369.200          | \$ 5.369.200            | \$ 5.369.200            | \$ 5.369.200            | \$ 5.369.200            | \$ 5.369.200            | \$ 5.369.200            | \$ 5.369.200            | \$ 5.369.200            | \$ 5.369.200            | \$ 5.369.200            |
| Director o residente BIM        | \$ 4.676.400            | \$ 4.676.400         | \$ 4.676.400          | \$ 4.676.400          | \$ 4.676.400          | \$ 4.676.400          | \$ 4.676.400            | \$ 4.676.400            | \$ 4.676.400            | \$ 4.676.400            | \$ 4.676.400            | \$ 4.676.400            | \$ 4.676.400            | \$ 4.676.400            | \$ 4.676.400            | \$ 4.676.400            |
| Operario de la maquina          | \$ -                    | \$ -                 | \$ -                  | \$ -                  | \$ -                  | \$ -                  | \$ -                    | \$ -                    | \$ -                    | \$ -                    | \$ -                    | \$ -                    | \$ -                    | \$ -                    | \$ -                    | \$ -                    |
| Diseño BIM                      | \$ 12.124.000           | \$ 12.124.000        | \$ 12.124.000         | \$ 12.124.000         | \$ 12.124.000         | \$ 12.124.000         | \$ 12.124.000           | \$ 12.124.000           | \$ 12.124.000           | \$ 12.124.000           | \$ 12.124.000           | \$ 12.124.000           | \$ 12.124.000           | \$ 12.124.000           | \$ 12.124.000           | \$ 12.124.000           |
| <b>Total Gasto de Personal</b>  | <b>\$ 30.829.600</b>    | <b>\$ 30.829.600</b> | <b>\$ 30.829.600</b>  | <b>\$ 30.829.600</b>  | <b>\$ 30.829.600</b>  | <b>\$ 30.829.600</b>  | <b>\$ 30.829.600</b>    | <b>\$ 30.829.600</b>    | <b>\$ 30.829.600</b>    | <b>\$ 30.829.600</b>    | <b>\$ 30.829.600</b>    | <b>\$ 30.829.600</b>    | <b>\$ 30.829.600</b>    | <b>\$ 30.829.600</b>    | <b>\$ 30.829.600</b>    | <b>\$ 30.829.600</b>    |
| <b>Amortizaciones</b>           |                         |                      |                       |                       |                       |                       |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |
| Diseño estructural              |                         |                      |                       |                       |                       | \$ 400.000            | \$ 400.000              | \$ 400.000              | \$ 400.000              | \$ 400.000              | \$ 400.000              | \$ 400.000              | \$ 400.000              | \$ 400.000              | \$ 400.000              | \$ 400.000              |
| Diseño arquitectónico           |                         |                      |                       |                       |                       | \$ 291.667            | \$ 291.667              | \$ 291.667              | \$ 291.667              | \$ 291.667              | \$ 291.667              | \$ 291.667              | \$ 291.667              | \$ 291.667              | \$ 291.667              | \$ 291.667              |
| Diseño BIM                      |                         |                      |                       |                       |                       | \$ 4.875.000          | \$ 4.875.000            | \$ 4.875.000            | \$ 4.875.000            | \$ 4.875.000            | \$ 4.875.000            | \$ 4.875.000            | \$ 4.875.000            | \$ 4.875.000            | \$ 4.875.000            | \$ 4.875.000            |
| Levantamiento topografico       |                         |                      |                       |                       |                       | \$ 250.000            | \$ 250.000              | \$ 250.000              | \$ 250.000              | \$ 250.000              | \$ 250.000              | \$ 250.000              | \$ 250.000              | \$ 250.000              | \$ 250.000              | \$ 250.000              |
| Estudio de suelos               |                         |                      |                       |                       |                       | \$ 375.000            | \$ 375.000              | \$ 375.000              | \$ 375.000              | \$ 375.000              | \$ 375.000              | \$ 375.000              | \$ 375.000              | \$ 375.000              | \$ 375.000              | \$ 375.000              |
| Impresora 3D                    |                         |                      |                       |                       |                       | \$ 88.513.957         | \$ 88.513.957           | \$ 88.513.957           | \$ 88.513.957           | \$ 88.513.957           | \$ 88.513.957           | \$ 88.513.957           | \$ 88.513.957           | \$ 88.513.957           | \$ 88.513.957           | \$ 88.513.957           |
| <b>Total de Amortizaciones</b>  | <b>\$ -</b>             | <b>\$ -</b>          | <b>\$ -</b>           | <b>\$ -</b>           | <b>\$ -</b>           | <b>\$ 94.705.623</b>  | <b>\$ 94.705.623</b>    | <b>\$ 94.705.623</b>    | <b>\$ 94.705.623</b>    | <b>\$ 94.705.623</b>    | <b>\$ 94.705.623</b>    | <b>\$ 94.705.623</b>    | <b>\$ 94.705.623</b>    | <b>\$ 94.705.623</b>    | <b>\$ 94.705.623</b>    | <b>\$ 94.705.623</b>    |
| Utilidad Operacional            | \$ (32.229.600)         | \$ (124.069.200)     | \$ (78.855.715)       | \$ (320.450.875)      | \$ (496.561.075)      | \$ (712.166.875)      | \$ 802.010.807          | \$ 1.406.957.454        | \$ (509.445.231)        | \$ 129.334.172          | \$ (62.246.698)         | \$ (846.328.071)        | \$ 144.171.797          | \$ 661.034.537          | \$ 1.839.500.439        | \$ 1.371.544.452        |
| Impuestos                       | \$ -                    | \$ -                 | \$ -                  | \$ -                  | \$ -                  | \$ -                  | \$ 264.663.566          | \$ 464.295.960          | \$ -                    | \$ 42.680.277           | \$ -                    | \$ -                    | \$ 47.576.693           | \$ 218.141.397          | \$ 607.035.145          | \$ 452.609.669          |
| Utilidad Neta                   | \$ (32.229.600)         | \$ (124.069.200)     | \$ (78.855.715)       | \$ (320.450.875)      | \$ (496.561.075)      | \$ (712.166.875)      | \$ 537.347.240          | \$ 942.661.494          | \$ (509.445.231)        | \$ 86.653.895           | \$ (62.246.698)         | \$ (846.328.071)        | \$ 96.595.104           | \$ 442.893.140          | \$ 1.232.465.294        | \$ 918.934.783          |
| <b>Flujo de la Operación</b>    | <b>\$</b>               |                      |                       |                       |                       |                       |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |                         |

En la tabla anterior se puede evidenciar que en la primera columna encontramos la descripción del gasto, del ingreso o de la amortización de los ítems según corresponda, y a lo largo en las primeras filas se evidencia el mes correspondiente del proyecto. La fila de color amarillo son los 15 meses de la ejecución del proyecto, y las verdes corresponden a los meses de venta de las viviendas del proyecto. Cabe resaltar que los ingresos solo corresponden en este proyecto al pago de las viviendas por los futuros propietarios.

Posterior a ello, podemos calcular la **utilidad operacional** que corresponde a los ingresos menos los egresos, en los primeros seis (6) meses dicha utilidad es negativa debido en esos meses no se tiene pronosticada la venta de ninguna vivienda.

$$Utilidad\ operacional = \sum Ingresos - \sum Egresos$$

El valor de los **impuestos** solo será aplicado cuando la utilidad operacional es positiva, debido a que ya sería un ingreso para la empresa, el cual debe declarar y pagar al estado. Dicho impuesto corresponde al 33% del costo de la utilidad operativa.

$$Impuesto = Utilidad\ operacional * 33\%$$

El valor de la **utilidad neta** corresponde a la diferencia entre la utilidad operacional y el valor de los impuestos, en otras palabras, es el 67% de la utilidad operacional cuando su valor es mayor a 0.

$$Utilidad\ Neta = Utilidad\ operacional - Impuestos$$

El **Flujo operacional del proyecto**, corresponde a la suma de la utilidad neta, el total de las amortizaciones y las depreciaciones que para el proyecto son cero o nulas.

$$Flujo\ operacional = Utilidad\ neta + \sum Amortizaciones + \sum Depreciaciones$$

Posterior a ello, se calcula el valor correspondiente a al **flujo de caja financiero (FCFF)** que no es sino la suma del flujo operacional y al total del flujo de inversiones.

$$Flujo\ de\ caja\ financiero\ (FCFF) = Flujo\ operacional + \sum F.Inversiones$$

Para culminar la evaluación de la utilidad del proyector y determinar si el punto de equilibrio del proyecto consiste en la construcción de 150 viviendas, se procede al cálculo del valor presente neto (VPN) y de la tasa interna de retorno (TIR), que son parámetros matemáticos y financieros que como gerentes sirve para evaluar la rentabilidad de los proyectos.

**Valor presente neto**, mide la rentabilidad del proyecto en dinero, es un criterio de inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer cuánto dinero se va a ganar o perder con esa inversión, también se conoce como valor actual neto (VAN), en caso de ser positivo se recupera la inversión y el costo de oportunidad del dinero.<sup>107</sup>

$$VPN = -I_0 + \sum \frac{F_t}{(1 + K)^n}$$

VPN = Valor presente neto.

$I_0$  = Es la inversión realizada en el momento inicial.

$F_t$  = Son los flujos operacionales de dinero en cada periodo  $t$ .

$K$  = Tipo de descuento o tipo de interés de la inversión.

$n$  = número de periodos.

Después de tener todos los cálculos anteriormente mencionado, se procede a realizar el cálculo del valor presente neto (VPN) que para el proyecto corresponde a \$7'101.476 pesos m/cte., queriendo decir que ese será el valor de las ganancias para la empresa al finalizar la ejecución de este proyecto, no corresponde a un valor significativo, pero se recalca que como activo para la empresa o inversionistas quedaría la impresora de gran formato 3D.

**Tasa interna de retorno (TIR)**, mide la rentabilidad del proyecto en porcentaje. La TIR es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión. También se conoce como la máxima tasa de interés para financiar el proyecto. Es una medida utilizada en la evaluación de proyectos de inversión que está muy relacionada con el valor actual neto (VAN). Es conocida también como una herramienta importante para tomar la decisión de llevar a cabo un nuevo proyecto, permite determinar al gerente si el proyecto es viable y rentable o no.

---

<sup>107</sup>Educación Financiera, 2015, "Valor actual neto"; disponible en internet en <  
<https://www.edufinanzas.com/van/> >

- Si **TIR** > **Tasa de interés** = Se aprueba el proyecto.  
 Si **TIR** = **Tasa de interés** = Se aprueba o no el proyecto.  
 (Dependiendo de la estrategia de la empresa).  
 Si **TIR** < **Tasa de interés** = Se rechaza el proyecto.

La tasa interna de retorno para este proyecto corresponde al 3,04% mensual vigente, indicando que el proyecto es rentable para la empresa o inversionistas.

Tabla 40. Tasa interna de retorno.

|            |                     |           |
|------------|---------------------|-----------|
| <b>VPN</b> | <b>\$ 7.101.476</b> |           |
| <b>TIR</b> | <b>3,04%</b>        | <b>mv</b> |

Fuente propia.

Con los dos indicadores mencionados anteriormente las empresas o inversionistas que deseen ejecutar este proyecto pueden tener certeza de que es rentable para sí mismos, aumentando sus utilidades y productividades, llegando a ser empresas de construcción competitivas a nivel nacional e incluso a nivel internacional. También se puede concluir que el punto de equilibrio para este proyecto, por el gran valor del costo de compra de la innovadora herramienta tecnológica como lo es la impresora 3D corresponde a 150 viviendas.

A continuación, se presenta el mismo análisis financiero del proyecto, pero con diferentes cantidades de viviendas a construir para corroborar el punto de equilibrio y evidenciar la importancia de estos dos indicadores financieros (VAN y TIR).

Tabla 41. Ventas para 100 viviendas.

| DESCRIPCION              | VALOR                   |           |
|--------------------------|-------------------------|-----------|
| Precio unitario vivienda | \$ 109.409.007,00       |           |
| Precio unitario m2       | \$ 1.420.896,19         |           |
| Cant de salarios minimo  | 111,57                  |           |
| SMLV 2020                | \$ 980.657,00           |           |
| Area de la vivienda (m2) | 77                      |           |
| Total vivinedas          | 100                     |           |
| Total Mts de Venta (m2)  | 7700                    |           |
| <b>VPN</b>               | <b>\$ (547.371.134)</b> |           |
| <b>TIR</b>               | <b>-0,61%</b>           | <b>mv</b> |

Fuente propia.

Para el análisis financiero del proyecto con **100 viviendas** a construir no se pronostica una rentabilidad buena ni ganancias en la ejecución del proyecto, el valor

presente neto (VPN) es menor a \$0 pesos m/cte, donde se interpreta que se pierden **\$547'371.134,00** pesos m/cte. con una tasa interna de retorno (TIR) menor a 0%, representando pérdidas para la empresa o inversionistas del proyecto equivalente al **-0,61%**.

Tabla 42. Ventas para 125 viviendas.

| DESCRIPCION              |                         | VALOR             |
|--------------------------|-------------------------|-------------------|
| Precio unitario vivienda |                         | \$ 109.409.007,00 |
| Precio unitario m2       |                         | \$ 1.420.896,19   |
| Cant de salarios minimo  |                         | 111,57            |
| SMLV 2020                |                         | \$ 980.657,00     |
| Area de la vivienda (m2) |                         | 77                |
| Total vivinedas          |                         | 125               |
| Total Mts de Venta (m2)  |                         | 9625              |
| <b>VPN</b>               | <b>\$ (270.134.829)</b> |                   |
| <b>TIR</b>               | <b>1,42%</b>            | <b>mv</b>         |

Fuente propia.

Para el análisis financiero del proyecto con **125 viviendas** a construir no se pronostica una rentabilidad buena ni ganancias en la ejecución del proyecto, el valor presente neto (VPN) es menor a \$0 pesos m/cte, donde se interpreta que se pierden **\$270'134.829,00** pesos m/cte con una tasa interna de retorno (TIR) mayor a 0%, equivalente al **1,42%** pero no supera el interés que brindan las entidades financieras de primer piso (bancos), representando pérdidas para la empresa o inversionistas del proyecto.

Tabla 43. Ventas para 150 viviendas.

| DESCRIPCION              |                     | VALOR             |
|--------------------------|---------------------|-------------------|
| Precio unitario vivienda |                     | \$ 109.409.007,00 |
| Precio unitario m2       |                     | \$ 1.420.896,19   |
| Cant de salarios minimo  |                     | 111,57            |
| SMLV 2020                |                     | \$ 980.657,00     |
| Area de la vivienda (m2) |                     | 77                |
| Total vivinedas          |                     | 150               |
| Total Mts de Venta (m2)  |                     | 11550             |
| <b>VPN</b>               | <b>\$ 7.101.476</b> |                   |
| <b>TIR</b>               | <b>3,04%</b>        | <b>mv</b>         |

Fuente propia.

Para el análisis financiero del proyecto con **150 viviendas** a construir se pronostica una rentabilidad buena con ganancias en la ejecución del proyecto, el valor presente

neto (VPN) es mayor a \$0 pesos m/cte, donde se interpreta que se ganan **\$7'101.476,00** pesos m/cte, es relativamente baja pero cabe resaltar que la impresora 3D queda como activo de la empresa para futuros proyectos, con una tasa interna de retorno (TIR) mayor a 0%, equivalente al **3,04%** superando el interés que brindan las entidades financieras de primer piso (bancos), representando ganancias y rentabilidad para la empresa o inversionistas del proyecto. **PUNTO DE EQUILIBRIO = 150 VIVIENDAS.**

Tabla 44. Ventas para 175 viviendas.

| DESCRIPCION              |                       | VALOR             |
|--------------------------|-----------------------|-------------------|
| Precio unitario vivienda |                       | \$ 109.409.007,00 |
| Precio unitario m2       |                       | \$ 1.420.896,19   |
| Cant de salarios minimo  |                       | 111,57            |
| SMLV 2020                |                       | \$ 980.657,00     |
| Area de la vivienda (m2) |                       | 77                |
| Total vivinedas          |                       | 175               |
| Total Mts de Venta (m2)  |                       | 13475             |
| <b>VPN</b>               | <b>\$ 284.337.781</b> |                   |
| <b>TIR</b>               | <b>4,36%</b>          | mv                |

Fuente propia.

Para el análisis financiero del proyecto con **175 viviendas** a construir se pronostica una rentabilidad buena con ganancias en la ejecución del proyecto, el valor presente neto (VPN) es mayor a \$0 pesos m/cte, donde se interpreta que se ganan **\$284'337.781,00** pesos m/cte, es relativamente bueno y cabe resaltar que la impresora 3D queda como activo de la empresa para futuros proyectos, con una tasa interna de retorno (TIR) mayor a 0%, equivalente al **4,36%** superando el interés que brindan las entidades financieras de primer piso (bancos), representando ganancias y rentabilidad para la empresa o inversionistas del proyecto. Proyectos con mayor cantidad de viviendas tendrán una valor presente neto más alto, aumentando las ganancias y rentabilidad de las empresas que ejecuten estos proyectos, con otros beneficios, como reconocimiento a nivel nacional e internacional, implementación de metodología BIM con la innovadora herramienta tecnológica como lo es la impresora de gran formato 3D, ganado experiencia, mejorando los rendimientos de las actividades constructivas por la utilización de esta herramienta, entre otras.

**Nota:** el flujo de caja realizado encuentra anexo fuera del documento, en archivos de Excel.

## 5. DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS ESPERADOS

Entre los resultados se esperaba conocer los costos, tiempo, utilidad y modelo mediante el método de la metodología BIM junto con la implementación de las impresoras 3D, aplicado en todos los proyectos de construcción. Modelos 3d en Revit, programaciones de obra de cada uno de los proyectos, presupuestos de ellos y todo enlazado y vinculado en un modelo Navisworks.

### 5.1. APOORTE DE LA ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE OBRAS

El trabajo de investigación realizado, fue desarrollado bajo parámetros aprendidos durante las asignaturas vistas en la especialización de gerencias de obras, como lo son la gestión económica, financiera y de gestión de proyectos y la metodología BIM, pues se realizó un análisis de la viabilidad económica con la implementación de la impresora 3D y la metodología BIM en todos los proyectos a ejecutar (vivienda, local, oficial y bodega), llegando a una comparación entre el método convencional y el método de innovación.

Las empresas que implementan la metodología BIM en sus proyectos, tienen una ventaja competitiva en el mercado o sector de la construcción debido a que esta metodología acepta cambios indicando inmediatamente los tiempos, las cantidades y los costos afectados, pueden evitar atrasos en la obra planteado la forma de intervención de cada actividad constructiva para evitar tropiezos, puede determinar fallas en los diseños y ser ajustadas de una vez, llevar un control de recursos, equipos, herramientas, optimizando sus recursos al máximo que serán reflejados en la rentabilidad de la empresa.

Es innovador para los clientes ya que pueden verificar, visualizar y transportarse virtualmente mediante la integración de Navisworks y gafas 3d o de realidad virtual en su futura propiedad, donde pueden ver sus alcobas, sus baños, su sala, su comedor y todos los espacios de su futuro proyecto, y el empresario puede recibir e implementar los cambios y sugerencias que el propietario desea para su futura propiedad, como lo son los acabados e incluso los muebles que desea. Con esta innovadora tecnología podrían las empresas aumentar su cobertura en el mercado usándola como estrategia para garantizar el alza en su rentabilidad.

Cabe resaltar que la unión de estas dos innovadoras herramientas tecnológicas en el sector de la construcción (Impresoras 3D de gran formato + Metodología BIM) puede llegar a ser una gran ventaja competitiva para las empresas locales en el mundo y aumentar su rentabilidad.

## 5.2. CÓMO SE RESPONDE A LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN CON LOS RESULTADOS

¿Qué impactos de costos y tiempos se pueden lograr en los proyectos de construcción en Colombia con las impresoras 3D de gran formato?

En el desarrollo de esta investigación podemos concluir que con esta innovadora herramienta tecnológica el costo de metro cuadrado de muros para los diferentes proyectos es muy económico (\$19.780 pesos), que incluye mano de obra, la mezcla de concreto que utiliza la impresora (con sus aditivos necesarios) y que los tiempos de impresión son bastante cortos.

Pero lo que las empresas y constructores deben contemplar para tomar la decisión de implementar las impresoras 3D de gran formato en sus proyectos de construcción son los costos de compra de dicha herramienta tecnológica, debido a que son contadas las empresas que las fabrican, son extranjeras, son costosas, y debe ser operado por personas debidamente capacitadas y con habilidades adicionales para que estos tiempos y costos se vean reflejados en el momento de la impresión.

Cabe resaltar que la empresa o constructor que decida implementar esta herramienta tecnológica también tendrá ahorro de costos en mano de obra (debido a que solo se necesitan máximos 4 personas), 3 ayudantes y 1 operario, ahorro reflejado en las dotaciones, en los elementos de protección personal, en accidentes laborales, en herramienta menor, y en diversos materiales.

## 5.3. ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN Y DIVULGACIÓN

Como primera opción y en relación al compromiso de los estudiantes de la Universidad Católica de Colombia de presentar un trabajo de grado, este quedara publicado en el Repositorio de documentos que maneja la base de datos de la biblioteca de la Universidad, para que quede a disposición de consulta por toda la comunidad Universitaria.

Como segunda opción se realizó un artículo científico el cual será publicado, tanto en el repositorio de documentos de la base de datos de la biblioteca de la universidad y en internet.

## 6. NUEVAS ÁREAS DE ESTUDIO

Dentro de la presente investigación, se pudo alcanzar y percibir que existen diferentes investigaciones a fines sobre la implementación de la impresora 3D para la construcción de edificaciones y de que la incorporación de la metodología BIM es de gran ayuda para la vinculación en proyectos de construcción, debido a que ayuda con el ahorro en tiempo y costos, pero es bajo el interés por parte de las entidades gubernamentales debido al alto costo en la adquisición de la impresora 3D, y del conocimiento para manejar los programas de diseños de BIM. Es por ello, que esta investigación sirve de fuente para empresas que piensan en competir con empresas a nivel internacional por el aporte tan grande y las ventajas que se tiene con la implementación de estos dos métodos innovadores.

Cabe resaltar que la unión de estas dos innovadoras herramientas tecnológicas en el sector de la construcción (Impresoras 3D de gran formato + Metodología BIM) abre un nuevo mundo de estudio e investigación, ya que son pocas las empresas en el mundo que cuenten e implementen estas dos herramientas.

## CONCLUSIONES

- La implementación de la metodología BIM tiene un gran beneficio que primordialmente es cuando se están ejecutando los diseños, debido a que la observación de los modelos mucho antes de llevarlos a cabo con las demás disciplinas ahorran tiempo en cuanto a controles y revisiones.
- Es importante resaltar que la correcta implementación de la metodología BIM 2D, 3D, 4D y 5D a un proyecto de construcción depende principalmente de las configuraciones paramétricas iniciales que se le configure al modelo a realizar, ya que si llegase a surgir algún error en el proceso en las fases siguientes sucederían imprecisiones de cuantificación y demás.
- Con el uso de la metodología BIM 2D, 3D, 4D y 5D se puede ejecutar una mejor planificación y visualización de las actividades constructivas de cada proyecto como se mostró en el proceso constructivo de la vivienda, la oficina, el local y la bodega teniendo un mayor control de los costos y tiempos a desarrollar, anticipándose y dando la solución más acertada a los problemas que se llegasen a generar en obra.
- El uso de la metodología BIM resulta más eficaz o beneficioso cuando se aplica en proyectos de mayor magnitud como lo observado en el flujo de caja desarrollado en la vivienda, debido a que la información de toda la ejecución de la construcción siempre estará actualizada por ser un modelo central, donde todos los participantes del proyecto pueden agregar información a éste, para sincronizarse y vincularse en todas las acciones realizadas en tiempo actual facilitando el trabajo en equipo.
- El uso de la metodología BIM ayuda a anticiparse a todos los problemas que se llegasen a tener entre actividades o disciplinas en el modelo virtual como se observó en el modelo realizado en Navisworks Manage y así, poder solucionar problemas que se puedan presentar en la fase de construcción de la misma, en equipo.
- Como se evidenció en el desarrollo de la investigación, el uso de la impresora 3D de gran formato para la construcción de los muros en concreto de cada proyecto tiene una gran ventaja, ya cuando se tiene la impresora 3D, debido a que el ahorro es de aproximadamente el **5%** del costo y también en el tiempo en días debido a que con la construcción de muros en concreto en la impresora 3D es de **3 días** aproximados en todos los modelos desarrollados, siendo de gran ayuda para la empresa que lo llegase a implementar.

- Se concluye que con la vinculación de la impresora 3D de gran formato hay una reducción en el tiempo al construir el proyecto debido a que hubo un tiempo a favor de **10 días** calendario en la vivienda, **11,5 días** calendario en la oficina y **14 días** calendario en el local y la bodega.
- Se puede concluir que hay un ahorro monetario al implementar las impresoras 3D de gran formato en la construcción de muros en concreto debido a que el costo de ahorro del capítulo de muros en concreto es de aproximadamente de **cuatro millones de pesos M/CTE (\$ 4'000.000)** y del capítulo del pañete es de **diez millones de pesos M/CTE (\$10'000.000)** tanto para la vivienda, oficina, local y bodega pues en cada modelo no había una gran diferencia el área de los muros a construir.
- Implementando la impresora 3D de gran formato para construcción de muros de los edificios y demás, es de gran ventaja ya que los muros se pueden construir de una forma curvilínea y no debe ser en rectas como se desarrolla tradicionalmente, es decir a la impresora 3D de gran formato no le interesa si las paredes son rectas o curva.
- Debido a la velocidad de impresión de la impresora 3D de gran formato, hay una reducción de costo tanto en el material como los bajos requisitos de mano de obra, es decir, el costo de un edificio o construcción impresa en 3D es relativamente bajo con una diferencia aproximada de **siete millones de pesos M/CTE (\$7'000.000)** de la construcción de los edificios con la metodología convencional.
- El costo de la implementación de la metodología BIM dentro de los proyectos de construcción es de **\$58.500.000 pesos M/CTE** esto debido a que ésta técnica es un nuevo método de innovación, por ende, es necesario la compra del material para el desarrollo del diseño e implementación.
- De los 4 proyectos desarrollados (vivienda, local, oficina y bodega) y en el análisis de costos y tiempos se evidenció que el más rentable es el de la vivienda donde el costo de construcción de los muros en concreto de ésta **\$5.284.860 pesos M/CTE** esto debido a que la cantidad de muros a desarrollar en metros cuadrados es mayor en comparación a los demás proyectos.
- El fin de realizar esta investigación es difundirla para que las empresas nacionales integren este nuevo método de innovación y sepan cuáles son las herramientas adecuadas, las ventajas de usarlos para poder construir los edificios

del futuro con la ayuda de éstos.

- De todos los proyectos evaluados (vivienda, oficina, local y bodega) en el proceso de la utilidad desarrollado en cada uno el mejor es el de la vivienda ya que como se observó en el análisis después de las 150 viviendas construidas se obtiene una ganancia equivalente a **\$7'101.476 pesos M/CTE** considerándose una rentabilidad considerablemente buena.
- El uso de la metodología BIM y del uso de la impresora 3D de gran formato como nueva forma de trabajo en proyectos no solo de construcción sino de infraestructura también, actualmente es de gran relevancia en el campo de la ingeniería a nivel internacional e incluso a nivel nacional, ya que ofrece muchas ventajas en el mundo BIM, por lo tanto es aconsejable adoptarlos para ser más competitivos en el mundo civil.
- Si se llegase a implementar estos dos métodos de innovación, se debe tener paciencia porque muchas veces no generan ganancias en el primer proyecto y más si éste es un proyecto pequeño debido a que los beneficios se obtienen a largo plazo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. 3D-concrete-printing - m-tec. (n.d.). Retrieved October 30, 2019, from <https://m-tec.com/inspirations/3d-concrete-printing/>
2. Aliaga Melo. 2012. Implementación y metodología para la elaboración de modelos BIM para su aplicación en proyectos industriales multidisciplinares. Chila: Repositorio Uchile, 2012.
3. Asosismica | DECRETOS MODIFICATORIOS DEL REGLAMENTO NSR-10. (n.d.). Retrieved October 30, 2019, from <https://www.asosismica.org.co/decretos-modificatorios-nsr-10/>
4. Beiza, Urrutia Ricardo. 2012. Desafíos y propuestas para la implementación de Building Information modeling en Chile, Chile: Novos Sistemas de Producción, 2012.
5. Building SMART. Chapter, buildingSMART Spanish. 2018. 01, España: 18/01, 2018 Vol.18.01.
6. Cámara Colombiana de la construcción. 2019. Tendencias de la construcción, Economía y Coyuntura Sectorial. Bogotá: CAMACOL, 2019.
7. Campillo, M. (2017). Prefabricación en la arquitectura: Impresión 3D en hormigón. Escuela técnica superior de arquitectura de Madrid.
8. Ceron, I., & Ramos, D. A. (2017). Plan de implementación de metodología BIM en el ciclo de vida en un proyecto. Retrieved from [https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15347/1/PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGIA BIM.pdf](https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15347/1/PLAN_DE_IMPLEMENTACIÓN_DE_METODOLOGIA_BIM.pdf)
9. Constructora Concreto. (2018). Impresora 3D - Constructora Concreto.
10. Duque, Ana Montilla. 2017. Que es el BIM. Revista Digital. [En línea] 05 de 04 de 2017. [Citado el: 31 de 10 de 2019] <https://revistadigital.inesem.es/diseño-y-artes-gráficas/diferencias-bim-cad/>.
11. FERNANDO, L. y BOTERO, B., 2012. Análisis de Rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción. *Revista Universidad EAFIT*, vol. 38, no. 128, pp. 9-21. ISSN 0120-341X.

12. Florez-Dominguez, Maria V. 2018. Propuesta de un estandar para implementar la metodologia BIM en obras de edificaciones financiadas con recursos publicos en Colombia. Bogota. Colombia: Estudiante de maestria ingenieria civil, Universidad Javeriana
13. Furet, B., Poullain, P., & Garnier, S. (2019). 3D printing for construction based on a complex wall of polymer-foam and concrete. *Additive Manufacturing*, 28(April), 58–64. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2019.04.002>
14. Hager, I., Golonka, A., & Putanowicz, R. (2016). 3D Printing of Buildings and Building Components as the Future of Sustainable Construction? *Procedia Engineering*, 151, 292–299. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.357>
15. HEIGERMOSER, D., GARCÍA DE SOTO, B., ABBOTT, E.L.S. y CHUA, D.K.H., 2019. BIM-based Last Planner System tool for improving construction project management. *Automation in Construction* [en línea], vol. 104, no. March, pp. 246-254. ISSN 09265805. DOI 10.1016/j.autcon.2019.03.019. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.03.019>.
16. <https://www.labrujulaverde.com/acerca-de>. (2014). Construyen una casa en Ámsterdam con una impresora 3D.
17. Identificación de factores que generan diferencias de tiempo y costos en proyectos de construcción en Colombia. LOZANO SERNA, Sara Y PATINO GALINDO, Ivonne. Y GOMEZ-CABRERA, Adriana Y TORRES, Andres.
18. Innovación, Q. E. (2016). En Colombia el sueño de la impresión 3D de su casa, será una realidad con Concreto. Retrieved from <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/public.1525380022.d5c44f9f4dff5376950ed539290b57aa26a88db3.conconcretodocu1.pdf>
19. KAZEMIAN, A., YUAN, X., COCHRAN, E. y KHOSHNEVIS, B., 2017. Cementitious materials for construction-scale 3D printing: Laboratory testing of fresh printing mixture. *Construction and Building Materials* [en línea], vol. 145, pp. 639-647. ISSN 09500618. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2017.04.015. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.04.015>.

20. Kreiger, E. L., Kreiger, M. A., & Case, M. P. (2019). Development of the construction processes for reinforced additively constructed concrete. *Additive Manufacturing*, 28(October 2018), 39–49. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2019.02.015>
21. Lozano Serna, S., Patiño Galindo, I., Gómez-Cabrera, A., & Torres, A. (2018). Identificación de factores que generan diferencias de tiempo y costos en proyectos de construcción en Colombia. *Ingeniería y Ciencia*, 14(27), 117–151. <https://doi.org/10.17230/ingciencia.14.27.6>
22. Mechtcherine, V., Nerella, V. N., Will, F., Näther, M., Otto, J., & Krause, M. (2019). Large-scale digital concrete construction – CONPrint3D concept for on-site, monolithic 3D-printing. *Automation in Construction*, 107, 102933. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.102933>
23. Normas para la construcción de edificaciones en Colombia | Argos 360. (n.d.). Retrieved October 30, 2019, from <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/normas-construccion-edificaciones-en-colombia>
24. Paul, S. C., Tay, Y. W. D., Panda, B., & Tan, M. J. (2018). Fresh and hardened properties of 3D printable cementitious materials for building and construction. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 18(1), 311–319. <https://doi.org/10.1016/j.acme.2017.02.008>
25. Primer puente para vehículos hecho con una impresora 3D. (2017). Retrieved from <https://www.dinero.com/internacional/articulo/primer-puente-para-vehiculos-hecho-con-una-impresora-3d/251414>
26. Sakin, M., & Kiroglu, Y. C. (2017). 3D Printing of Buildings: Construction of the Sustainable Houses of the Future by BIM. *Energy Procedia*, 134, 702–711. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.09.562>
27. Sanjayan, J. G., & Nematollahi, B. (2019). 3D Concrete Printing for Construction Applications. In *3D Concrete Printing Technology*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-815481-6.00001-4>
28. TECNOLOGÍA INFORMÁTICA, 2019. Impresoras 3D ¿Qué son? ¿Cómo funcionan? Todo sobre impresión 3D - Tecnología + Informática. [en línea].

[Consulta: 31 octubre 2019]. Disponible en: <https://tecnologia-informatica.com/impresoras-3d-que-son-como-funcionan-impresion-3d/>.

29. TECNOLOGIA, 2018. Materiales de Construcción Tipos Propiedades y Usos. [en línea]. [Consulta: 31 octubre 2019]. Disponible en: <https://www.areatecnologia.com/TUTORIALES/MATERIALES PARA LA CONSTRUCCION.htm>

30. VÁSQUEZ SARA; BANGUERA ARIANNA; CEVALLOS CRISTINA; COQUE CRISTINA., 2017. MANO DE OBRA CALIFICADA Y OPERATIVA. by Cris Cevs on Prezi. [en línea]. [Consulta: 31 octubre 2019]. Disponible en: <https://prezi.com/950vt0lkrlu5/mano-de-obra-calificada-y-operativa/>.

31. Zhang, C., Hou, Z., Chen, C., Zhang, Y., Mechtcherine, V., & Sun, Z. (2019). Design of 3D printable concrete based on the relationship between flowability of cement paste and optimum aggregate content. *Cement and Concrete Composites*, 104(August), 103406. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2019.103406>

32. ZHANG, C., HOU, Z., CHEN, C., ZHANG, Y., MECHTCHERINE, V. y SUN, Z., 2019. Design of 3D printable concrete based on the relationship between flowability of cement paste and optimum aggregate content. *Cement and Concrete Composites* [en línea], vol. 104, no. April, pp. 103406. ISSN 09589465. DOI 10.1016/j.cemconcomp.2019.103406. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2019.103406>.

33. Zhu, B., Pan, J., Nematollahi, B., Zhou, Z., Zhang, Y., & Sanjayan, J. (2019). Development of 3D printable engineered cementitious composites with ultra-high tensile ductility for digital construction. *Materials & Design*, 181, 108088. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2019.108088>

34. ZHU, B., PAN, J., NEMATOLLAHI, B., ZHOU, Z., ZHANG, Y. y SANJAYAN, J., 2019. Development of 3D printable engineered cementitious composites with ultra-high tensile ductility for digital construction. *Materials & Design*, vol. 181, pp. 108088. ISSN 02641275. DOI 10.1016/j.matdes.2019.108088.

35. BIBLUS, 2016. Las dimensiones del BIM: 3D, 4D, 5D, 6D, 7D . [en línea]. [Consulta: 25 abril 2020]. Disponible en: <http://biblus.accasoftware.com/es/las-dimensiones-del-bim-3d-4d-5d-6d-7d/>.

36. BUILDINGSMART SPANISH, 2016. ¿Qué es BIM? - . [en línea]. [Consulta: 25 abril 2020]. Disponible en: <https://www.buildingsmart.es/bim/qué-es/>.
37. COBOD., 2017. The BOD: el primer edificio impreso en 3D en Europa. [en línea]. [Consulta: 25 abril 2020]. Disponible en: <https://cobod.com/the-bod/>.
38. COBOD, 2019. BOD2 Specifications - COBOD. [en línea]. [Consulta: 25 abril 2020]. Disponible en: <https://cobod.com/bod2-specifications/>.
39. CONCRETO, 2019. CON SENTIDO CONSTRUIAMOS FUTURO HUMANO Puerto Industrial Aguadulce y terminal de granos y carbón fase I. Buenaventura, Valle del Cauca. . S.l.:
40. Diseño asistido por computadora. [en línea], 2015. [Consulta: 25 abril 2020]. Disponible en: <http://www.larevistainformatica.com/DISENO-ASISTIDO-COMPUTADORA.HTML>.
41. ELDIARIO.ES, 2014. REVOLUCIÓN: Llegan las impresoras 3D. [en línea]. [Consulta: 25 abril 2020]. Disponible en: [https://www.eldiario.es/cv/tecnologia/REVOLUCION-Llegan-impresoras\\_6\\_260783937.html](https://www.eldiario.es/cv/tecnologia/REVOLUCION-Llegan-impresoras_6_260783937.html).
42. MONTILLA, A., 2017. Gestión BIM 4D y 5D: planificación temporal y gestión de costes. [en línea]. [Consulta: 25 abril 2020]. Disponible en: <https://revistadigital.inesem.es/disen-y-artes-graficas/bim-4d-5d/>.
43. PATO GIACOMINO, 2014. ¿Qué es el 4D? . [en línea]. [Consulta: 25 abril 2020]. Disponible en: <https://patogiacomino.com/2014/05/31/bienvenidos-a-la-cuarta-dimension-que-es-el-4d/>.
44. PRIETO JOHAN, 2017. ¿Que Es 3D? [en línea]. [Consulta: 25 abril 2020]. Disponible en: <https://es.calameo.com/books/00423425303608485d189>.
45. ROBERTO, 2018. ¿Qué es Navisworks y para qué sirve esta herramienta? [en línea]. [Consulta: 25 abril 2020]. Disponible en: <https://esdim.com/que-es-navisworks-y-para-que-sirve-esta-herramienta/>.
46. CyBe Construction, “CyBe MORTAR ,” 2019. [Online]. Available: <https://cybe.eu/technology/cybe-mortar/>. [Accessed: 01-May-2020].

47. CyBe Construction, “3D concrete printers | CyBe Construction.” [Online]. Available: <https://cybe.eu/technology/3d-printers/>. [Accessed: 01-May-2020].
48. Cybe Construction, “3D Printing — CyBe Construction,” 2018. [Online]. Available: <https://cybe.eu/service/3d-printing/>. [Accessed: 01-May-2020].
49. CyBe Construction, “We redefine construction | CyBe Construction,” 2018. [Online]. Available: <https://cybe.eu/>. [Accessed: 01-May-2020].

## ANEXOS

**ANEXO A.** Planos arquitectónicos y Planos estructurales: éstos fueron realizados por el grupo de trabajo

*Nota:* Los planos de los diseños estructurales y planos de detalles de cada proyecto se encuentran anexos fuera del documento, en archivos PDF.

**ANEXO B.** Modelo Revit: éstos fueron realizados por el grupo de trabajo con cada uno de los proyectos.

*Nota:* Los Revit realizados de cada proyecto (vivienda, local, oficina y bodega) se encuentran anexos fuera del documento, en archivos RVT.

**ANEXO C.** Cronograma MS Project: Los cronogramas realizados se encuentran en un archivo donde se encuentra todas las duraciones de cada proyecto.

*Nota:* Los cronogramas realizados de cada proyecto (vivienda, local, oficina y bodega) se encuentran anexos fuera del documento, en archivos PDF.

**ANEXO D.** Hoja de Excel (Cantidades –Costos): En estos archivos se encuentran todos los datos utilizados con respecto a rendimientos de obra y los costos

*Nota:* Los presupuestos realizados de cada proyecto (vivienda, local, oficina y bodega) se encuentran anexos fuera del documento, en archivos PDF.

**ANEXO E.** Modelo Navisworks Manage (Simulación BIM 4D y 5D): En este archivo se encuentra la simulación final realizada, vinculando los tiempos de ejecución y los costos involucrados de cada uno de los proyectos.

*Nota:* La modelación en Navisworks del sistema constructivo se encuentran anexos fuera del documento, en un archivo mp4 (video).

**ANEXO F.** Flujo de caja realizado para la utilidad que se obtiene al implementar en proyectos de construcción las impresoras 3D junto con la metodología BIM.

*Nota:* el flujo de caja realizado encuentra anexo fuera del documento, en archivos de Excel.

**ANEXO G.** Propuesta de trabajo de grado aprobada. El cual corresponde al anteproyecto aprobado en el semestre pasado.