

**ANÁLISIS DEL IMPACTO EN EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD  
USANDO EL MÉTODO TIME LAPSE DURANTE LAS ETAPAS DEL PROCESO  
CONSTRUCTIVO DE LOS PROYECTOS CIVILES EN LA CIUDAD DE  
BARRANQUILLA**

**JANIA JUDITH CERVANTES VERDOOREN**

**SERGIO DAVID COLL CARRASQUILLA**



**UNIVERSIDAD  
DE LA COSTA  
1970**

**UNIVERSIDAD DE LA COSTA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL**

**BARRANQUILLA**

**2017**

**ANÁLISIS DEL IMPACTO EN EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD  
USANDO EL MÉTODO TIME LAPSE DURANTE LAS ETAPAS DEL PROCESO  
CONSTRUCTIVO DE LOS PROYECTOS CIVILES EN LA CIUDAD DE  
BARRANQUILLA**

**JANIA JUDITH CERVANTES VERDOOREN**

**SERGIO DAVID COLL CARRASQUILLA**

**PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN PRESENTADO COMO REQUISITO  
PARCIAL PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE: INGENIERO CIVIL**

**ING. CLAUDIA INÉS AYALA RUEDA**

**ING. RAFAEL HUMBERTO ROJAS MILLÁN**

**UNIVERSIDAD DE LA COSTA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL**

**BARRANQUILLA**

**2017**

*Nota de aceptación*

---

---

---

---

---

Presidente de jurado

---

Jurado

---

Jurado

---

Junio 12 de 2017

## **Dedicatoria**

A **Dios** porque es él quien en su infinita misericordia nos llena de bendiciones y permite que se cumplan nuestros proyectos, gracias padre celestial porque aun cuando creí no poder tú confiaste en mí.

A mis **padres Álvaro Cervantes y Josefina Verdooren** que con su sacrificio amor y entrega incondicional me impulsaron a conseguir mis metas, sin ustedes esto no hubiese sido posible.

A mi **hijo, conyugue, hermanas, abuelos y toda mi familia** que siempre ha estado con migo aun en los momentos más difíciles, ustedes son el motor de mi vida.

A mis **amigos, docentes y todas esas personas** que me han acompañado en este recorrido, gracias por cada momento compartido.

**Jania Cervantes Verdooren.**

## **Dedicatoria**

A mis **padres Sergio Enrique Coll Jiménez y Josefina Carrasquilla Ramos** que con esfuerzo y dedicación siempre me estuvieron apoyando a lo largo de mi vida universitaria, dando consejos y siempre a la expectativa de mis necesidades para acudir a mi ayuda, este trabajo es por ustedes, por su sacrificio, amor y entrega para lograr alcanzar mis metas.

A mi **toda mi familia** en especial a **mi hermana Laura Marcela Coll, mi abuela Josefina Ramos y mi novia Angie Paola Esteban** que siempre me estuvieron acompañando durante mi formación profesional y que siempre ha estado presente en los buenos y malos momentos

A mis **amigos, compañeros y docentes** que me han acompañado en este recorrido, gracias por cada momento compartido.

**Sergio Coll Carrasquilla.**

## **Reconocimientos**

La realización de este proyecto de grado no hubiese sido posible sin el apoyo de la **ingeniera Claudia Inés Ayala** quien nos motivó en todo momento.

Además contamos con la colaboración del ingeniero **Rafael Humberto Rojas** nuestro cotutor quien estuvo con nosotros durante este proceso guiándonos.

También queremos agradecer al señor **Ubaldo Martínez** y demás personas que de una u otra forma hicieron parte de este proyecto.

## **Resumen**

Este proyecto surge por la necesidad de economizar tiempos y costos en las obras civiles por medio del mejoramiento de la productividad a fin de ser más competitivo. Actualmente la incursión de herramientas tecnológicas para mejorar el rendimiento empresarial es una ventaja significativa. La implementación del método Time Lapse pretende simular escenarios de obra a partir de las grabaciones obtenidas con la implementación de esta herramienta, para poder determinar cuál es el tiempo óptimo a partir de una distribución de trabajo arrojado por simulaciones realizadas por el Software Arena. Con los resultados adquiridos se implementan las acciones correctivas y preventivas necesarias para la distribución del personal en obra y la eficiencia de esta, lo que hace que la obra sea más productiva, debido a que se consigue economizar tiempos y costos. La cual es de gran utilidad debido a que el procedimiento realizado se puede estudiar para crear un plan de acción por medio del cual se creen estrategias. Todo inicia desde el montaje del equipo en obra, con el que se hace un diagnóstico de los procedimientos a analizar mediante el método, previamente se hace un registro del estado actual de la obra y de las condiciones, luego se graba durante toda la actividad, se procede entonces al análisis del video se toman los tiempos registrados y la distribución de la cuadrilla de trabajo para la actividad para posteriormente realizar un estudio para identificar cuáles son las variables críticas afectan la productividad en la obra.

Palabras clave: Time Lapse, Productividad, Rendimiento, Software Arena, PMI.

## **Abstract**

This project arises from the need to save time and costs in civil works by improving productivity in order to be more competitive. Today the incursion of technological tools to improve business performance is a significant advantage. The implementation of the Time Lapse method is intended to simulate work scenarios from the recordings obtained with the implementation of this tool, in order to determine the optimum time from a work distribution thrown by simulations made by the Arena Software. With the acquired results, the corrective and preventive actions necessary for the distribution of the personnel in work and the efficiency of this one are implemented, which makes the work more productivity, because it saves time and costs. This is very useful because the procedure performed can be studied to create a plan of action through which strategies are created. Everything starts from the assembly of the equipment on site, with which a diagnosis is made of the procedures to be analyzed by the method, previously it is made a record of the current state of the work and of the conditions, then it is recorded during all the activity, We proceed to the analysis of the video will take the recorded times and the distribution of the work crew for the activity to subsequently carry out a study to identify which are the critical variables affect the productivity in the work.

Key words: Time Lapse, Productivity, Performance, Software Arena, PMI



## Contenido

Lista de tablas y figuras.....	x
Introducción.....	14
1. Antecedentes.....	16
1.1 Nacimiento de la filosofía Lean.....	16
1.2 Lean Construction en la construcción.....	17
1.3 Time Lapse como para la identificación y reducción de pérdidas.....	18
1.4 Aplicación de las Time Lapse.....	18
1.5 Justificación.....	25
1.6 Objetivos.....	26
1.6.1 General.....	26
1.6.2 Específicos.....	26
2. Marco teórico.....	27
2.1 Marco referencial.....	27
2.1.1 Proyecto.....	27
2.1.2 Administración de proyectos.....	27
2.1.3 Aplicación de la filosofía Lean a la gerencia de proyectos.....	28
2.1.4 Comparación de la filosofía Lean aplicada a la administración de proyecto con la teoría del PMI-PMBOOK.....	29
2.2 Marco conceptual.....	30
2.2.1 Productividad.....	30
2.2.2 Time Lapse como herramienta para el mejoramiento de los procesos productivos.....	31
2.2.3 Simulación.....	32
2.2.4 Simulación en el software arena.....	34
2.2.5 Uso de las TIC como recurso para la enseñanza.....	35
2.2.6 Diagrama de Ishikawa.....	36
3. Marco metodológico.....	38
3.1 Fuentes de información.....	38
3.1.1 Fuentes de información primaria.....	38
3.1.2 Fuentes de información secundarias.....	38
3.1.3 Fuentes de información terciarias.....	38

3.2 Técnica de investigación.....	39
3.3 Método de investigación.....	40
3.4 Herramientas .....	41
3.4.1 Informáticas y tecnológicas.....	41
3.4.2 Encuestas.....	42
3.4.3 Herramientas organizacionales.....	42
4. Desarrollo .....	46
4.1 Identificación de los impactos sociales, económicos y ambientales que son generados en los proyectos de vivienda.....	46
4.1.1 Registro fotográfico y diagnóstico.....	46
4.1.1.1 <i>Etapa de excavación</i> .....	47
4.1.1.2 <i>Etapa estructural</i> .....	48
4.1.1.3 <i>Etapa de instalaciones de la edificación</i> .....	50
4.1.1.4 <i>Etapa de mampostería</i> .....	51
4.1.2 Diagrama de Venn.....	51
4.2 Análisis de las condiciones actuales de los procesos de ejecución de un proyecto de vivienda bajo las condiciones de la metodología de las 5M con el fin de establecer un diagnóstico que permita identificar oportunidades de mejora .....	52
4.2.1 Diagramas de Ishikawa.....	53
4.3 Determinación las variables críticas del éxito durante la etapa de ejecución de los proyectos vivienda .....	61
4.3.1 Análisis del diagrama de Venn.....	61
4.4 Proposición de planes de acción encaminados a dar cumplimiento a las metas de la productividad durante la etapa de ejecución.....	62
4.5 Identificación de los métodos de mejora en la productividad en los proyectos de obras civiles .....	68
4.6 Formulación de propuestas de mejoramiento a partir de la metodología TIME LAPSE simulando nuevos escenarios para los procesos civiles .....	69
4.6.1 Descripción del modelo.....	70
4.7 Creación una herramienta educativa por medio del uso de las TIC.....	74
4.8 Técnicas y herramientas de administración profesional y de proyectos.....	75
4.8.1 Declaración del alcance y creación de EDT.....	75
4.8.2 Descripción del alcance.....	77
4.8.3 Elaboración del cronograma del proyecto.....	77
4.8.4 Elaboración del presupuesto.....	79
4.9 Documentación de roles y responsabilidades.....	80

4.9.1 Matriz de responsabilidades .....	80
4.9.2 Organigrama .....	82
5. Conclusiones .....	83
6. Recomendaciones .....	84
Referencias .....	85

## Lista de tablas y figuras

### Tablas

Tabla 3.1 Resumen del marco metodológico.	42
Tabla 4.1 Plan de acción implementado en la obra.	62
Tabla 4.2 Comparación de herramientas de productividad.	68
Tabla 4.3 Distribución de los trabajadores en la obra.	71
Tabla 4.4 Rendimiento de los trabajadores en la obra.	72
Tabla 4.5 Modelación de los diferentes escenarios.	73
Tabla 4.6 Cronograma del proyecto.	78
Tabla 4.7 Presupuesto del proyecto.	79
Tabla 4.8 Matriz de responsabilidades.	80

### Figuras

Figura 1.1 Captura de video de la colocación de formaleta.	20
Figura 1.2 Captura de videos tomados en obra.	21
Figura 1.3 Cocina de la cervecería del valle.	22
Figura 1.4 Expansión de la cervecería.	23
Figura 1.5 Línea de tiempo de la filosofía Lean.	24
Figura 2.1 Metodología para la aplicación del lean a la gerencia de proyecto.	29

Figura 4.1 Material rocoso encontrado en el sótano.	47
Figura 4.2 Material rocoso encontrado en el parqueadero.	47
Figura 4.3 Desplazamiento vertical del voladizo.	49
Figura 4.4 Deflexión en el dintel.	49
Figura 4.5 Discontinuidad en dimensiones en las viguetas.	49
Figura 4.6 Acero de refuerzo expuesto.	49
Figura 4.7 Escaleras salidas del área limitante.	50
Figura 4.8 Exposición del refuerzo de la losa.	51
Figura 4.9 fuga en las tuberías.	51
Figura 4.10 Diagrama de Venn para interrelación de variables.	52
Figura 4.11 Diagrama de Ishikawa ciclo de excavación.	53
Figura 4.12 Diagrama de Ishikawa ciclo de estructural.	54
Figura 4.13 Diagrama de Ishikawa ciclo de estructural.	55
Figura 4.14 Diagrama de Ishikawa ciclo de estructural.	56
Figura 4.15 Diagrama de Ishikawa ciclo de estructural.	57
Figura 4.16 Diagrama de Ishikawa ciclo de estructural.	58
Figura 4.17 Diagrama de Ishikawa ciclo de estructural.	59
Figura 4.18 Diagrama de Ishikawa ciclo de mampostería.	60

Figura 4.19 Estructura de simulación de software Arena.	70
Figura 4.20 Herramienta educativa.	74
Figura 4.21 EDT orientada a los objetivos del proyecto.	76
Figura 4.22 Organigrama.	82

## **Siglas**

IGLC International Group for lean construction

JIT Just In Time

TQC Time Quality Control

EDT Estructura de desglosé de trabajo

PMI: Project Management Institute

## Introducción

En las construcciones de obras civiles actualmente se busca que el resultado de estas sea un producto de calidad, eficiente y económico, motivo por el cual es importante estudiar los procesos generados en el tiempo de ejecución. Con el auge de las tecnologías y la infinidad de herramientas a disposición de la comunidad o gremios del área de la construcción, la cual empiezan a implementar instrumentos tecnológicos y metodologías en la producción de obras civiles a fin de garantizar un resultado óptimo y perdurable.

Echeverry y Giraldo (2013) afirman:

Dentro de estas metodologías se encuentra Lean Construction que aparece como una alternativa para reducir las actividades que no generan valor al producto, aumentar su valor, reducir la variabilidad y el tiempo de ciclo, hacer enfoque a todos los procesos, verificar la transparencia, generar un balance positivo y presentar un mejoramiento continuo en la productividad de las obras de ingeniería civil (p. 27).

Por otra parte la metodología Time Lapse forma parte de Lean Construction y pretende analizar las etapas del proceso constructivo mediante la toma de fotografías durante las diferentes etapas de este, logrando así hacer una recopilación de todo el trabajo que se realiza en las obras civiles, desde las etapas de iniciación hasta la finalización del proceso; para así hacer un detallado de las falencias que se pueden presentar y de esta manera proponer una mejora para evitar pérdidas en los tiempos y costos. De esta manera se lograría establecer un método que ayude a realizar una mejor proyección de la obra.

En el presente trabajo de grado se muestra además de la aplicación de la metodología Time Lapse, el análisis de la productividad en obra por medio de la inspección de las actividades



realizadas midiendo variables como el tiempo y el número de trabajadores, para así proceder a analizar los lapsos de ejecución y pretender optimizar dichos procesos mediante la metodología TIME LAPSE. Basado en estos videos, simular los posibles escenarios obtenidos, elaborar una herramienta académica didáctica y útil que ayude con el proceso de enseñanza y aprendizaje de la comunidad educativa.

## 1. Antecedentes

### 1.1 Nacimiento de la filosofía Lean

Ibarra (2011) afirma:

La metodología lean nace de la necesidad de optimizar los diferentes sistemas de producción en las fábricas, lo que indica que sus orígenes radican en la industria, el principal aporte al nacimiento de esta, lo hace el sistema de Toyota fundado por el ingeniero Ohno en Japón el cual mejora los sistemas de producción propuestos por los estadounidenses y al optimizar los procesos logran tener una fábrica transparente y flexible, cuyos fundamentos estaban basados en la producción en el momento preciso y la auto activación; a partir de esta idea aparece en termino lean que se relaciona directamente con producción sin pérdidas (p. 68).

Se hace la primera mención del uso de las lean en la publicación del su artículo titulado “Application of the New Production Philosophy to Construction”, “donde a pesar de que del título lean no se habla como tal si se menciona el uso de herramientas que son propias de esta filosofía para la productividad” (Chávez y de la Cruz, 2014, p. 111).

(Ibarra, 2011) afirma:

La década de los 90 fue sin duda donde las metodologías de producción empezaron a optimizarse, en 1993 se realizó en primer taller de Lean Construction en Finlandia, el cual se fundamentó en las ideas expuestas por Shingo, Schonbeger y Plassl, donde se expone la ideología que fundamenta esta metodología en la cual se propone establecer objetivos claros para el proceso de entrega, maximizar el rendimiento para el cliente a nivel de

proyecto y dividir el diseño en partes para poder organizarlo lógicamente, determinar los tiempos y establecer los recursos necesarios para las actividades (p. 69).

(Chávez y De La Cruz, 2014). Comentan:

De igual forma para ese mismo año en 1993 se forma el International Group for lean construction (IGLC), dando inicio a la denominación de esta filosofía la cual busca brindar satisfacción a la demanda de clientes y mejorar la producción en los procesos tanto de productos, como de ingeniería, arquitectura, construcción, entre otros (p. 112).

## **1.2 Lean Construction en la construcción**

Chávez y De La Cruz (2014). Menciona el tema de esta filosofía en su artículo titulado “aplicación de la nueva filosofía de producción para la construcción”, donde menciona como utilizar las herramientas de esta metodología para la construcción, la extensión de la aplicación de esta se ha expandido en diferentes países como Europa, España, Reino Unido, Finlandia, Alemania y Portugal. Citado en (Koskela, 1992, p. 72).

El IGLC formado en 1993 es el que da inicio formal a la lean construction pretendiendo mejorar todos los procesos de ingeniería, construcción y arquitectura; esta filosofía se basa en la lean production, ya que, este tubo una exitosa acogida en el campo de la industria. “El IGLC realiza anualmente conferencias en diferentes países a fin de hacer una socialización de los conceptos, falencias y diferentes puntos de vista a cerca de la aplicación de las Lean construction” (Chávez y De La Cruz, 2014, p. 124).

### **1.3 Time Lapse como para la identificación y reducción de pérdidas**

La técnica “Time-Lapse” es una herramienta útil para el mejoramiento de la productividad en proyectos de construcción, pues reproduce en un tiempo menor lo sucedido en una obra en un periodo captado en tiempo real.

Botero, (2006) afirma:

Esta técnica permite captar detalles de las operaciones de obra como: desempeño de equipos, impacto del clima, causas de accidentes, aplicación de la herramienta Time-Lapse para la identificación y reducción de pérdidas en edificaciones con estructura en concreto, conformación de cuadrillas de trabajo, evaluación de productividad, pérdidas de materiales, trabajo no contributivo, entre otros (p. 69).

“Desde los años 1960 se utilizan las time Lapse como una herramienta para el análisis de la productividad. Según Fondalh mostró como aplicar las time Lapse para analizar las operaciones de la construcción en este rango de tiempo “(Contreras, 2012, p. 110).

Paulson para el año 1978 subraya que la herramienta Time Lapse era el primer paso para la recolección de datos del proceso constructivo. Además, señaló que los datos que se recolectan con las Time Lapse se utilizan para analizar y mejorar procesos productivos, también para hacer simulaciones de procesos. Touran para el año 1981 hace una interconexión entre las fotografías Time Lapse y un programa de simulación.

### **1.4 Aplicación de las Time Lapse**

La aplicación de la metodología time Lapse ha sido implementada en muchos proyectos de ingeniería en un contexto nacional y mundial en términos generales con el fin de analizar los procesos de estas. A nivel nacional Juan Diego Echeverry y María Ximena Giraldo; ingenieros

civiles, magister en ingeniería civil con énfasis en gestión de proyectos y construcción, estipulan en su trabajo de grado de maestría titulado “Mejoramiento de procesos constructivos de una edificación a partir de la simulación digital y videos time Lapse”, realizaron en la obra ubicada en la ciudad de Bogotá en un conjunto residencial de 6 pisos, el estudio de la obra usando tres etapas la primera donde se hacia la caracterización de los procesos, es decir se hacia la instalación de cámaras, revisión del montaje, toma de fotografías, construcción de los videos, identificación del flujo de trabajo; luego la segunda fase consistió en la simulación de los procesos contractivos donde se hizo la contextualización del modelo, definió la distribución probabilística, caracterización de los procesos, construcción del modelo y verificación y validación de este.

Echeverry y Giraldo (2012) afirman:

Por último, se realizaron propuestas de mejoramiento, en esta etapa básicamente hicieron una identificación de perdidas, se identificaron todas las actividades que producían disminución en la productividad, se establecieron oportunidades de mejora, crearon escenarios de mejora, simularon nuevos escenarios e identificaron el escenario óptimo. (p. 94).

Echeverry y Giraldo (2012)

Se identificaron las actividades contributivas y no contributivas cada una de estas actividades a través de la medición de los tiempos a través con la prueba de los 5 minutos donde se identificaban y clasificaban las actividades. Los videos de las visitas realizadas al proyecto se reflejaron en videos de 5 minutos. (p. 102).



*Figura 1.* Captura de video de colocación de formaleta. Adaptado de “Mejoramiento de procesos constructivos de una edificación a partir de la simulación digital y videos Time Lapse” Por J. Echeverry y M. Giraldo, 2012.

Otra aplicación de las time Lapse en obras a nivel nacional la hizo Juan Diego Céspedes magister en ingeniería civil en cuyo proyecto de maestría titulado mejoramiento de la productividad en la construcción: Time Lapse y simulación digital como herramienta de análisis. Muestra la aplicación de esta metodología para la elaborar recomendaciones que permitan el aumento de la productividad de un proceso constructivo, a partir del seguimiento en intervalos de tiempo cortos en todos los agentes involucrados. “La metodología que se propone consiste en la recolección de información, simulación con el software arena y generación de recomendaciones. (Céspedes, 2010, P. 452).

## TOMA DE VIDEOS EN OBRA



*Figura 2.* Capturas de videos tomados en obra. Adaptado de “Mejoramiento de la productividad en la construcción: Time Lapse y simulación digital como herramienta de análisis” Por J. Céspedes, 2010.

Las recomendaciones realizadas por Céspedes fueron mejorar la ubicación del inventario, cambiar los vehículos de transporte de material para lo que se propuso el diseño de carretillas cuadradas y carros transportadores al interior de los pisos. Las conclusiones a las que se llegó es que la metodología es de fácil aplicación y los resultados obtenidos son satisfactorios, su aplicación es principalmente en proyectos extensos, para el análisis de procesos se utiliza la simulación digital, a partir de la aplicación del método se pueden socializar los procesos con el personal de la obra y se mostró una reducción de procesos del 15%.

Otros registros importantes de la aplicación de time Lapse en Colombia se muestran en la página de FOTOMANAGER que realiza el registro de seguimientos realizados a proyectos de construcción día a día y cuyo fundador y director es el director de proyectos Helmunth Jalvin B. En esta página se muestra el registro de obras donde se aplican videos Time Lapse como: la

cocina continúa de la cervecera del valle cuya responsabilidad era de los ingenieros de Bavaria y la empresa MEURA cuyos directivos en Bélgica podían ver el día a día en fotografía de alta resolución del avance del proyecto en Colombia gracias al seguimiento echo por FOTOMANAGER. Junto a este proyecto se hizo el seguimiento a la construcción y montaje de nuevos tanques de maduración.

De esta forma vieron en pocos minutos de los videos Time Lapse todo el trabajo, esfuerzo y dedicación de un gran grupo de ingenieros y operarios colombianos que marcan un hito en el desarrollo de la industria cervecera mundial (FOTOMANAGER, 2015)



*Figura 3.* Cocina de la cervecera del valle. Adaptado de “Proyecto Montaje cocina continua cervecera del valle” Por fotomanager, 2015. Recuperado de <http://fotomanager.co/proyectos/montaje-cocina-continua/>

También la construcción litografía INDUGRAL la cual después del seguimiento en el 2014 y 2015 a la expansión de la Cervecera del Valle, SAB MILLER en el 2016 se hace seguimiento a la construcción de su nueva empresa de impresión litográfica INDUGRAL S.A. que es una planta de impresión de etiquetas para todas las empresas del grupo en Latinoamérica. Durante 6 meses se registró con el sistema FOTOMANAGER día a día el seguimiento de obra, además de



seguir en fotografía y video los diversos frentes de trabajo de la que será una de las más modernas litografías de su tipo en Latinoamérica. (FOTOMANAGER, 2016)



*Figura 4.* Obra expansión de la cervecería. . Adaptado de “Proyecto Montaje cocina continua cervecería del valle” Por fotomanager, 2015. Recuperado de <http://fotomanager.co/proyectos/montaje-cocina-continua/>

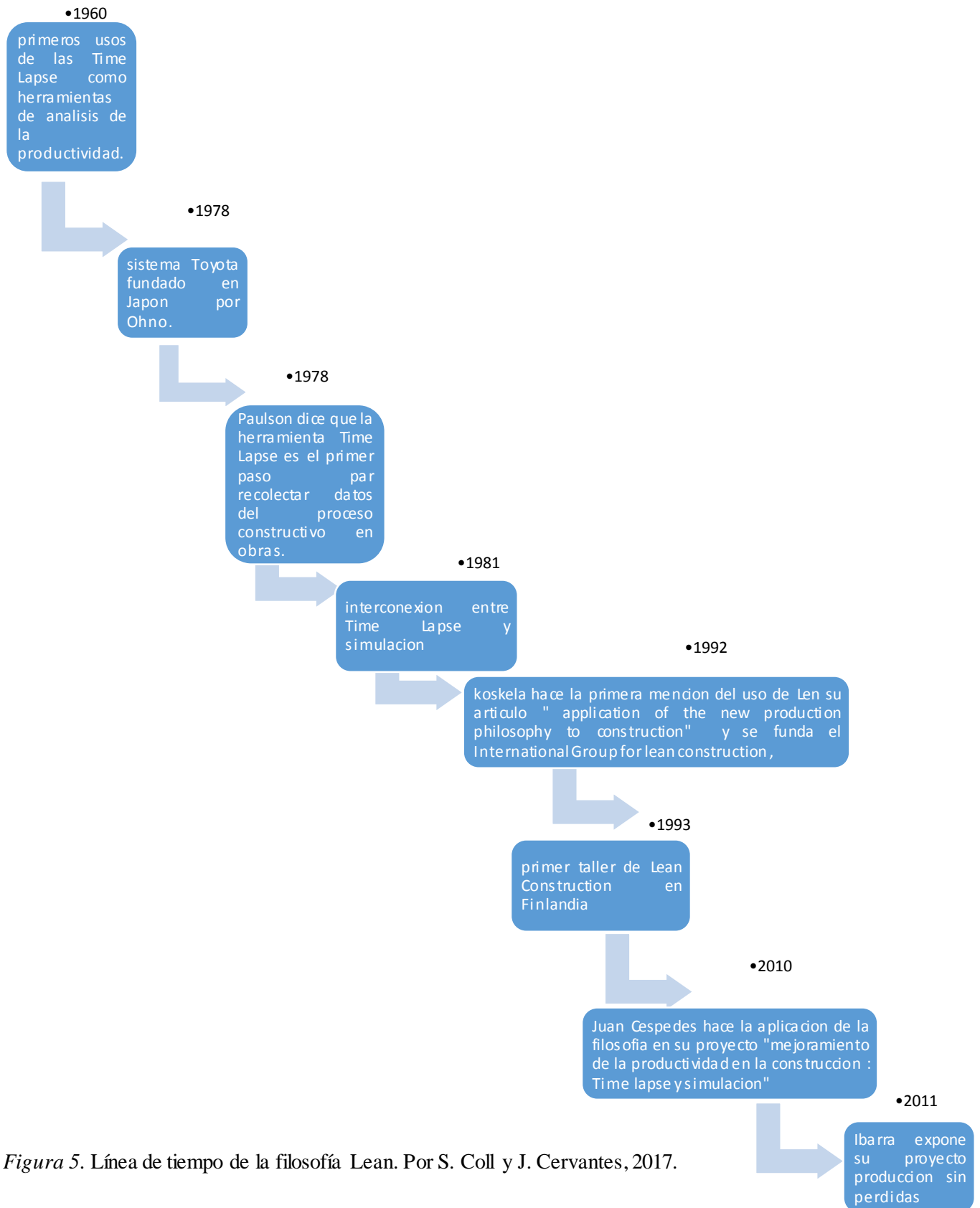


Figura 5. Línea de tiempo de la filosofía Lean. Por S. Coll y J. Cervantes, 2017.

## 1.5 Justificación

El control de las obras de ingeniería es importante para identificar las posibles falencias presentadas durante los procesos mecánicos y organizacionales, para reducir perdidas en tiempos y costos, lo cual afecta el presupuesto final ya que, la productividad influye directamente en la economía de acuerdo con el rendimiento que se tiene en la obra, y lo que se busca es encontrar un equilibrio entre costo beneficio entre las variables criticas las cuales se entraran analizar durante el proceso.

Como ingenieros civiles es muy importante el estudio de métodos, tecnologías y aplicaciones que hagan más eficiente el trabajo y ayude optimizar la productividad en las obras, por lo cual hemos decidido enfatizarnos en un método que propone mejorar los tiempos de la obra basado en el análisis de los procesos y buscando de esta manera evitar que haya incrementos en los costos producto de falta de organización y fallas en la partes operacionales y mecánicas de los procedimientos.

A partir de la aplicación de la metodología Time Lapse se pretende por medio de una serie de tomas de grabaciones y capturas analizar las falencias en los procesos mecánicos, operacionales, organizacionales y constructivos, para así evitar la que se generen pérdidas en tiempo lo cual implicaría más costos en las obras.

La idea es entonces a partir de la aplicación de esta metodología y la simulación de los escenarios con el software Arena determinar los tiempos de las actividades de la obra, identificar en que etapas de los diferentes procesos se están presentando ineficiencia y hacer un análisis de estas para determinar posibles soluciones. La importancia de lograr el aumento de la eficiencia en las obras a partir de la aplicación de esta metodología radica en que se puede plantear como una estrategia para controlar y monitorear las obras.

Además, se pretende crear a partir de los videos y la simulación realizada una herramienta informativa que sirva a su vez como una metodología didáctica que pueda ser implementada por los docentes para enseñar a los estudiantes los procesos constructivos de las obras civiles.

## **1.6 Objetivos**

### **1.6.1 General.**

Analizar el impacto en el mejoramiento de la productividad usando el método Time-Lapse durante las etapas del proceso constructivo de los proyectos civiles en la ciudad de Barranquilla.

### **1.6.2 Específicos.**

- Identificar los impactos sociales, económicos y ambientales que son generados en los proyectos de vivienda.
- Analizar las condiciones actuales de los procesos de ejecución de un proyecto de vivienda bajo las condiciones de la metodología de las 5M con el fin de establecer un diagnostico que permita identificar oportunidades de mejora.
- Caracterizar las etapas de los procesos de ejecución de un proyecto vivienda
- Determinar las variables críticas del éxito durante la etapa de ejecución de los proyectos vivienda.
- Proponer planes de acción encaminados a dar cumplimiento a las metas de la productividad durante la etapa de ejecución.
- Identificar los métodos de mejora en la productividad en los proyectos de obras civiles.
- Formular propuestas de mejoramiento a partir de la metodología TIME LAPSE simulando nuevos escenarios para los procesos civiles.
- Crear una herramienta educativa por medio del uso de las TIC.

## **2. Marco teórico**

### **2.1 Marco referencial**

#### **2.1.1 Proyecto.**

De acuerdo con Chain y Sapang (1984) “el proyecto es la búsqueda de una solución inteligente a un problema planteado que se va a resolver plantean que un proyecto: “No es más que la búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de un problema pendiente por resolver, entre tantos, una necesidad humana”, citado en (Valencia, 2013, p. 117).

Cualquiera que sea la idea que se pretende implementar, la inversión, la metodología o tecnología por aplicar, ella conlleva necesariamente a la búsqueda de proposiciones coherentes designadas a resolver las necesidades de la persona humana.

#### **2.1.2 Administración de proyectos.**

Según Lledó, Rivarola (2008) Mecaru y Cucchi (2009) expresan que: “Uno de los errores más comunes en que se incurre a la hora de planificar y ejecutar un proyecto es ordenarlos en forma de ‘vagones de tren’, de manera secuencial y no de forma superpuesta, lo cual genera costos de agenda, que son elevados al momento de ejecutarlos”, citado en (Valencia, 2013, p. 128).

“La administración de proyectos pretende conseguir que el aprovechamiento del tiempo sea óptimo, para conseguir esto lo que hace es hacer una superposición en las actividades”.

(Valencia, 201, p. 52).

Con la inclusión de la filosofía lean a las etapas del proyecto se pretende mejorar las etapas del proceso. Gómez y otros definen que “La gestión de proyectos tiene como misión establecer

los objetivos del proyecto, definir la metodología a seguir en su realización, planificar y programar tareas recursos, corregir desviaciones, comunicar progresos y resultados” (Valencia, 2013, p. 64).

Esta gestión inicia antes que empieza el proyecto (o por lo menos antes del inicio de la correspondiente fase) continúa a medida que se desarrolla y concluye cuando se finaliza el proyecto (fase de cierre del proyecto).

En conclusión, la gestión de proyectos comprende la gestión del alcance, plazos, costes, calidad y riesgo, sin embargo, los objetivos fundamentales que debe satisfacer la Gestión de proyectos son: Cumplir el plazo previsto para completar el proyecto, Cumplir el presupuesto del proyecto y Obtener los resultados previstos (conformidad con los especificadores del proyecto, servicio, obra, entre otros), es decir, alcanzar la consecución de la calidad del proyecto requerida.

### **2.1.3 Aplicación de la filosofía Lean a la gerencia de proyectos.**

Walton (2013) dice que “La aplicación de la metodología lean a la de la gerencia de proyectos se rige por una serie de pasos los cuales se basan en el ciclo de vida PHVA que pretende que la organización tenga una mejora de manera continua hace la representación del trabajo en procesos más que en tareas específicas”, citado en (Valencia, 2013 p.58).

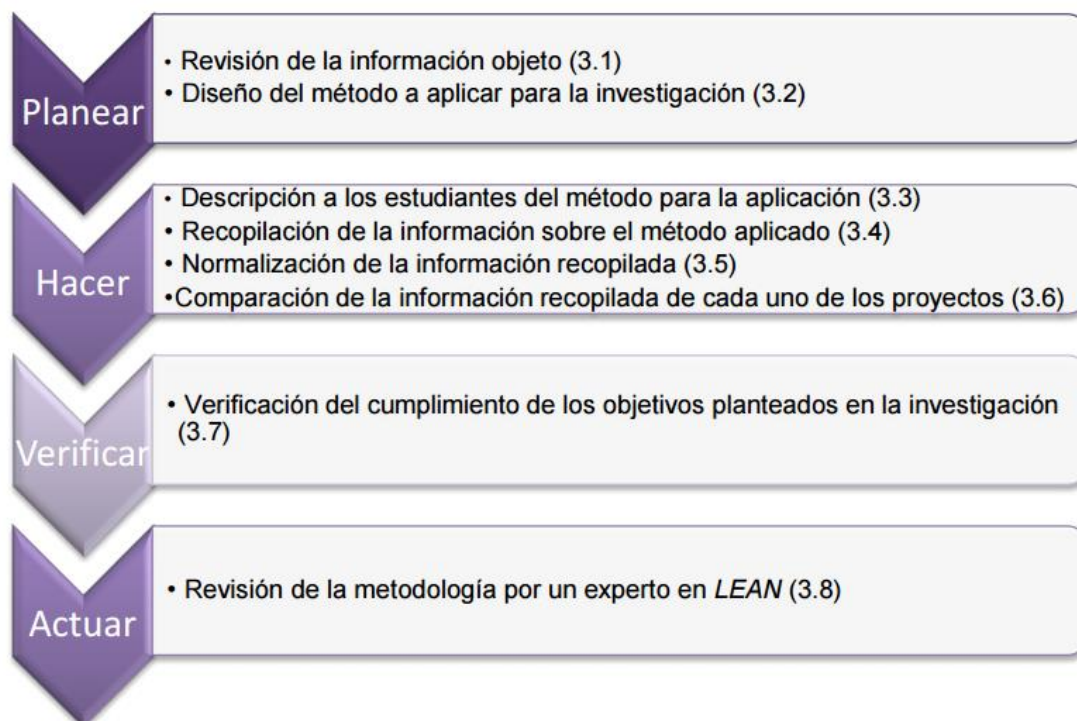


Figura 1. Metodología para la aplicación del lean a la gerencia de proyectos. Por Valencia, 2013.

#### **2.1.4 Comparación de la filosofía Lean aplicada a la administración de proyecto con la teoría del PMI-PMBOOK.**

La filosofía Lean se centra en la concientización y la utilización de herramientas para la eliminación de pérdidas o desperdicios en los diferentes etapas de los proyectos, mientras que el PMI establece estándares para la concepción, ejecución y entrega de proyectos. De acuerdo a lo anterior, podemos definir que Lean se puede considerar como una forma o modo de hacer las cosas mientras que el PMI establece el estándar mínimo al que se debe llegar. Como se había explicado anteriormente Lean se centra en herramientas de diagnóstico, operación y seguimiento, las cuales pueden ser aplicadas en su gran mayoría en cualquier etapa del proyecto, ahora revisando un poco más al detalle el PMBOK distribuye cada uno de sus capítulos en una etapa diferente del proyecto anteponiendo la palabra gestión haciendo alusión a la forma o manera de administrar o llevar a cabo diligencias que hacen posible la realización de la etapa.

Cruz (2015) afirma:

Los beneficios tanto de la filosofía como de la metodología PMI, son en pro de hacer que los proyectos sean económicamente y financieramente viables sin descuidar aspectos como la calidad y el buen desarrollo de los mismos superando o por lo menos alcanzando las expectativas de los interesados (p. 19).

## **2.2 Marco conceptual**

### **2.2.1 Productividad.**

Serperll piensa que “Se puede definir la productividad en la construcción como la medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un proyecto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado” citado en (Botero, L y Álvarez, M. 2004) Determinar la productividad en las construcciones dependen de los factores que participen en este proceso.

“La productividad se mide en relación del contenido del trabajo productivo, ya que son estas actividades las que aportan avance físico real de la obra” (Serperll, 1986, p. 55).

En términos generales el análisis de la productividad en las obras se hace a partir análisis de mano de obra, material, maquinaria, equipos y herramienta.

Botero y Álvarez (2004) afirma:

Evaluando el proceso de cada una de estas etapas; es ahí donde aparecen los conceptos de productividad en los materiales que busca reducir costo al evitar el desperdicio de estos, en las maquinarias tratando de evitar tiempos muertos y mano de obra que es quizá el factor más importante a tener en cuenta porque marca el tiempo de trabajo e incluso los demás procesos dependen de este (p.32).



Echeverry y Giraldo (2012) afirman:

En la actualidad la productividad en las construcciones está siendo analizada a partir de la filosofía Lean Production la cual se basa en dos conceptos el JIT en la que se hace una reducción de inventarios mediante por ejemplo la reducción de tiempos de instalación y el concepto de TQC con la que se expande el control de la producción a términos generales y pretende que las inspecciones que se realicen estén enfocadas a un mejoramiento continuo (p.137).

Dicha filosofía nace en 1992, Lauri Koskela y busca concebir la producción y las operaciones como procesos, Koskela (1992) plantea que “esta nueva teoría de la construcción puede ser vista como un flujo de materiales y/o información desde materia prima hasta un punto final y busca que se minimicen las actividades que agregan valor en las obras eliminando o reduciendo las que generan pérdidas para de esta manera lograr una mayor productividad en el proceso constructivo” citado en (Botero y Álvarez, 2004 p. 37).

### **2.2.2 Time Lapse como herramienta para el mejoramiento de los procesos productivos.**

Vostok (19878) dice que “El Time Lapse se origina cuando el arquitecto y cineasta Peter Greenaway en el año 1986 documenta la historia de dos hermanos que observan los distintos grados de descomposición de la materia, mediante la toma de fotografías, las cuales posteriormente se montaban en una película continua” citado en (Echeverry, J y Giraldo, M. 2012, p. 142).

Finalmente se concluye que a raíz de la velocidad de los procesos involucrados no es posible conocerlos o hacerles un seguimiento, y mediante esta técnica era posible reconstruir dichos procesos. En los años ochenta cuando esta técnica fue adoptada por cineastas no interesados en el

registro con fines científicos, realizaron el registro de los entornos a los cuales pertenecen la arquitectura y la construcción de ciudades.

(Acevedo, 2014) afirma:

La metodología Time Lapse pretende entonces hacer videos en los procesos de las obras y luego hacer una aceleración de estos para mostrar procedimientos que son lentos en tiempos cortos, mediante la aplicación de esta técnica se busca recopilar, comprender, analizar y realizar mejoramientos en los procesos productivos para que haya incremento en la productividad (p.136).

### **2.2.3 Simulación.**

La simulación es un proceso en el que se pretende imitar el posible comportamiento de procesos reales, se busca a partir de esta dar solución a problemas reales y responder a incógnitas como por ejemplo “que pasa si” (Echeverry y Girado, 2012, p. 140).

Puche (2005) afirma:

La Simulación es una herramienta de gran ayuda a la hora de disminuir los riesgos y optimizar la toma de decisiones empresariales, la evaluación de inversiones en tecnología, personal e instalaciones, así como para planificar, analizar y mejorar los procesos de la empresa (p.14).

La simulación es importante debido a que mediante este proceso se pretende medir el funcionamiento de un proceso para optimizarlo y tomar mejores decisiones sin que haya necesidad de interferir en la actividad normal

Puche (2005) afirma:

La simulación permite incluso probar cambios que se pretendan hacer en cualquier proceso sin necesidad de que haya que llevarlos a cabo y representa un ahorro puesto que, permite responder posibles inquietudes de forma rápida además es posible realizar los procesos de forma adecuada desde la primera vez (p. 104).

La estructura general del proceso de simulación consta básicamente de unas etapas fundamentales como son: la delimitación del problema, establecimiento de objetivos conceptualización del modelo, recolección de la información, verificación y validación.

Bannks (como dijo Echeverry y Girado, 2012) plantea que las ventajas de realizar una simulación son:

- Permite evaluar todos los aspectos para la toma de decisiones en cambios o adiciones que se deseen implementar en un sistema.
- Puede presentar un proceso o fenómeno en la escala de tiempo que se requiera, obteniendo información más o menos detallada según las necesidades.
- Su análisis permite entender el porqué de algunas situaciones.
- Al tener un modelo válido de simulación, se pueden explorar diferentes posibilidades en cuanto al comportamiento de un sistema.
- Permite diagnosticar problemas presentes en los procesos de producción.
- Identifica restricciones o cuellos de botella en un proceso.
- Permite visualizar el plan de trabajo.
- Ofrece un punto de vista objetivo para la presentación de cambios.

- Prepara a los procesos para cambios.
- Resulta una inversión baja con relación a los costos de implementación de los cambios.
- Se puede utilizar para la obtención específica de requerimientos en un sistema.

#### **2.2.4 Simulación en el software arena.**

“Es un sistema que provee un entorno de trabajo integrado para construir modelos de simulación en una amplia variedad de campos; integra, en un ambiente fácilmente comprensible, todas las funciones necesarias para el desarrollo de una simulación exitosa” (Fábregas, Wadripar, Paternina, Mancilla, 2003, p. 78).

Este software es de fácil manejo, como es compatible con Microsoft office algunas de las herramientas que posee son similares.

El proceso de simulación con arena se fundamenta en una entidad que es la persona u objeto que mueve el sistema, recursos son los elementos ocupados por la entidad, atributos que son las características de la entidad que para arena son las que requiere el usuario, variables que pueden ser predeterminadas por el programa o definidas por el usuario, sistema que son los elementos que se encuentran en interacción y buscan una meta en común, modelo que es una representación de la realidad que se desarrolla y el evento que es una ocurrencia que cambia el estado del sistema.

### **2.2.5 Uso de las TIC como recurso para la enseñanza.**

Duderstand (1998) comenta “los avances de la tecnología de la información y las comunicaciones, como inicio de una nueva era, a las que suele llamarse sociedad de la información”, Citado en (Salinas, J. 2004, p. 4).

Podemos destacar cuatro importantes temas que convergen en este momento: la importancia del conocimiento como un factor clave para determinar seguridad, prosperidad y calidad de vida, la naturaleza global de nuestra sociedad, la facilidad con que la tecnología posibilita el rápido intercambio de la información y el grado con el que la colaboración informal entre individuos e instituciones está remplazando a las estructuras sociales más formales, como corporaciones universidades gobiernos.

El integrar las TIC como una herramienta para el aprendizaje ha traído consigo cambios en los roles de docentes y alumnos, en la metodología de enseñanza y aprendizaje. El prestigio y la capacidad de innovación de las instituciones, la flexibilidad de su profesorado, la calidad del contenido, el entorno de comunicación o la reconstrucción de los ambientes de comunicación personal.

Salinas, J. (2004) afirma:

En la medida en la que atendamos a los aspectos tangibles (plataforma, comunicación, materiales, funcionamiento de la red) e intangibles (comunicación pedagógica, rol del profesor, interacción, diseño de actividades, proceso de evaluación y grado de satisfacción de alumnos, profesores y gestores), seremos capaces de construir una alternativa más cercana que la educación a distancia y diferente de la enseñanza presencial. (p. 13).

### 2.2.6 Diagrama de Ishikawa.

El diagrama de Ishikawa es uno de los instrumentos más útiles y sencillos que se usan dentro de los grupos de trabajo para comenzar a dar solución a los problemas. “También se le conoce como esqueleto de pescado por su forma o diagrama causa- efecto, por tener como cabeza de pescado a un problema o efecto de alguna acción y a las espinas vertebrales como las causantes de tal efecto”. (Mercado, 1991, p. 77).

“Mediante la pregunta sistemática ¿porqué? Permite identificar las raíces de un problema hasta un nivel de concreción que haga posible una actuación concreta y clara sugiere analizar siempre las 5m en materiales, métodos, maquinas/medios, mano de obra y medidas” (Pérez, 1994, p. 185).

“Las 5m son los principales factores que afectan la calidad de un producto o servicio. El conocimiento y estudio de todos ellos será determinante para una buena gestión de calidad en la empresa o negocio” (Ferratell, 2014, p. 5).

**Mano de obra:** “en cuanto al factor humano, abra que tener en cuenta varios aspectos, como la capacitación, experiencia, compromiso, etc.” (Ferratell, 2014, p. 6).

**Medio:** “se trata de conocer y analizar el entorno de trabajo y las características ambientales y valorar en qué medida puede afectar a la calidad del producto o servicio” (Ferratell, 2014, p. 6).

**Materia prima o insumo:** “la calidad de los insumos de los proveedores será importante para alcanzar un alto grado de calidad en el producto final” (Ferratell, 2014, p. 6).

**Maquinaria:** “el estado, configuración y calidad de la maquina inciden directamente en la calidad del producto. Conocer su funcionamiento permitirá detectar cualquier problema” (Ferratell, 2014, p. 6).

**Método:** “trata de analizar la manera en que se realizan las cosas, el proceso de fabricación creación, etc.; detectar y resolver aquellas circunstancias que en el momento que se crearon, pudieron ser validas pero con el tiempo se pueden ver obsoletas” (Ferratell, 2014, p. 6).

El diagrama de Ishikawa está formado por una línea horizontal con una flecha en la punta (cabeza), donde se colocará el problema. De esta línea arriba y abajo, surgirán otras líneas (Espinas principales) donde se colocaran diversas categorías. Aquí se pondrán los factores que pueden ser origen del problema, lo más frecuente es colocar los elementos del método de las “5M”. Una vez colocadas las posibles causas del problema, cada una de estas líneas surgirán otras flechas horizontales (espinas) donde se describirán las causas que pueden provocar el problema. De estas pueden surgir otras espinas menores con la misma funcionalidad. (Ferratell, 2014, p. 7).

### **3. Marco metodológico**

#### **3.1 Fuentes de información**

Una fuente de información es la que nos permite obtener todo lo que queremos averiguar respecto a una temática específica en investigación las fuentes de información pueden ser primarias, secundarias y terciarias según el tipo de bibliografía que necesitemos.

##### **3.1.1 Fuentes de información primaria.**

Se entiende por fuentes de información primaria a “todas las fuentes que proporcionan datos de primera mano del autor como libros, antologías, artículos de publicaciones periódicas, monografías, tesis, documentos oficiales, documentales, testimonios, entre otros” (Gómez, 2006, p. 51).

##### **3.1.2 Fuentes de información secundarias.**

las fuentes de información secundarias son “compilaciones, resúmenes y listados de referencias publicadas en un área de conocimiento en particular (son listados de fuentes primarias), donde se mencionan y comentan brevemente los artículos, libros, tesis y otros documentos relevantes” (Gómez, 2006, p. 51).

##### **3.1.3 Fuentes de información terciarias.**

Las fuentes terciarias son “documentos que comprendían nombres, títulos de revista y otras publicaciones periódicas, así como sitios web, empresas, asociaciones, catálogos de libros básicos y nombres de instituciones nacionales e internacionales al servicio de la investigación” (Gómez, 2006, p. 51).



### 3.2 Técnica de investigación

Las técnicas de investigación pueden ser documentales y de campo. La investigación documental se refiere a los procedimientos o medios que permiten registrar las fuentes de información, así como organizar y sistematizar la información teórica y empírica que contiene un libro, artículo, informe de investigación, etc. Para tener un objeto de estudio o plantear un problema de investigación. “Las principales fuentes de información documental son la ficha bibliográfica y hemerográfica, la ficha maestra y ficha de trabajo. (Rojas, 2002, p. 179).

“Por otra parte, el trabajo de campo o técnica de campo se refiere al conjunto de actividades dirigidas a recopilar información empírica sobre un aspecto o problema de la realidad permitiendo captar datos objetivos”. (Rojas, 2002, pp. 179-180).

Las técnicas a implementar en este proyecto de grado son de campo y documental debido a que se visitará una obra en la ciudad de Barranquilla para realizar los videos Time Lapse y se hará un registro de los datos que se obtiene. Además, se necesitó un registro de todos los documentos que han sido redactados con respecto a la temática investigada para analizar la viabilidad del proyecto y realizar el desarrollo de la investigación.

Básicamente se instalarán cámaras en la obra para analizar los procesos por medio de la metodología Time Lapse, con la que se busca identificar como es el rendimiento con respecto a las actividades a cumplir en el ciclo de vida de la obra, con esto se busca realizar un registro historial el cual se procederá a revisión para verificación de la parte metódica de los procesos que se están realizando es decir si las operaciones están siendo bien realizadas, luego se procederá a analizar estos videos tomados en campo para así detectar cuáles son las actividades y tareas que están generando poca productividad a lo largo de los procesos civiles a realizar en la obra, teniendo en cuenta todos los enfoques posible inicialmente se procederá a realizar un diagrama

de Ishikawa mediante el cual determinaremos los enfoques de las 5M para así observar los tipos de fallas y demoras que se están generando en estos 5 enfoques, después de detectar las falencias debemos realizar un plan de acción el cual este encaminado a dar soluciones a las problemáticas que afectan directamente la productividad e indirectamente el tiempo y los costos, finalmente después de haber planteado las propuestas de mejoramiento median el pan de acción se procederá a realizar una simulación la cual deberá modelar sistemas los cuales los procedimientos se corrijan para así medir productividad de la obra y observar que tanto ha mejorado.

Por último, se pretende utilizar la información suministrada por los videos para implementarla como una herramienta didáctica que sirva en el proceso de enseñanza y aprendizaje entre docentes y estudiantes.

### **3.3 Método de investigación**

Entre los métodos de investigación encontramos la observación directa que es aquella donde el investigador puede observar y recoger datos mediante su propia observación.

Rodríguez (2005) afirma:

Esta puede ser intersubjetiva cuando se basa en el principio de observaciones repetidas de las mismas respuestas por el mismo observador deben producir los mismos datos y la observación intrasubjetiva, que expone que observaciones repetidas de la misma respuesta por diferentes observadores deben producir los mismos datos (p. 98).

También encontramos “La observación indirecta que se presenta cuando el investigador corrobora los datos que ha tomado de otros, es decir, de testimonios orales o escritos de personas

que han tenido contacto de primera mano con la fuente que proporciona los datos” (Rodríguez, 2005, p. 98).

Rodríguez (2005) afirma:

La entrevista es otro método de investigación la cual es de uso bastante común, ya que, en la investigación de campo, buena parte de los datos obtenidos se logra por entrevista. Se puede decir que la entrevista es la relación directa establecida entre el investigador y su objeto de estudio a través de individuos o grupos a fin de obtener testimonios orales (p. 98).

“Por su parte el cuestionario es de gran utilidad en la investigación científica, ya que constituye una forma concreta de la técnica de observación, logrado que le investigador fije su atención en ciertos aspectos y se sujeten determinadas condiciones” (Rodríguez, 2005, p. 98).

La observación directa es el método usado, debido a que abra contacto con la obra donde aplicaremos la metodología Time Lapse, además abra interacción con el personal que esté presente en el proceso, se investigara la aplicación del software ARENA para la simulación de escenarios y se elaborara una herramienta académica con los videos obtenidos; Además se realizaran encuestas en el lugar de estudio.

### **3.4 Herramientas**

Entre las herramientas de investigación usadas en este proyecto son:

#### **3.4.1 Informáticas y tecnológicas.**

Las herramientas informáticas y tecnológicas empleadas son la metodología time lapse, el software ARENA y la utilización de base de datos para publicar la herramienta académica que se

obtiene de las time Lapse. Se usaron cámaras fotográficas, soporte para la cámara, computadores, programas del paquete de office.

### 3.4.2 Encuestas.

“A través de la investigación por encuesta se intenta mediante estas estudiar directamente las características de la población estudiada” (Salkind, 199, p. 213).

### 3.4.3 Herramientas organizacionales.

Son herramientas que nos ayudan a organizar la información de manera sencilla en este caso se usaron flujogramas, esquemas, diagramas, registro fotográficos, entre otros.

Tabla 1

#### *Metodologías*

<b>Objetivos</b>	<b>Fuentes de Información</b>		<b>Técnicas de Investigación</b>	<b>Métodos de Investigación</b>	<b>Herramientas</b>	<b>Entregables</b>
	<b>Primaria</b>	<b>Secundaria</b>	<b>n</b>	<b>n</b>		
<b>Identificar los impactos sociales, económicos y ambientales generados en los proyectos de vivienda.</b>	personal de la obra, tutor y cotutor del proyecto y personal de apoyo	libros, documentos de internet	Investigación mixta	Observación directa Observación indirecta	Observaciones, encuestas, herramientas informáticas y tecnológicas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro fotográfico realizados por medio de visitas a las obras.</li> <li>• diagnóstico de la información recogida durante el registro fotográfico.</li> <li>• Diagrama de ven para interrelacionar los impactos generados.</li> </ul>

<b>Analizar las condiciones actuales de los procesos de ejecución de un proyecto civil bajo las condiciones de la metodología de las 5M con el fin de establecer un diagnóstico que permita ver oportunidades de mejora.</b>	personal de la obra, tutor y del proyecto y personal de apoyo	libros, documentos de internet	Investigación mixta	Observación directa Observación indirecta	Observaciones, encuestas, herramientas informáticas y tecnológicas.	Diagrama de Ishikawa basado en la metodología de las 5M para determinar las causas y efectos de los problemas presentados en los procesos de ejecución.
<b>Caracterizar las etapas de los procesos de ejecución de un proyecto de vivienda.</b>	personal de la obra, tutor y del proyecto y personal de apoyo	libros, documentos de internet	Investigación mixta	Observación directa Observación indirecta	Observaciones, encuestas, herramientas informáticas y tecnológicas.	• Flujoograma para mostrar las etapas de los procesos de ejecución de un proyecto de vivienda.
<b>Determinar cuáles son las variables críticas del éxito durante la etapa de ejecución de los proyectos de vivienda.</b>	personal de la obra, tutor y del proyecto y personal de apoyo	libros, documentos de internet	Investigación mixta	Observación directa Observación indirecta	Observaciones, encuestas, herramientas informáticas y tecnológicas.	• análisis del diagrama de Venn
<b>Proponer planes de acción encaminados a dar cumplimiento a las metas de la</b>	personal de la obra, tutor y del proyecto y	libros, documentos de internet	Investigación mixta	Observación directa Observación indirecta	Observaciones, encuestas, herramientas informáticas y tecnológicas.	• Planes de acción donde se muestren las propuestas de mejoramiento para cada una de las

<b>productividad durante la etapa de ejecución.</b>	personal de apoyo					etapas del proceso constructivo.
<b>Identificar los métodos de mejora en la productividad en los proyectos civiles.</b>	personal de la obra, tutor y del proyecto y personal de apoyo	libros, documentos de internet	Investigación mixta	Observación directa Observación indirecta	Observaciones, encuestas, herramientas informáticas y tecnológicas.	• Cuadro comparativo de los diferentes métodos empleados para el mejoramiento de la productividad de proyectos civiles.
<b>Formular propuestas de mejoramiento a partir de la metodología TIME LAPSE simulando nuevos escenarios para los procesos civiles.</b>	personal de la obra, tutor del proyecto y personal de apoyo	libros, documentos de internet	Investigación mixta	Observación directa Observación indirecta	Observaciones, encuestas, herramientas informáticas y tecnológicas.	• Propuestas de mejoramiento.
<b>Crear una herramienta educativa por medio del uso de las TIC.</b>	personal de la obra, tutor del proyecto y personal de apoyo	libros, documentos de internet	Investigación mixta	Observación directa Observación indirecta	Observaciones, encuestas, herramientas informáticas y tecnológicas.	• Aplicación en la página web de la universidad proponiendo una herramienta didáctica para los estudiantes.

*Nota:* Resumen del marco metodológico. Por S. Coll y J. Cervantes, 2017.

En el cuadro anterior se evaluaron las metodologías que se van a aplicar durante la aplicación de herramientas para llegar a cumplir los objetivos del proyecto.

## **4. Desarrollo**

### **4.1 Identificación de los impactos sociales, económicos y ambientales que son generados en los proyectos de vivienda**

Para identificar los impactos sociales, económicos y ambientales generados durante el proceso de ejecución del proyecto de vivienda se elabora un registro fotográfico, un diagnóstico y un diagrama de Venn para la interrelación de los impactos.

#### **4.1.1 Registro fotográfico y diagnóstico.**

Se le hizo el seguimiento a la obra para aplicar las nuevas técnicas implementadas en el proyecto de grado, es un proyecto de vivienda de 10 unidades, 3 pisos de altura, ubicado en la ciudad de Barranquilla-Atlántico.

A Continuación, se mostrarán una serie de fotos donde se evidencian los contratiempos que se presenciaron a través del seguimiento de la obra durante 1 semana consecuencia de las etapas de procesos de ejecución en la obra; tales como imprevistos en excavación para los que se tomaron en cuenta datos brindados por los trabajadores de la obra desde tres puntos de vistas diferentes obreros, maestro e ingeniero responsable; también se muestran imprevistos en la etapa de cimentaciones, estructuras, mampostería e instalaciones de tuberías, que además de los datos brindados por los trabajadores de la obra, se realizó una inspección visual en la que se encontraron cierto contratiempos los cuales se evidencian a continuación.



**4.1.1.1 Etapa de excavación.** En el parqueadero de la obra se encontró material rocoso difícil de extraer el cual demandó más tiempo del planificado porque las maquinarias a la hora de hacer el talud de corte para la excavación se encontraron con numerosas cantidades de este material el cual hizo que demandaran el doble del tiempo esperado y por ende el doble de costos esperados debido a que la etapa de excavación depende directamente del costo por maquinaria y este costo depende de las horas maquinas usadas para esta etapa.

Además, se encontraron a lo largo del sótano dos rocas con la misma tipología las cuales interferían con las zanjas que se deberán hacer para la instalación de tuberías de aguas pluviales del parqueadero.



*Figura 1.* Material rocoso encontrado en el sótano. Por S. Coll y J. Cervantes, 2017



*Figura 2.* Material rocoso encontrado en el parqueadero. Por S. Coll y J. Cervantes, 2017

**4.1.1.2 Etapa estructural.** En este voladizo que pertenece a un balcón de las casas frente del conjunto residencial presentó un desplazamiento vertical el cual causo agrietamiento en la parte superior del voladizo. En el último apartamento el cual posee tres pisos se construyó unas escaleras las cuales se salen del área de las limitantes de la casa como se puede apreciar en la figura 7, el descanso de la escalera da a escasos 1,20 metros de la viga perteneciente a la segunda planta de la edificación.

Se presentó una deflexión causada por el peso de la estructura por el dintel de donde se instalaría la puerta de uno de los cuartos de las casas intermedias donde se observa que los ladrillos que están por encima del dintel están cediendo y perdiendo material ya que están perdiendo su posición.

Además se puede observar que la vigueta del lado izquierdo presenta discontinuidad en sus dimensionamientos y su dirección lo cual presenta un a preocupación por la seguridad de la vivienda y tomar medidas inmediatas en este imprevisto, como punto de comparación se aprecia al lado derecho de la foto la vigueta que si presenta una forma uniforme y se observa que al momento de vaciar el concreto hizo falta material y por esto quedo material de refuerzo expuesto en la parte superior de la vigueta esto es un caso muy frecuente por malos procedimiento como en el vaciado como para el desencofre de la formaleta de la vigueta



*Figura 3.* Desplazamiento vertical del voladizo  
Por S. Coll y J. Cervantes, 2017



*Figura 5.* Discontinuidad en dimensiones en las viguetas. Por S. Coll y J. Cervantes, 2017



*Figura 4.* Deflexión en el dintel.  
Por S. Coll y J. Cervantes, 2017



*Figura 6.* Acero de refuerzo expuesto. Por S. Coll y J. Cervantes, 2017



*Figura 7. Escaleras salidas del área limitante.*  
Por S. Coll y J. Cervantes, 2017

**4.1.1.3 Etapa de instalaciones de la edificación.** Cuando se estaba penetrando la losa de concreto para insertar la tubería de aguas negras bajantes de un baño de las casas intermedias de la vivienda se calculó mal el lugar donde se iba a penetrar y afectaron el refuerzo de la losa exponiéndolo al ambiente. Al realizar la prueba de presión hidrostática y la prueba de estancamiento en las tuberías se observó que había una tubería que presentaba fuga.



*Figura 8.* Exposición del refuerzo de la losa. Por S. Coll y J. Cervantes, 2017



*Figura 9.* Fuga en las tuberías. Por S. Coll y J. Cervantes, 2017

**4.1.1.4 Etapa de mampostería.** En la etapa de mampostería se aplicó la metodología TIMELAPSE para hacer uso de las TICS y poder medir el impacto en el mejoramiento de la productividad en obra en las cuales un segundo de grabación equivale aproximadamente a 1 minuto y cuarenta segundos de toma de fotos mostrando una frecuencia de 15 fps (fotogramas por segundo).

#### **4.1.2 Diagrama de Venn.**

Mediante este diagrama de ven se relacionan las variables que afectan la productividad en la obra a nivel económico, social y ambiental a partir, a fin de establecer cuál es el factor más afecta la productividad.

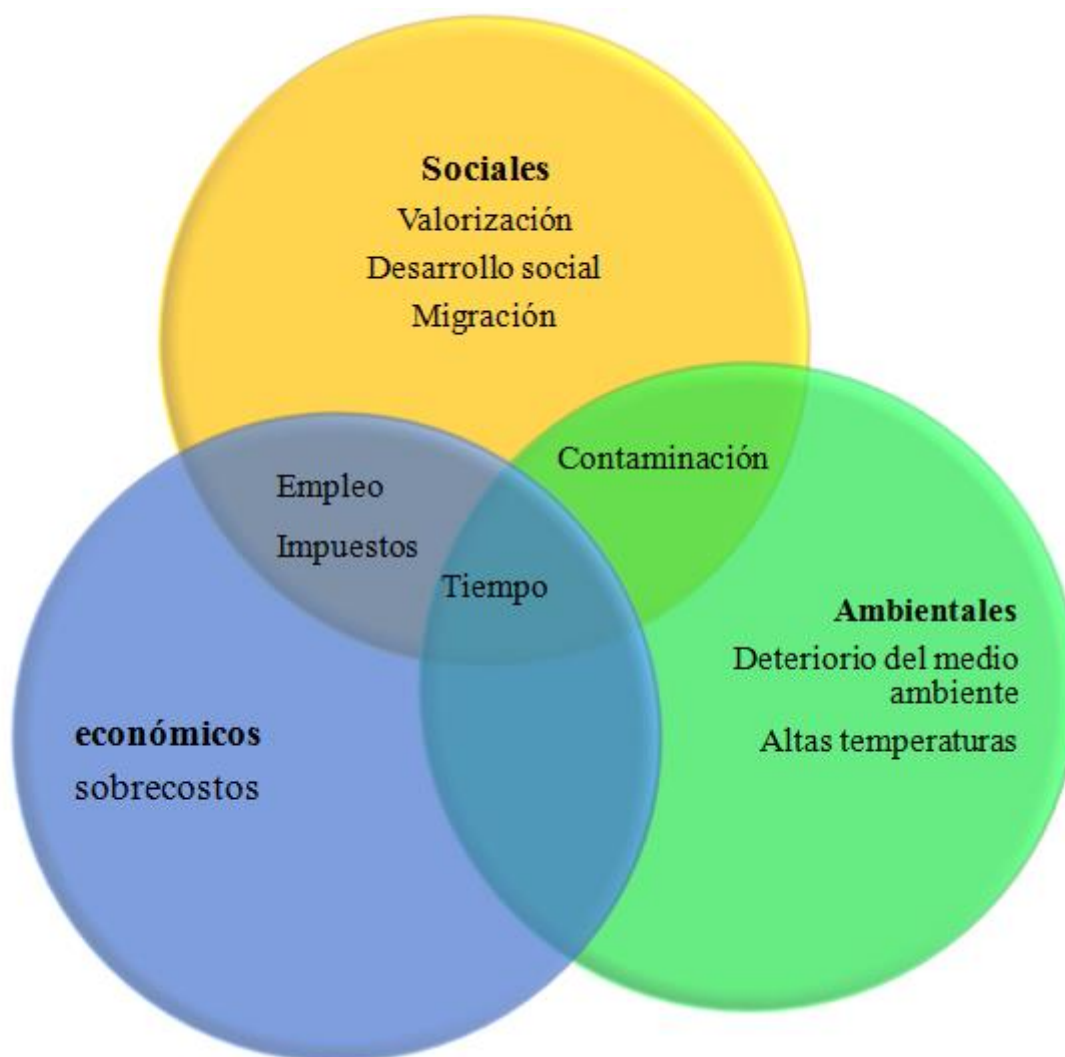


Figura 10. Diagrama de Venn para interrelación de variables. Por: S. Coll y J. Cervantes, 2017

#### **4.2 Análisis de las condiciones actuales de los procesos de ejecución de un proyecto de vivienda bajo las condiciones de la metodología de las 5M con el fin de establecer un diagnóstico que permita identificar oportunidades de mejora**

Como una herramienta de identificación de causas raíces de los problemas presentados durante el proceso de ejecución de la vivienda usamos el diagrama de Ishikawa a partir del cual creamos posibles soluciones, reflejadas en planes de acción encaminados a mejorar la productividad.

#### 4.2.1 Diagramas de Ishikawa.

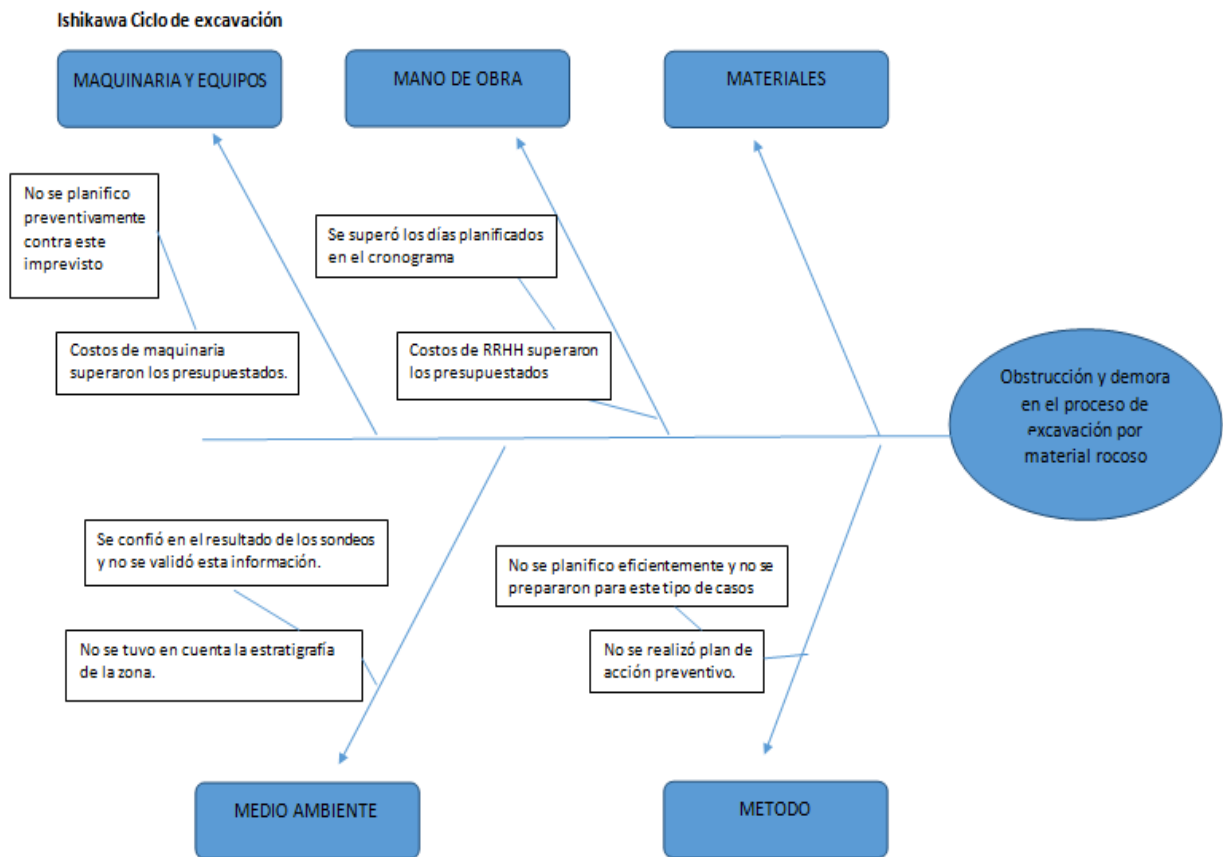


Figura 11. Diagrama de Ishikawa ciclo de excavación. Por S. Coll y J. Cervantes, 2017.

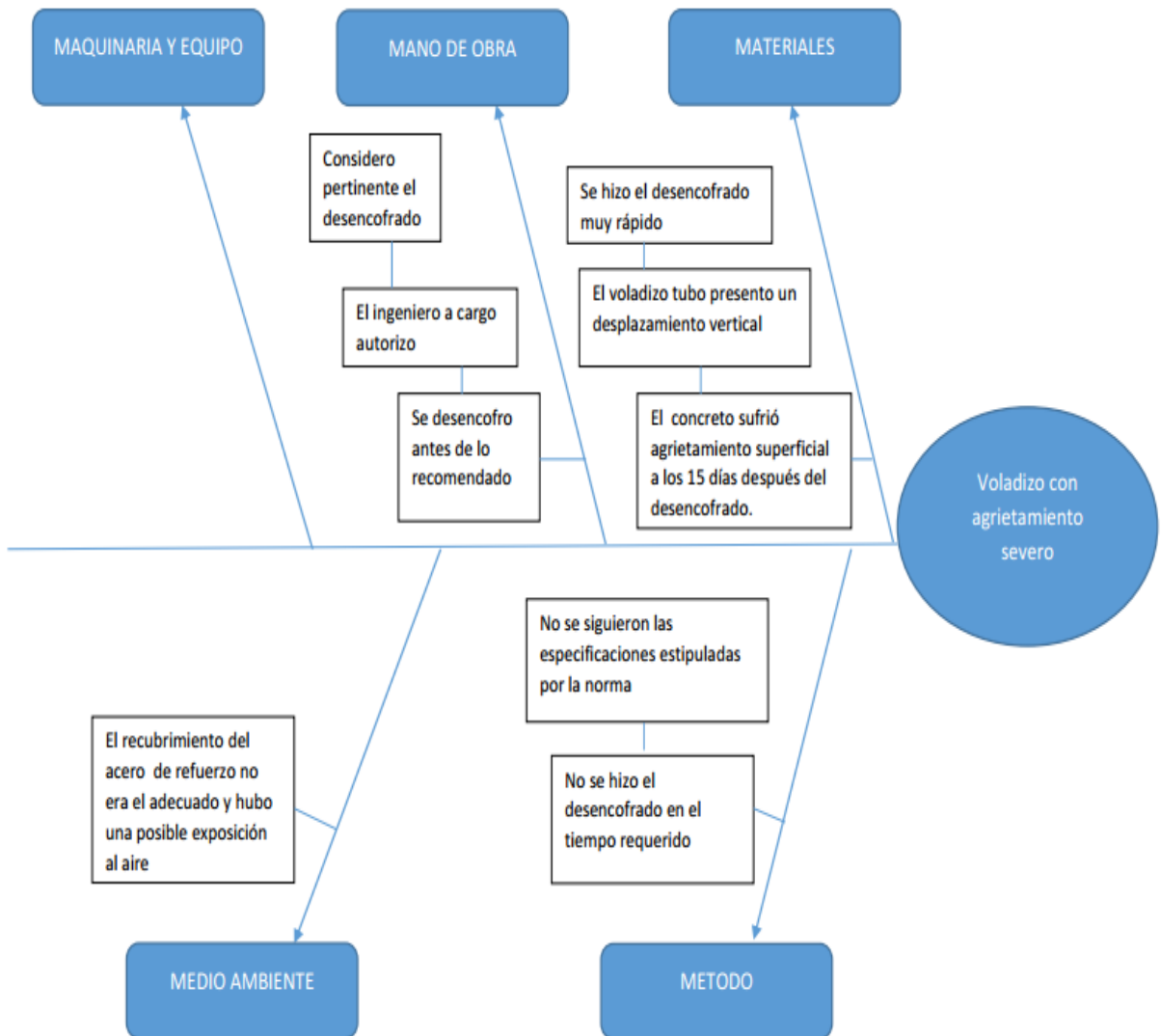


Figura 11. Diagrama de Ishikawa ciclo de estructural. Por S. Coll y J. Cervantes, 2017.



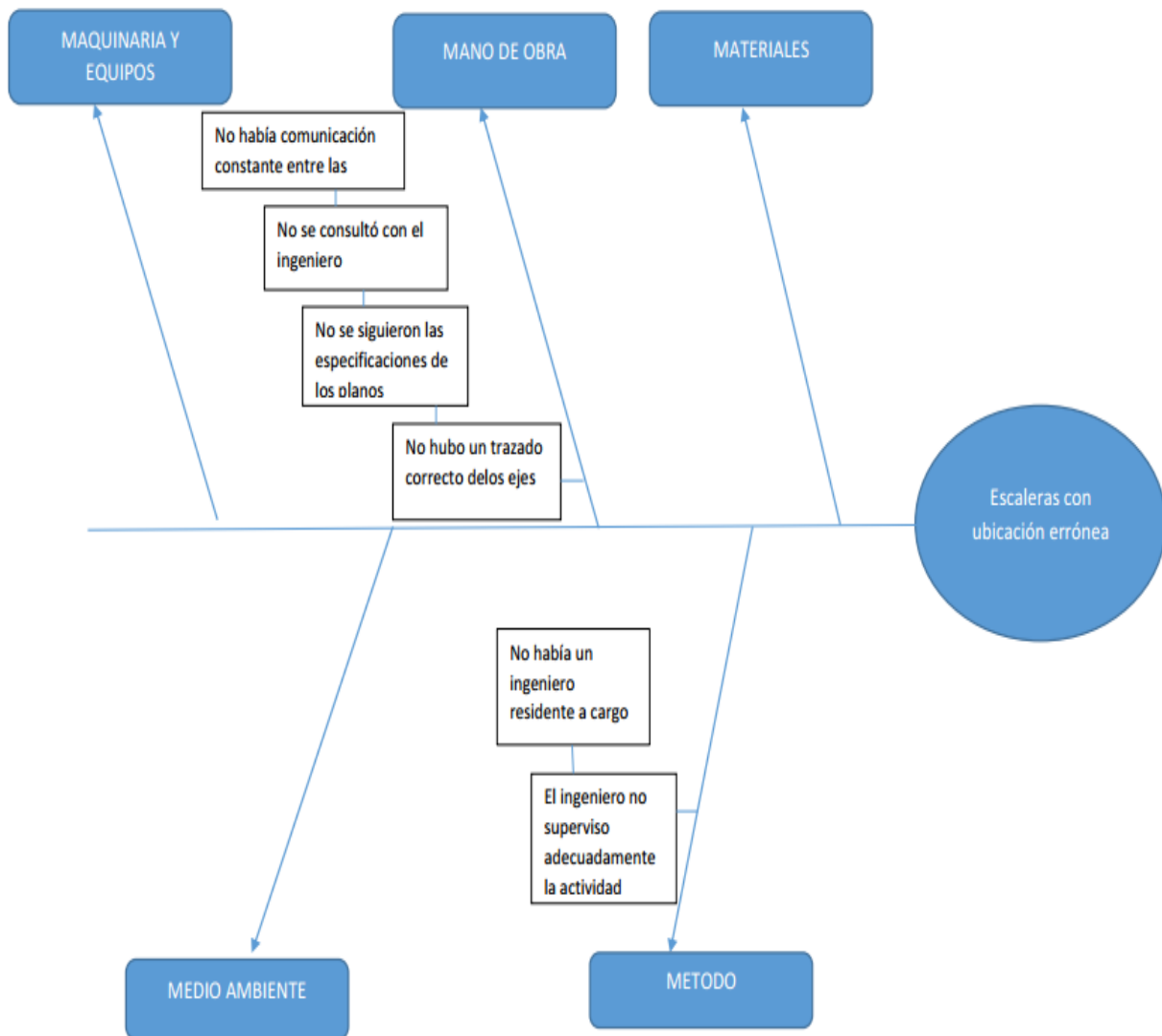


Figura 12. Diagrama de Ishikawa ciclo de estructural. Por S. Coll y J. Cervantes, 2017.

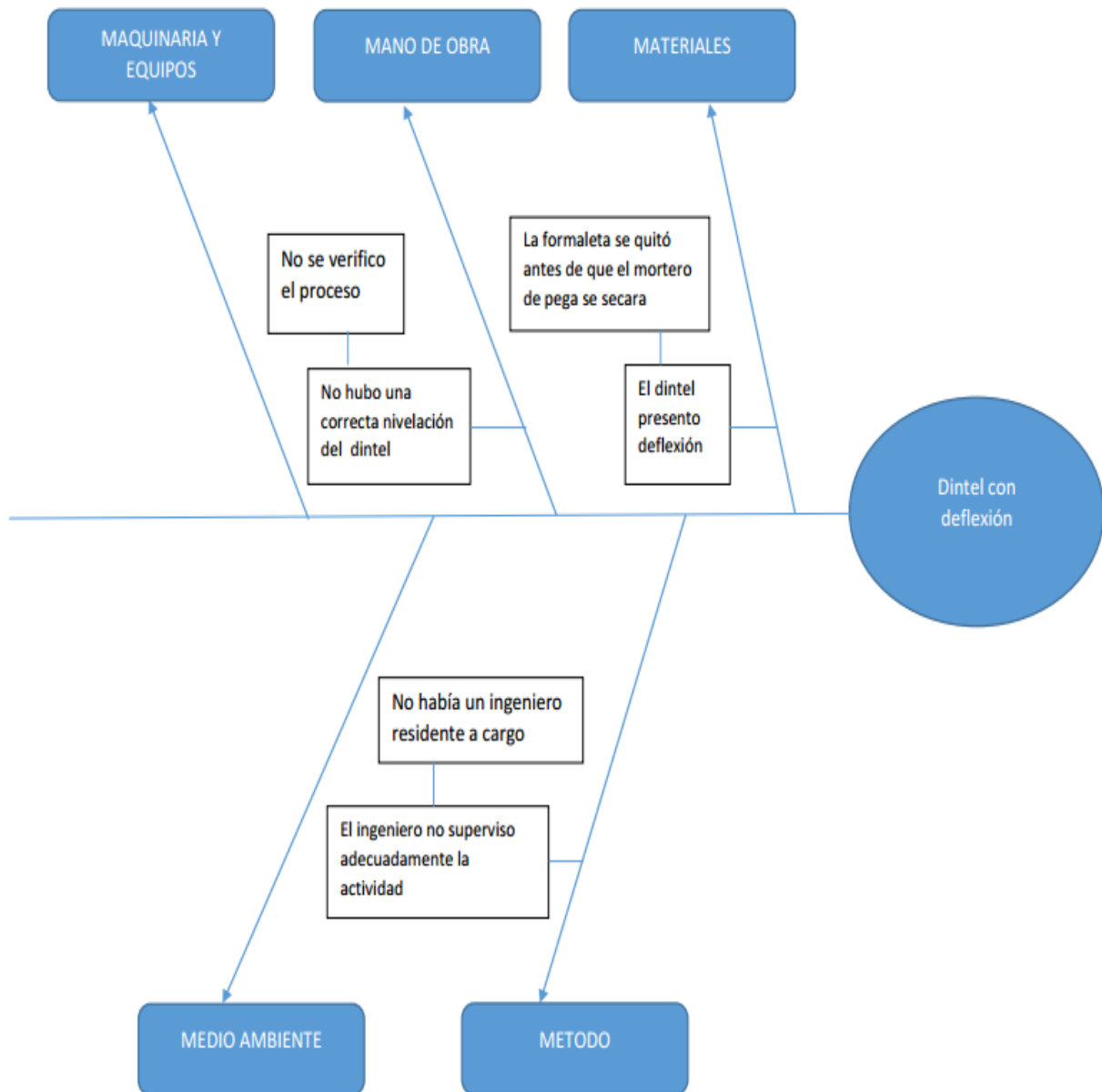


Figura 13. Diagrama de Ishikawa ciclo de estructural. Por S. Coll y J. Cervantes, 2017.

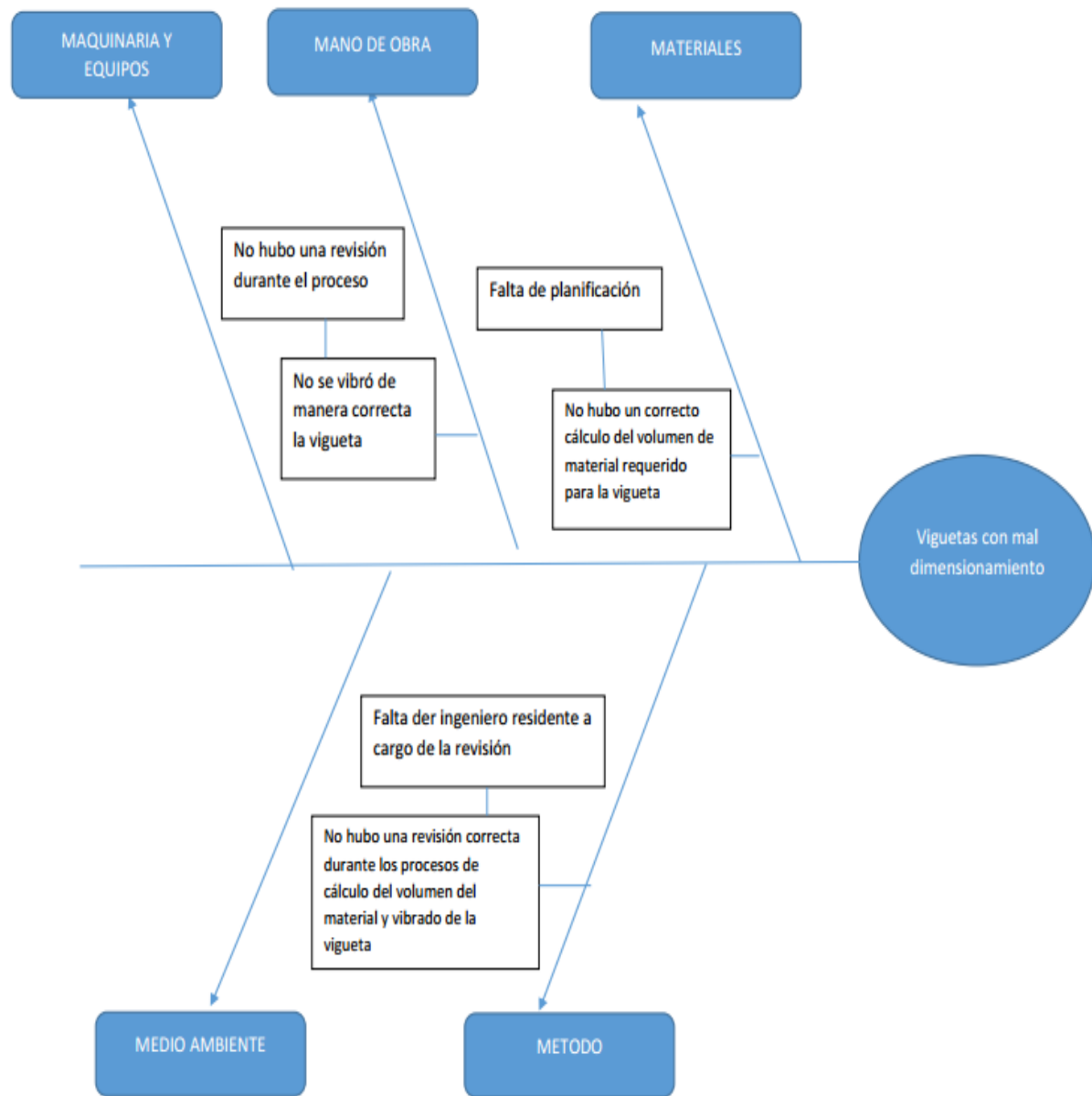


Figura 14. Diagrama de Ishikawa ciclo de estructural. Fuente: S. Coll y J. Cervantes 2017.

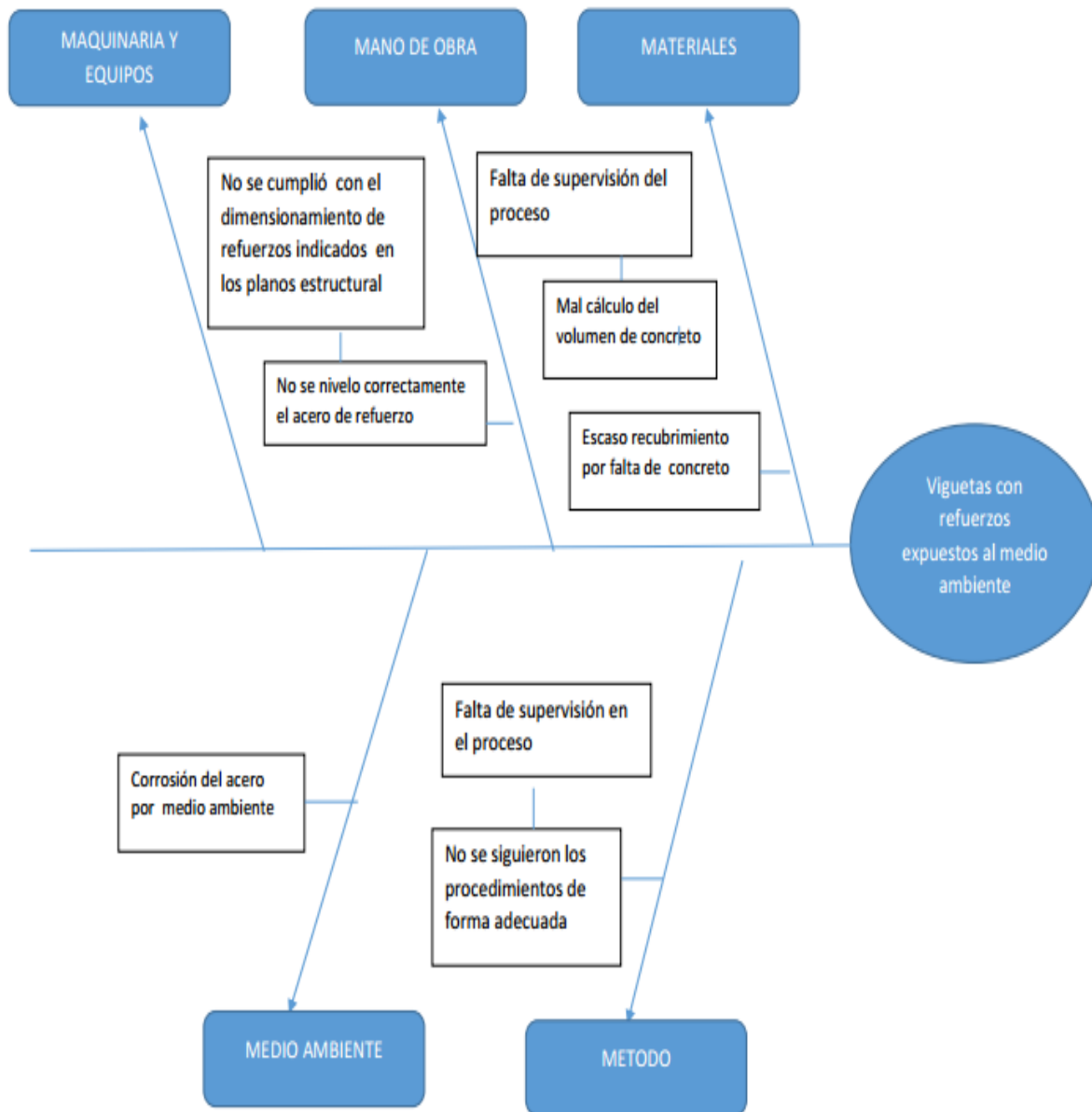


Figura 15. Diagrama de Ishikawa ciclo de estructural. Por S. Coll y J. Cervantes, 2017.

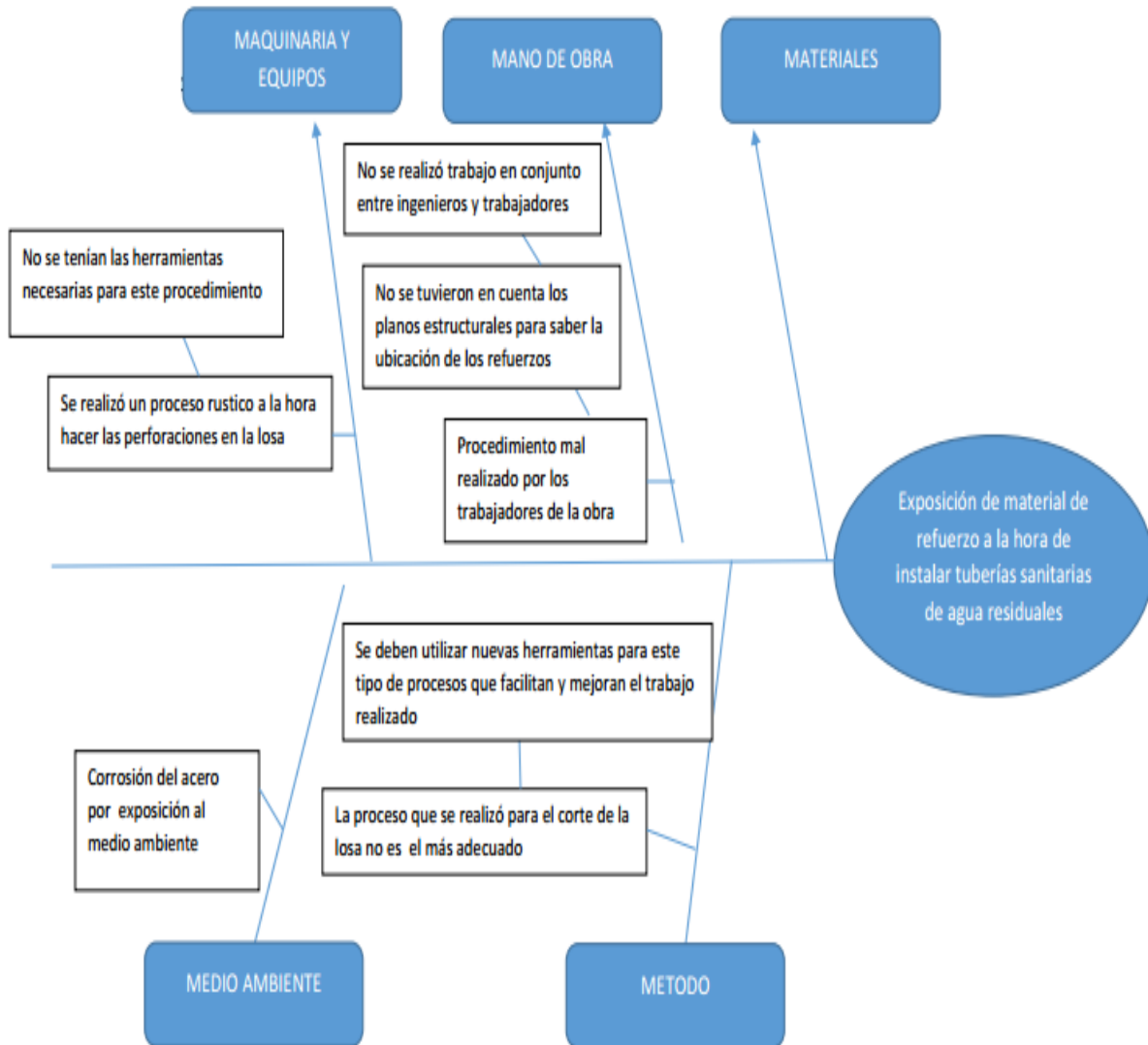


Figura 16. Diagrama de Ishikawa ciclo de estructural. Por S. Coll y J. Cervantes, 2017.

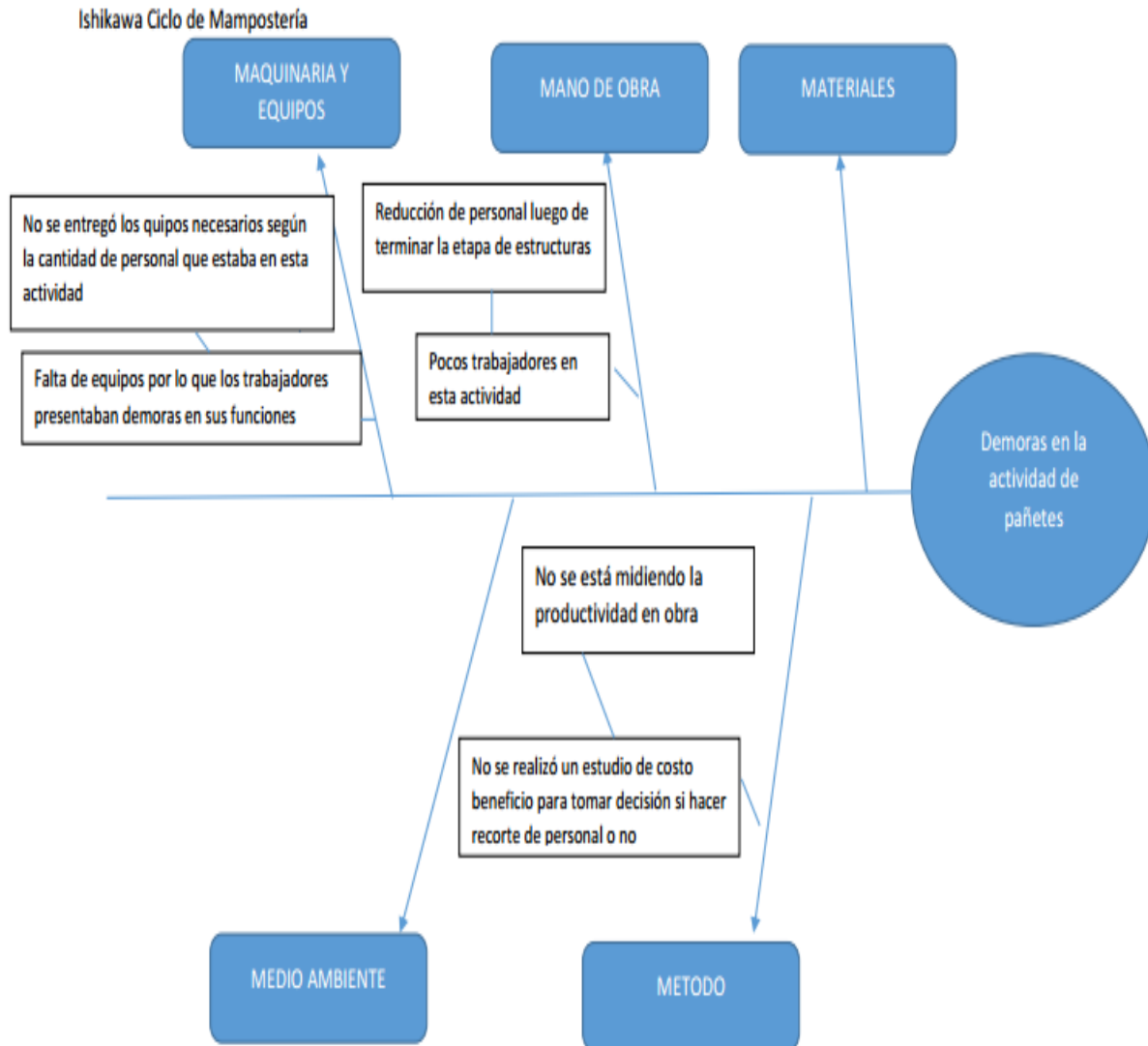


Figura 17. Diagrama de Ishikawa ciclo de mampostería. Por S. Coll y J. Cervantes, 2017.

### **4.3 Determinación las variables críticas del éxito durante la etapa de ejecución de los proyectos vivienda**

A partir de la interpretación del diagrama de Venn se busca establecer cuáles son las variables críticas que determinaron el éxito en la obra.

#### **4.3.1 Análisis del diagrama de Venn.**

Todas las obras de ingeniería civil de una u otra forma generan impactos sociales, económicos y ambientales, durante todo el proceso constructivo e incluso después de finalizada la obra. En el proyecto de vivienda origen de estudio se identificaron una serie de impactos en estos ámbitos que a su vez nos permitieron reconocer las variables críticas del éxito del proyecto.

A nivel social la valorización de la zona, la migración y el desarrollo son algunos de los impactos que se prestaron en el proceso; generalmente al realizarse este tipo de obras, en el sector donde se ejecuta ocurre un cambio en su imagen a nivel físico, debido a que no solo es la construcción de una nueva vivienda, asimismo con el ingreso de nuevos habitantes en el lugar, los cuales se están beneficiando con esta adquisición, se origina más flujo de personas.

Otro factor que influyó social y económicamente es la generación de empleo durante la ejecución de esta obra lo cual es un aspecto positivo para la comunidad, pero también una vez construida suscitan impuestos que benefician al estado.

Con los retrasos presentados durante el proceso de ejecución se produjeron sobre costos en la obra lo que claramente es un impacto económico; más tiempo de construcción produce un aumento en el dinero invertido en actividades como mano de obra, transporte de materiales, alquiler de herramientas, entre otros.

La creación de obras en zonas urbanas generalmente producen deterioro en el medio ambiente; por la ubicación de esta las altas temperaturas son un factor que hay que tomar en

cuenta porque incide en ocasiones en el rendimiento de los trabajadores. Sin duda alguna a nivel ambiental la contaminación es un aspecto importante, la generación de ruido, polvo, vibraciones, entre otros aspecto puede afectar a la salud y confort de la comunidad.

Lo mencionado anteriormente nos hace comprender que el tiempo es sin duda alguna el agente con mayor repercusión en este proyecto, debido a que con las demoras presentadas se afectó la economía por los sobrecostos como ya se había referido, la sociedad porque las personas beneficiadas tienen que esperar más para obtenerla pero también la comunidad que trabajo en el lugar obtiene mayores ingresos al extender su periodo de trabajo en el proyecto y a nivel ambiental se produce más contaminación.

Todo este análisis nos indica que el éxito del proceso de ejecución de una vivienda va de la mano con el tiempo, lo que nos indica que es necesario hacer una buena planificación organizada y estructurada de todas las actividades que se realizaran; además es importante establecer los periodos en que se harán y tener un control constante de estas.

#### **4.4 Proposición de planes de acción encaminados a dar cumplimiento a las metas de la productividad durante la etapa de ejecución**

Tabla 1

*Plan de acción*

<b>Problemáticas</b>	<b>Que</b>	<b>Porque</b>	<b>Como</b>	<b>Quien</b>	<b>Cuando</b>	<b>Donde</b>	<b>Cuan to</b>	<b>Verifica ción</b>
<b>1</b>	Hacer seguimiento de la obra con respecto al Cronograma planificado	Se superó los días planificados en el cronograma	Con formatos de seguimiento y control de avances semanales	Interventoría y control de calidad de la obra	Durante el proceso de ejecución de la obra	En la obra	1 SML V	



	Solicitar un estudio de suelos más amplio por parte de la entidad que se contrate	Resultado de los sondeos no fueron precisos.	Solicitar en las licitaciones de estudio de suelo puntos estratégicos y plantearlos en el pliego de condiciones	Entidad contrata para estudio de suelo	En la etapa de planificación	En el contrato de la obra	Depende de la licitación
2	Hacer seguimiento de la actividad	Se desconfió antes de lo recomendado	mediante un formato de calidad en el cual se tenga en cuenta los tiempos recomendados y observaciones	Ingeniero residente	Durante el tiempo que demande esta actividad	En vigas, columnas y todos los elementos los cuales necesitan formalería	2 horas hombre
	Control de calidad para propuesta de mejoramiento y/o supervisión por parte de 2 o más personas	El recubrimiento del acero de refuerzo no era el adecuado y hubo una posible exposición al aire	mediante la supervisión se asegura que a la hora de la colocación del refuerzo garantice que el trabajo se esté realizando de acuerdo a lo notificado al plano estructural	Supervisión técnica y/o intervención	Durante toda la obra	En vigas, columnas y todos los elementos los cuales necesitan refuerzos	4 SML V

3	crear comité semanal entre los interesados	No había comunicación constante entre las partes	Hacer un acuerdo entre las partes(Cli ente, Intervent oría y Contratista) de un día de la semana se asista a un comité en el cual se toquen los temas de mayor importancia de la obra	Cliente	Semanalmente	Oficina del contratista	Ninguno
	Contratar personal para el cargo de residente	No había un ingeniero residente a cargo	solicitar que se necesita una persona en este cargo para la supervisión ya que el director de proyecto no puede realizar este trabajo mediante un formato de calidad en el cual se tenga en cuenta los tiempos recomendados y	Contratista	Desde el inicio de la obra	En la obra	3 SML V
4	Hacer seguimiento de la actividad	La formaleta se quitó antes de que el mortero de pega se secase	mediante un formato de calidad en el cual se tenga en cuenta los tiempos recomendados y	Ingeniero residente	Durante el tiempo que demande esta actividad	En vigas, columnas y todos elementos los cuales necesitan formaletaria	6 horas hombre

---

			observaciones				
	Asignar personal para la verificación de niveles en la obra	No se verifico el proceso de nivelación del dintel	Asignar una cuadrilla de topografía y/o maestro que verifique los niveles a entregar	Director de proyecto	Desde el inicio de la obra	Durante toda la ejecución de la obra	2 SML V
5	Hacer seguimiento de la actividad	No hubo una revisión correcta durante los procesos de cálculo del volumen del material y vibrado de la vigueta	mediante un formato de calidad en el cual se tenga en cuenta los tiempos recomendados y observaciones	Ingeniero residente	Durante el tiempo que demande esta actividad	En vigas, columnas, etc.	6 horas hombre
6	Verificar cada fundida y que el seguimiento se lo hagan 2 personas o mas	Corrosión del acero por exposición al medio ambiente	por medio de un checking en un formato firmado por las dos personas que hicieron la	Ingeniero residente, supervisión técnica y/o intervención	Durante todas las actividades que posean refuerzos	En vigas, columnas y todos los elementos los cuales necesitan formaletaria	6 horas hombre

---

---

			supervisión				
7	Implementar esta herramienta que se necesita en la obra	No se tenían las herramientas necesarias para el procedimiento de corte de losa para instalación de tubería	Comprar o alquilar un extractor de núcleos para que no afecte la integridad de la losa	Director de proyecto	Durante esta actividad	Todos los elementos que se le vaya a realizar un corte para instalación de tuberías	260 mil pesos por día.
	Suministrar equipos para los trabajadores	No se entregaron los equipos necesarios según la cantidad de personal que estaba en esta actividad	Comprar estos equipos para que no afecte el rendimiento de los trabajadores	HSEQ del contrato	Desde el inicio de la actividad	En la obra	1 millón de pesos
8	Hacer un estudio de costo beneficio	Reducción de personal luego de terminar la etapa de estructuras	Realizar un análisis de costo beneficio para ver cómo influye en la productividad de la obra el número de personas para las	Director de proyecto	Inicio de la obra	en la etapa de planificación	24 horas hombre

---

---

		actividad es que se van a realizar				
Hacer un estudio de costo beneficio	No se realizó un estudio de costo beneficio para tomar decisión	Realizar un análisis de costo beneficio para ver cómo influye en la productiv idad de la obra el número de personale s para las actividad es que se van a realizar	Director de proyecto	Inicio de la obra	en la etapa de planifica ción	24 horas homb re

---

*Nota:* Plan de acción implementado en la obra. Por S. Coll y J. Cervantes, 2017.

De acuerdo con los análisis realizados por medio de la visita en obra, se procesó a analizar por medio de los diagramas de Ishikawa la causa raíz de problema para poder plantearnos un plan de acción planteado anteriormente para así dar soluciones por medio de medidas preventivas y medidas correctivas que se deben implementar en la obra.

#### 4.5 Identificación de los métodos de mejora en la productividad en los proyectos de obras civiles

Para la identificación de los métodos de productividad en obras civiles se realizó un cuadro comparativo donde se muestran las herramientas más comunes usadas para el aumento del rendimiento en obras, cuáles son sus ventajas, sus desventajas y en qué consiste su uso.

Como se puede observar el Time lapse es una técnica simple muy fácil de usar, que nos ayuda a identificar la causa raíz de los problemas en obra y nos permite a partir de estos plantear posibles soluciones.

Además a diferencia de los otros métodos aplicados Time lapse se hace a partir de la observación de videos que se basan en lo que en realidad ocurre durante el tiempo de ejecución.

Tabla 2

##### *Herramientas para mejorar productividad*

<b>Herramientas para mejorar la productividad</b>		
<b>Time Lapse</b>	<b>Comparación de lo planeado con lo real</b>	<b>Métodos y procedimientos</b>
la productividad en obras esta herramienta nos permite a través de imágenes y videos captados en tiempo real es identificar donde se originan los problemas en la obra, en base a esto se puede determinar la causa raíz del problema y plantear posibles soluciones	Con esta herramienta se busca a través de información de avances, programas a corto plazo, revisión de programas, informes y errores indicar existencia del problema	Este tipo de herramienta permite identificar la fuente del problema y su magnitud, Además permiten identificar tiempos no productivos y recopilar información necesaria para dar solución al problema. Entre estas herramientas encontramos Cuestionarios, entrevistas y análisis de los métodos de trabajos
<b>Ventajas:</b> Permite hacer un análisis basado en imágenes captadas en tiempo real, nos muestra lo que realmente está ocurriendo durante el proceso constructivo, es	<b>Ventajas:</b> A través de esta herramienta se compara que tan progresivo ha sido el avance real en comparación con el programado, lo que indica que cuando no se cumple lo planificado es porque está	<b>Ventajas:</b> Son técnicas simples y de bajo costo que permiten analizar el problema de forma detallada

---

una técnica simple, fácil de aplicar y se puede identificar la causa del problema

ocurriendo un problema, Además con los informes se puede hacer un seguimiento constante que puede indicarnos si hay algún problema.

**Desventajas:** Puede ser un poco costosa la implementación de esta herramienta

**Desventaja:** No se puede determinar la causa del problema, las comparaciones se limitan a la rigurosidad de lo planificado y los informes pueden llegar muy tarde o no ser muy exactos

**Desventajas:** El resultado de esta depende de la disposición de los obreros

---

*Nota:* Comparación de herramientas de productividad. Por S. Coll y J. Cervantes, 2017.

#### **4.6 Formulación de propuestas de mejoramiento a partir de la metodología TIME LAPSE simulando nuevos escenarios para los procesos civiles**

Para poner en práctica y saber que tanto funciona la implementación de un nuevo escenario en el cual se apliquen las correcciones planteadas en el plan de acción preventivo y el plan de acción correctivo que nos ayuda a controlar y monitorear los tiempos de la obra, por esto es necesario simular un nuevo escenario por medio de un software llamado Arena el cual nos ayuda a simular escenario y modificarlos para así poder hacer un análisis en Excel en el cual podemos entrar a definir que tanto nos renta que el tiempo de ña obra en la actividad que se está haciendo el estudio y cuánto tiempo se reduce, observando el comportamiento del análisis costo-beneficio, para esto se realiza una descripción del modelo inicial en el cual se le hizo seguimiento que fue desarrollado en la etapa de mampostería en la actividad de pañetes, la cual se modelo el siguiente modelo de operación de los trabajadores.

#### 4.6.1 Descripción del modelo.

Inicialmente en la actividad de pañetes se encuentran trabajando 8 obrero por 4 apartamentos, es decir en la medida que terminaban de empañetar un apartamento iniciaban el otro, trabajando por apartamento 2 obreros; En la obra en total son 10 apartamentos 8 son de dos pisos y tienen un área de  $100m^2$  y 2 apartamentos son de 3 pisos con un área de  $136m^2$  la actividad de pañetes tiene un costo de 80 millones de pesos aproximadamente dentro del presupuesto y los trabajadores ganan 40.000 pesos por días incluyendo su prestaciones en este valor, La actividad consiste en hacer un mortero de pañete mezclando cemento, arena y agua el cual el proceso se realizó mediante mezcla manual con una dosificación 1:4 por medio de un obrero utilizando una pala, previamente a la mezcla se debe haber plomado y nivelado al nivel deseado con las distancias exigidas en el plano, el muro al cual se le va realizar el pañete a continuación el obrero humedece la superficie y esparce el mortero pañete en el muro que se alzó previamente ,el proceso se realiza por medio de un palustre, se procede a enrasar mediante un nivel y finalmente empareja la mezcla con un esponja para darle el acabado deseado.

Con lo explicado anteriormente se tuvo el siguiente modelo en el software ARENA.



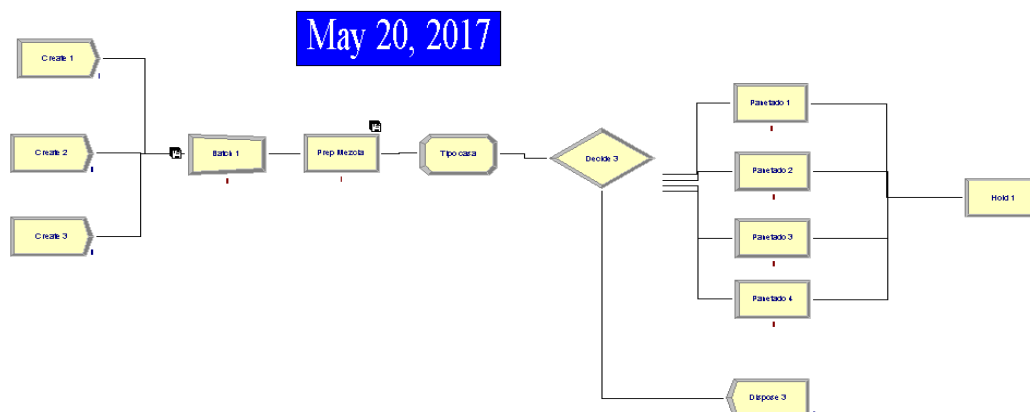


Figura 18. Estructura de simulación de software Arena: Por S. Coll y J. Cervantes.

Se prosigió hacer un análisis de los diferentes escenarios en los cuales se vieran reflejados los beneficios en relación de costo-tiempo para la actividad analizada siguiendo la misma metodología explicada anteriormente pero variando el número de personal de la obra.

Tabla 3

*Distribución de trabajadores*

# de cas	Área	# de trabajadores para actividad de pañetes	Cantidad de arena por día (M3)	Cantidad de cemento por día kg	Volumen de mezcla por día(M3)	Rendimiento de trabajador por día(M3/día)
1	10 m 2	trabajador 1	0,58	175	0,5	0,25
		trabajador 2				
2	10 m 2	trabajador 3	0,58	175	0,5	0,25
		trabajador 4				
3	10 m 2	trabajador 5	0,58	175	0,5	0,25
		trabajador 6				
4		trabajador 7	0,58	175	0,5	0,25

	10	trabajador 8				
	0					
	m					
	2					
<b>5</b>	10	trabajador 1	0,58	175	0,5	0,25
	0	trabajador 2				
	m					
	2					
<b>6</b>	10	trabajador 3	0,58	175	0,5	0,25
	0	trabajador 4				
	m					
	2					
<b>7</b>	10	trabajador 5	0,58	175	0,5	0,25
	0	trabajador 6				
	m					
	2					
<b>8</b>	10	trabajador 7	0,58	175	0,5	0,25
	0	trabajador 8				
	m					
	2					
<b>9</b>	13	trabajador 1	0,7888	476	1,36	0,34
	6	trabajador 2				
	m	trabajador 3				
	2	trabajador 4				
<b>10</b>	13	trabajador 5	0,7888	476	1,36	0,34
	6	trabajador 6				
	m	trabajador 7				
	2	trabajador 8				

*Nota:* Distribución de los trabajadores en la obra. Por S. Coll y J. Cervantes, 2017.

La Distribución anterior fue la tomada real en la obra a la cual se le realizo la visita la cual evidencia los procedimientos que se realizaron en la actividad de pañetes explicado anteriormente en la descripción del problema

Tabla 4

*Rendimiento promedio*

	<b>Promedio de rendimiento por trabajador</b>	<b>Tiempo total de trabajador</b>
<b>Trabajador # 1</b>	0,256408917	80
<b>Trabajador # 2</b>	0,256408917	80

<b>Trabajador # 3</b>	0,253214606	81
<b>Trabajador # 4</b>	0,253214606	81
<b>Trabajador # 5</b>	0,233026114	87
<b>Trabajador # 6</b>	0,233026114	87
<b>Trabajador # 7</b>	0,237815126	85
<b>Trabajador # 8</b>	0,237815126	85
<b>Promedio total</b>	0,245116191	83,25

*Nota:* Rendimiento de los trabajadores en la obra. Fuente: Por: S. Coll y J. Cervantes, 2017.

Luego se procede a analizar con el rendimiento obtenido anteriormente los posibles escenarios en los cuales se puede variar el número de personas que están haciendo la actividad de pañetes para poder verificar como varían los costos ya que en el análisis realizado anteriormente observamos que la variables crítica de la obra es el tiempo, se hicieron dos escenarios los cuales son los siguientes realizando un análisis costo-beneficio con respecto al tiempo.

Tabla 5

*Modelación de escenarios*

<b>Costo por día trabajador</b>	<b># de trabajadores</b>	<b>rendimiento promedio</b>	<b>promedio de días en finalizar la actividad</b>	<b>Costo total directos</b>	<b>Costos indirectos</b>	<b>costos finales por trabajador</b>	<b>Ahorro de tiempo</b>	<b>Ahorro en costos</b>
<b>40.000</b>	8	0,245116191	83,25	\$26.640.000,00	\$8.860.000,00	\$35.500.000,00	0	0

<b>40.000</b>	12	0,24511 6191	55,5	\$26.64 0.000,0 0	\$9.960 .000,0 0	\$36.600.00 0,00	33,333 33333	- \$1.100 .000,0 0
<b>40.000</b>	5	0,24511 6191	133,2	\$26.64 0.000,0 0	\$8.035 .000,0 0	\$34.675.00 0,00	-60	\$825.0 00,00

*Nota:* Modelación de los diferentes escenarios. Por S. Coll y J. Cervantes, 2017.

Como se puede analizar en la tabla anterior se puede decir que el escenario más recomendable es tener 12 personas en la obra ya que se reduce el tiempo en un 33% y además solamente tiene un costo representativo de 1 millón de pesos más aproximadamente que representa un aumento de un 3.33% en los costos por esto se dice que es mejor trabajar en este escenario propuesto en la modelación

#### **4.7 Creación una herramienta educativa por medio del uso de las TIC**

Se realizó una herramienta educativa en la cual los estudiantes podrán tener acceso a este tipo de información investigativa y todas las aplicaciones y experiencias en las diferentes obras las cuales los profesores y estudiantes tengan acceso con el fin de incentivar al uso de estas nuevas tecnologías y que los estudiantes tengan una herramienta en donde puedan encontrar problemáticas típicas y atípicas de las diferentes actividades y procedimiento que se dan en cualquier tipo de obra civil, por esto se dividió en secciones de la rama de la ingeniería civil para filtrar la información por ítems y así tener más organizada la página, la idea surge a través de la necesidad de que los estudiantes necesitamos tener una información visual de las posibles fallas e imprevistos que un ingeniero civil puede llegar a tener.

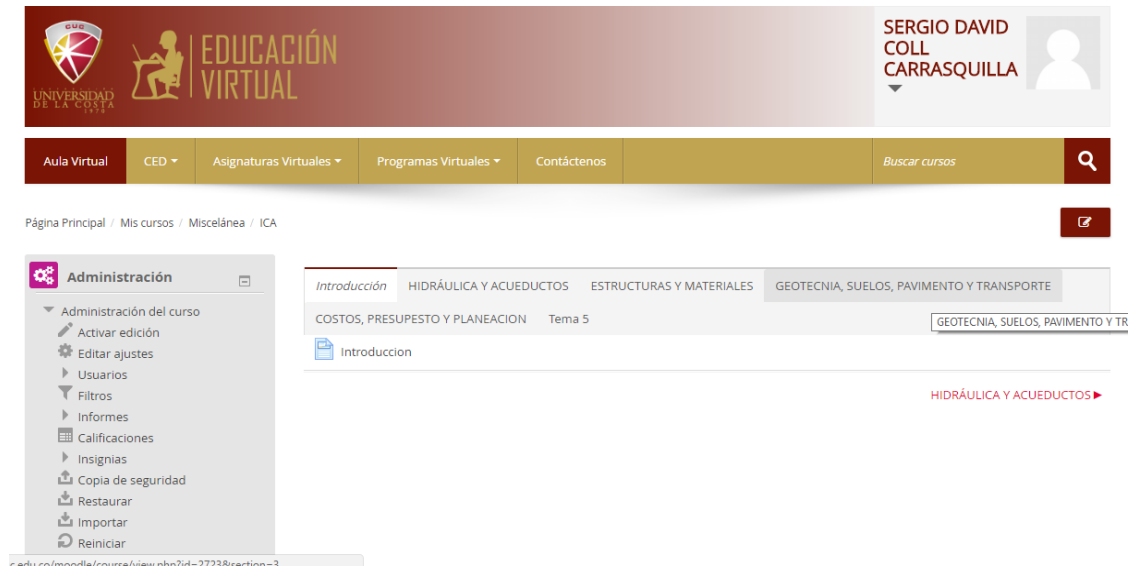


Figura 19. Herramienta educativa. Fuente S. Coll y J. Cervantes, 2017.

En la página se creó esta herramienta educativa con el fin de que los estudiantes tengan una cercanía más realista con las problemáticas que se dan en la vida laboral en una obra civil de cualquier tipo, como se puede ver en la figura anterior se destaca los ítems los cuales divide las áreas de los ciencias que contienen la ingeniera civil.

## 4.8 Técnicas y herramientas de administración profesional y de proyectos

### 4.8.1 Declaración del alcance y creación de EDT.

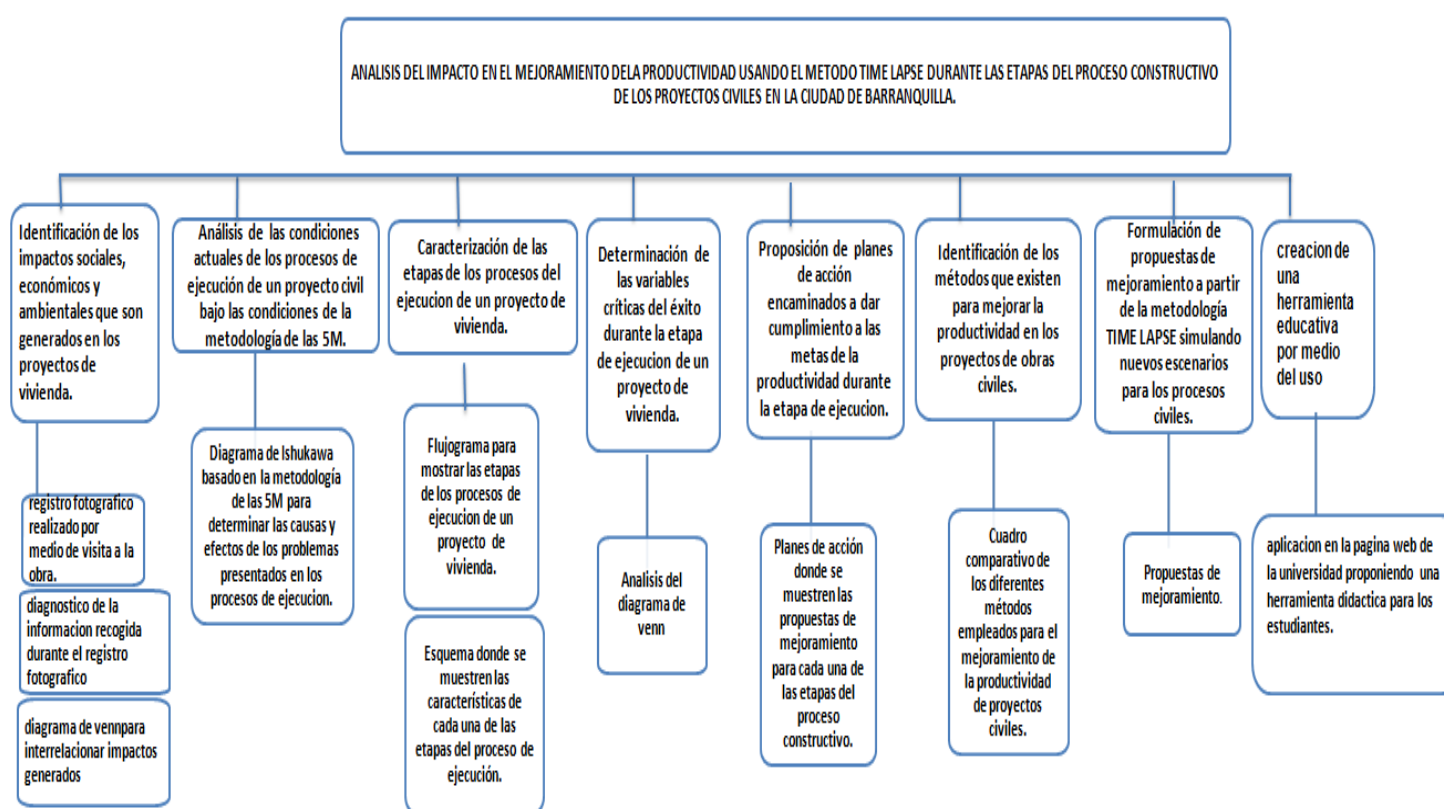


Figura 20. EDT orientada a los objetivos del proyecto. Por S. Coll y J. Cervantes, 2017.

#### **4.8.2 Descripción del alcance.**

Este proyecto de grado está orientado a la utilización de la metodología Time Lapse como una herramienta para mejorar la productividad en obra.

En la fase de ejecución de la obra se usará para hacer observación de esta, a partir de aquí se realizan diagnósticos y registros fotográficos, luego en base a estos se procede a hacer la identificación de las causas raíces de los problemas presentados usando el diagrama de Ishikawa bajo la metodología de las 5M.

A parte del análisis de causas raíces del problema el proyecto nos permite identificar los impactos generados por esta obra, caracterizar las etapas del proceso de ejecución, la variable crítica que afecta la productividad y la creación de planes de acción orientados a proponer soluciones a los inconvenientes encontrados.

A demás se hace una simulación con el software Arenas que nos permite identificar los tiempos de las actividades en obra, las etapas donde se están generando inconvenientes e idear nuevos posibles escenarios que permitan solucionarlos.

Como un plus adicional con este proyecto se crea una herramienta tecnológica que a partir de la creación de una base de datos se brinda la oportunidad estudiante de ingeniería civil de la universidad de la costa, aprender mediante la observación, el análisis de sucesos reales y a los docentes enseñar usando nuevas tecnologías y mostrando sus experiencias en el ámbito laboral.

#### **4.8.3 Elaboración del cronograma del proyecto.**

Tabla 6





Proposición de planes de acción encaminados a dar cumplimiento a las metas de la productividad durante la etapa de ejecución.						X X
Plan de acción						
Identificación de los métodos de mejora en la productividad en los proyectos de obras civiles.				X		
Cuadro comparativo de herramientas				X		
Formulación de propuestas de mejoramiento a partir de la metodología TIME LAPSE simulando nuevos escenarios para los procesos civiles.						X
Propuestas de mejoramiento						
Creación una herramienta educativa por medio del uso de las TIC						X
Sustentación de proyecto de grado						
						X

*Nota: Cronograma del proyecto. Por S. Coll y J. Cervantes, 2017.*

#### 4.8.4 Elaboración del presupuesto.

Tabla 7

*Presupuesto*

Recursos	Descripción	Unidad de medida	Tiempo de inversión	Cantidad	Costos unitarios	Costo total
<b>Equipo</b>	Trípode	Unidad	4 días	1	120.000	120.000
	Soporte	Unidad			25.000	25.000

<b>Personal</b>	Programador	Unidad	2 días	1	100.000	100.000
<b>Transporte</b>	Sabanalarga – barranquilla	Unidad	6 días	12	10.000	120.000
	Barranquilla	Unidad	2 días		4.000	48.000
<b>Material</b>	Impresiones	Unidad		100	100	10.000
					Total	423.000

*Nota:* Presupuesto del proyecto. Por S. Coll y J. Cervantes, 2017.

## 4.9 Documentación de roles y responsabilidades

### 4.9.1 Matriz de responsabilidades.

Tabla 8

*Matriz de responsabilidades*

Actividades	Personas			
	Sergio Coll	Jania Cervantes	Ubaldo Martínez	Claudia Ayala
<b>Visita de obra.</b>	R	R	I	C
<b>Registro fotográfico realizados por medio de visitas a las obras.</b>	R	R	I	I
<b>Diagnóstico de la información recogida durante el registro fotográfico.</b>	R	R	I	C
<b>Diagrama de Venn para interrelacionar los impactos generados.</b>	R	R	I	C
<b>Diagrama de Ishikawa basado en la metodología de las 5M para determinar las causas y efectos de los problemas presentados en los procesos de ejecución.</b>	R	R	I	C

---

<b>Flujograma para mostrar las etapas de los procesos ejecución de un proyecto de vivienda.</b>				
<b>Esquema donde se muestren las características de cada una de las etapas de la ejecución.</b>	R	R	I	C
<b>Análisis del diagrama de Venn.</b>	R	R	I	C
<b>Planes de acción de las propuestas de mejoramiento para cada una de las etapas del proceso constructivo.</b>	R	R	I	C
<b>Cuadro comparativo de los diferentes métodos empleados para el mejoramiento de la productividad de proyectos civiles.</b>	R	R	I	I
<b>Simulación en el software Arenas</b>	R	R	I	I
<b>Propuestas de mejoramiento Simulación por medio de ARENAS.</b>	R	R	I	C
<b>Esquema de la organización de la herramienta didáctica.</b>	R	R	C	C
<b>Elaboración del logo de la herramienta didáctica.</b>	R	R	C	C
<b>Programación y ubicación de la herramienta didáctica en la página web de la universidad.</b>	R	R	R	C

---

**Difundir la herramienta  
informática entre los  
docentes y estudiantes de  
ingeniería civil**

R

R

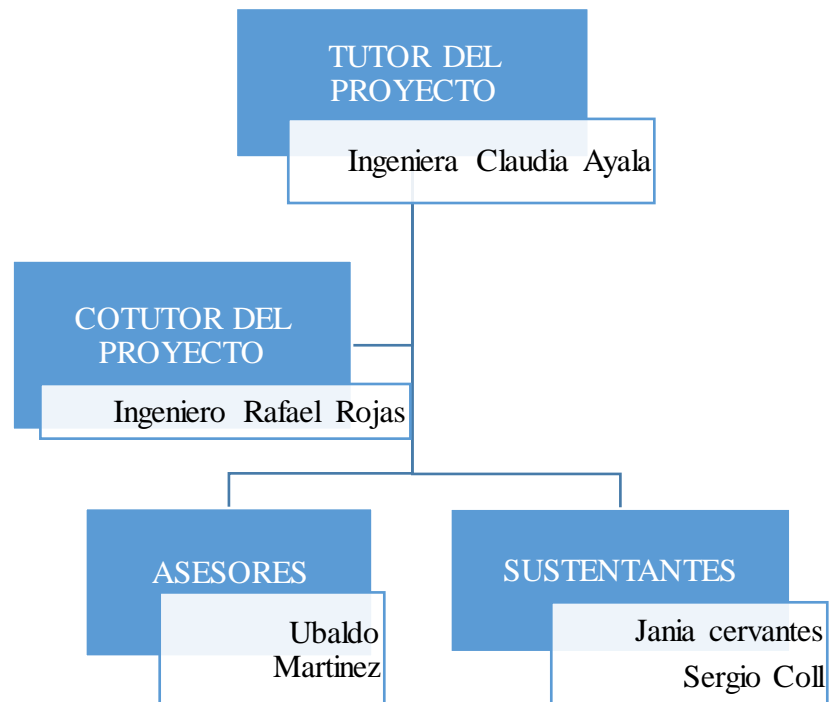
C

C

**R= responsable C=consultada I=Informada**

*Nota:* Matriz de responsabilidades. Por S. Coll y J. Cervantes, 2017.

#### 4.9.2 Organigrama.



*Figura 21.* Organigrama. Por S. Coll y J. Cervantes, 2017.

## 5. Conclusiones

De acuerdo con el análisis realizados a los resultados obtenidos podemos decir que el tiempo es la variable crítica para tomar decisiones que influyan directamente en los impactos generados en la obra a la sociedad en general y además influye directamente con la productividad de una obra civil con el análisis que se hizo a lo largo de este trabajo, se espera que con este proyecto se incentive a los directores de proyectos y a las personas interesadas en estos proyectos que se interesen por controlar la productividad constantemente utilizando las herramientas recomendadas como el plan de acción creando acciones preventivas y correctivas que ayuden a mantener la productividad que se desea creando así un mercado más competitivo brindando una buena calidad, implementando metodologías en seguimientos de obra las cuales es un terreno en el cual no se ha incursionado mucho nacionalmente. Haciendo así un mercado más competente para así proponiendo menores precios, con el beneficio de monitoreo contante a la obra de los interesado mediante las herramientas tecnológicas aplicadas y además reducir costos y tiempo proponiendo así una oferta más atractiva para los clientes y las empresas inicialmente a nivel regional en la costa caribe colombiana pero es una propuesta que se puede implementar nacionalmente e internacionalmente.

## 6. Recomendaciones

Se sugiere hacer este análisis en la ruta crítica de una obra debido a que como es una alternativa de mejoramientos de tiempos en obras teniendo un margen de costos muy bajos se realizaría un análisis costos beneficios para el proyecto en el cual se quiera implementar la metodología y reducir los tiempos que están representando atrasos en la obra. Crear un registro histórico donde se implementó esta metodología, así las personas que deseen tener información de procedimientos y actividades que se hayan realizado con anterioridad pueda acceder a esta sin ningún inconveniente para tener acceso al plan de acción de los imprevistos que se presentaron en las obras. También Se recomienda no considerar un rendimiento lineal de los trabajadores ya que en este trabajo se hizo un promedio de los trabajadores que estaban en la obra que se analizó por ende en realidad ingresar estadísticas y considerar graficas no lineales serio más preciso el análisis de las actividades y se recomienda optimizar metodología para eventuales condiciones climáticas ya que en el equipo que se montó en la obra no estaba adecuado para soportar precipitaciones ni estar expuesto directamente al sol.

## Referencias

- Botero, L. F. (2006). *Construcción sin pérdidas: Análisis de procesos y filosofía Lean Construction*. Bogotá, Colombia: Legis.
- Botero, L. & Álvarez, M. (21 de enero del 2004). Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda (Lean Construction como estrategia de mejoramiento). *Revista Universidad EAFIT*. (40), 50-64.
- Céspedes, J. (2010). *Mejoramiento de la productividad en la construcción: Time Lapse y simulación digital como herramienta de análisis*. (Tesis de maestría) Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.
- Chavez, J & De La Cruz, C (2014). *Aplicación de la filosofía Lean Construction en una obra de edificación (Caso: Condominio casa club recrea-E Agustino)*. (Tesis de grado). Escuela profesional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Contreras, J. (2012). *Aplicación de la herramienta Time Lapse para la identificación y reducción de pérdidas en edificaciones con estructura en concreto* (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- Cruz, M. (2015). *Análisis de mejoramiento de los capítulos PMI a través de la metodología Lean en el sector de la construcción* (Tesis de especialización). Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia.
- Echeverry, J. & Giraldo, M. (2012). *Mejoramiento de procesos constructivos de una edificación a partir de la simulación digital y videos Time Lapse*. (Tesis de maestría). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.

Ferratell, L. (2014). *UF1464 calidad del producto gráfico*. Recuperado de

[https://books.google.com.co/books?id=1AxCwAAQBAJ&pg=PP1&lpq=PP1&dq=UF1464+calidad+del+producto+gr%C3%A1fico.&source=bl&ots=2Q29b2jfOa&sig=a8XAieToz\\_YiqSiDrb\\_x6AZtVIGo&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiKldOilonVAhVMKCYKHQldA804ChDoAQggMAA#v=onepage&q=UF1464%20calidad%20de%20producto%20gr%C3%A1fico.&f=false](https://books.google.com.co/books?id=1AxCwAAQBAJ&pg=PP1&lpq=PP1&dq=UF1464+calidad+del+producto+gr%C3%A1fico.&source=bl&ots=2Q29b2jfOa&sig=a8XAieToz_YiqSiDrb_x6AZtVIGo&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiKldOilonVAhVMKCYKHQldA804ChDoAQggMAA#v=onepage&q=UF1464%20calidad%20de%20producto%20gr%C3%A1fico.&f=false)

Ibarra, L. (2011). *Lean Construction* (Tesis de especialización). Universidad Nacional Autónoma, México DF.

Koskela, L. (1992). *Application of the new production philosophy to construction*. Recuperado de <http://cife.stanford.edu/sites/default/files/TR072.pdf>

Mercado, E (1991). *Calidad integral empresarial e institucional II. Capacitación a empleados*. Recuperado de

[https://books.google.com.co/books?id=KX1nu2qG2owC&printsec=frontcover&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.co/books?id=KX1nu2qG2owC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

Pérez, J. (1994). *Gestión de la calidad empresarial calidad en los servicios y atención al cliente calidad total*. Recuperado de

[https://books.google.com.co/books?id=2ibhVMNE\\_EgC&printsec=frontcover&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.co/books?id=2ibhVMNE_EgC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

Puche, J, (2005) *Guía práctica para la simulación de procesos industriales*. Región Murcia, España: Centro tecnológico del mueble y la madera de la región Murcia



- Rojas, R. S. (2002). *Investigación social teoría y praxis*. Recuperado de <http://raulrojassoriano.com/cuallitlanezi/wp-content/themes/raulrojassoriano/assets/libros/investigacion-social-teoria-praxis-rojas-soriano.pdf>
- Salinas, J (2004, 11). Innovación docente y uso de las TIC en la enseñanza universitaria. *Revista universidad y sociedad del conocimiento*. Recuperado de <https://www.uoc.edu/rusc/dt/esp/salinas1104.pdf>
- Salkind, N. J. (1999). *Métodos de investigación*. Recuperado de <https://diversidadlocal.files.wordpress.com/2013/07/salkind-cap1.pdf>
- Serpell, A. (Agosto de 1986). Productividad en la construcción. *Revista de ingeniería de construcción*. (1) P 53-59
- Valencia, S (2013). *La filosofía Lean aplicada a la Gerencia de proyectos*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
- Wadnigar, R. & Paternina, C. & Mancilla, A. & Fábregas, A. (2003). *Simulación de sistemas productivos con ARENA*. Recuperado de [http://tongoy.ucn.cl/ftello/ICI/Semestre%2010/Simulacion/2015%20Segundo%20Semestre/Libros/F%C3%A1bregas,%20Wadnigar,%20Paternina%20&%20Mancilla%20-%20Simulaci%C3%B3n%20de%20Sistemas%20Productivos%20con%20Arena%20\(1era%20ed.,%202003\).pdf](http://tongoy.ucn.cl/ftello/ICI/Semestre%2010/Simulacion/2015%20Segundo%20Semestre/Libros/F%C3%A1bregas,%20Wadnigar,%20Paternina%20&%20Mancilla%20-%20Simulaci%C3%B3n%20de%20Sistemas%20Productivos%20con%20Arena%20(1era%20ed.,%202003).pdf)