

APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA “LEAN” AL DISEÑO DE PROYECTOS DE  
INGENIERÍA DE LA EMPRESA DIQUE CONSULTORÍA S.A.S

DIANA PAOLA GONZÁLEZ CABEZA

JOSE MARCIAL CERPA CASTRO



UNIVERSIDAD  
DE LA COSTA

UNIVERSIDAD DE LA COSTA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
BARRANQUILLA  
2018

APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA “*LEAN*” AL DISEÑO DE PROYECTOS DE  
INGENIERÍA DE LA EMPRESA DIQUE CONSULTORÍA S.A.S

DIANA PAOLA GONZÁLEZ CABEZA

JOSE MARCIAL CERPA CASTRO

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

ING. CLAUDIA INÉS AYALA RUEDA

ING. ISMAEL QUINTERO ESPINOSA

UNIVERSIDAD DE LA COSTA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

BARRANQUILLA

2018

*Nota de Aceptación*

---

---

---

---

---

Jurado

---

---

Jurado

---

---

Jurado

---

---

### **Dedicatoria**

*A **Dios**, por su gran amor y la fuerza que me provee para seguir adelante día a día.*

*A mis **Padres**, Arlington González y Magali Cabeza, por su amor, esfuerzo, apoyo y enseñanzas para hacer de mí una mujer con buenos principios y valores.*

*A mis **Hermanos**, Oswaldo González y Keimer González, por su apoyo y tolerancia en todo este proceso.*

*A mi **Esposo**, Martin Cantillo, por creer en mí, por su amor, comprensión, compañía y sus palabras de aliento que me motivaron a seguir adelante. Por siempre estar ahí en todo momento.*

*A mis **Amigos**, José Cerpa y Jania Cervantes, por su compañía, paciencia y conocimientos compartidos en este largo proceso de aprendizaje.*

*A mis **Profesores**, Por compartir sus conocimientos y experiencias con total vocación y dedicación haciendo de mí una profesional integral.*

*A mi **Tutora y Cotutor**, Claudia Ayala e Ismael Quintero, por su acompañamiento en el proyecto de grado y sus sabios consejos que me ayudaron a sacarlo adelante.*

***Diana Paola González Cabeza***

*A **Dios**, por su amor y todas las bendiciones que diariamente me regala.*

*A mis **Padres**, Misael Cerpa y Mercedes Castro, por su amor y apoyo incondicional que me da fuerzas para salir adelante día a día.*

*A mis **Amigos**, Diana González y Jania Cervantes, por su amistad incondicional, por sus sabios consejos y por su apoyo en todo este proceso.*

*A mis **Profesores**, Por sus conocimientos y dedicación para hacer de nosotros unos buenos profesionales.*

*A mi **Tutora y Cotutor**, Claudia Ayala e Ismael Quintero, por apoyarnos y guiarnos en este trabajo de grado, por sus experiencias compartidas y por su dedicación.*

**José Marcial Cerpa Castro**

### **Reconocimientos**

Este proyecto de grado fue posible gracias a la colaboración, esfuerzo y dedicación de nuestra tutora Claudia Ayala y nuestro cotutor Ismael Quintero, quienes nos motivaron para que este proyecto fuese una realidad.

Agradecemos a la facultad de ingeniería de la Universidad de la Costa y a todas aquellas personas que de una u otra forma nos apoyaron para llegar a esta etapa de nuestras vidas.

**Contenido**

**Dedicatoria**..... 4

**Reconocimientos**..... 6

**Contenido**..... 7

**Lista de tablas y figuras**..... 9

**Abreviaturas**..... 11

**Resumen**..... 12

**Abstract**..... [122](#)

**1. Introducción** ..... 14

**1.1 Antecedentes**..... 14

**1.1.1 Inicios del *Lean* en la Industria**..... 14

**1.1.2 Inicios del *Lean* en la Construcción**..... 17

**1.1.3 Organizaciones de apoyo del *Lean***..... 18

**1.1.4 Impacto del *Lean* en la construcción**..... 19

**1.1.5 Investigaciones realizadas** ..... 20

**1.2 Justificación del problema**..... 23

**1.3 Supuestos** ..... 23

**1.4 Restricciones**..... 23

**1.5 Objetivos**..... 24

**1.5.1 Objetivo General**..... 24

**1.5.2 Objetivos Específicos** ..... 24

**2. Marco de referencia** ..... 25

**2.1 Marco Teórico** ..... 25

**2.1.1 Gestión de Diseño**..... 25

**2.1.2 Fases y módulos para el Diseño *Lean***..... 31

**2.2 Marco Contextual** ..... 39

**2.2.1 Características de la empresa** ..... 39

**2.2.2 Misión de la empresa** ..... 39

**2.2.3 Visión de la empresa** ..... 40

**2.2.4 Valores** ..... 40

**2.2.5 Servicios** ..... 41

**2.2.6 Procesos**..... 42

|  |     |
|--|-----|
| <b>3. Marco Metodológico</b> .....   | 44  |
| <b>3.1 Fuentes de información</b> .....  | 45  |
| <b>3.1.1 Fuentes Primarias</b> .....   | 45  |
| <b>3.1.2 Fuentes Secundarias.</b> .....  | 46  |
| <b>3.2 Técnicas de investigación</b> .....   | 46  |
| <b>3.2.1 Investigación documental.</b> .....   | 46  |
| <b>3.2.2 Investigación de campo.</b> .....   | 46  |
| <b>3.2.3 Investigación mixta.</b> .....  | 46  |
| <b>4. Desarrollo</b> .....   | 48  |
| <b>4.1 Diagnóstico de la empresa</b> .....   | 48  |
| <b>4.2 Simbología utilizada en los Diagramas de flujo o flujogramas</b> .....  | 50  |
| <b>4.3 Procesos para la definición de los proyectos de ingeniería de la empresa bajo la filosofía Lean</b>                         | 50  |
| <b>4.4 Aplicación de herramientas para la definición de los proyectos de ingeniería de la empresa bajo la filosofía Lean</b> ..... | 58  |
| <b>4.5 Procesos para el Diseño de los proyectos de ingeniería de la empresa bajo la filosofía Lean</b>                             | 72  |
| <b>4.6 Herramientas de ayuda para facilitar el Diseño Lean en la empresa</b> .....   | 80  |
| <b>4.7 Técnicas y herramientas de administración profesional de proyectos</b> .....  | 92  |
| <b>4.7.1 Declaración del alcance y creación del EDT.</b> .....   | 92  |
| <b>4.7.1.1 Descripción del alcance.</b> .....  | 92  |
| <b>4.7.1.2 Creación EDT</b> .....  | 93  |
| <b>4.7.2 Elaboración del cronograma del proyecto</b> .....   | 94  |
| <b>4.7.3 Elaboración del presupuesto</b> .....   | 96  |
| <b>4.8 Documentación de roles y responsabilidades</b> .....  | 96  |
| <b>4.8.1 Matriz de responsabilidades.</b> .....  | 96  |
| <b>4.8.2 Organigrama</b> .....   | 97  |
| <b>5. Conclusiones</b> .....   | 98  |
| <b>6. Recomendaciones</b> .....  | 100 |
| <b>7. Referencias Bibliográficas</b> .....   | 102 |



**Lista de tablas y figuras**

**Tablas**

Tabla 1. Simbología utilizada en diagramas de Flujo.....49

Tabla 2. Herramientas para la Definición del proyecto Lean .....58

Tabla 3. Herramientas para el Diseño Lean.....80

Tabla 4. Pasos del proceso del reporte A3 .....82

Tabla 5. Cronograma del proyecto.....93

Tabla 6. Presupuesto del proyecto .....94

**Figuras**

Figura 1. Línea del tiempo de la filosofía Lean .....17

Figura 2. Lean Project Delivery System .....27

Figura 3. Definición del proyecto .....31

Figura 4. Diseño Lean.....34

Figura 5. Organigrama de la empresa Dique consultoría S.A.S .....40

Figura 6. Mapa de procesos de la empresa Dique consultoría S.A.S .....42

Figura 7. Procesos de diseño de la empresa Dique consultoría S.A.S.....50

Figura 8. Procesos de la Definición del proyecto Lean .....51

Figura 9. Procesos de Definición de proyecto de la empresa bajo la filosofía Lean .....52

Figura 10. Matriz de selección del equipo de Diseño.....59

Figura 11. Cuaderno de Diseño .....60

Figura 12. Matriz de necesidades y valores del inversionista.....61

Figura 13. Matriz de necesidades y valores del usuario final .....63

Figura 14. Base de Datos Google Drive .....65

Figura 15. Carpeta nueva (Google Drive).....65

Figura 16. Archivos en línea (Google Drive) .....66

Figura 17. Opción de compartir con otros usuarios (Google Drive) .....66

Figura 18. Matriz de alineación de propósitos.....68

Figura 19. Despliegue de la función de calidad .....71

Figura 20. Procesos del diseño Lean.....72

Figura 21. Reporte A3.....83

Figura 22. Diagrama de flujo .....85

Figura 23. Tabla de entradas y salidas .....86

Figura 24. Lista de tareas .....87

Figura 25. Lista de chequeos .....88

Figura 26. Solicitud de información (RFI) .....89

Figura 27 EDT .....92

Figura 28. Matriz de responsabilidades .....95

Figura 29. Organigrama del proyecto .....95

### **Abreviaturas**

**LPDS:** Lean Project Delivery System

**JIT:** Just in Time (Justo a tiempo)

**MIT:** Massachusetts Institute of Technology

**IGLC:** International Group for Lean Construction

**LC:** Lean Construction

**LCI:** Lean Construction Institute

**ELAGEC:** Encuentro Latino-Americano de Gestión y Economía de la Construcción

**CII:** Instituto de la Industria de la Construcción

**LPM:** Lean Project Management

**QFD:** Despliegue de la función de calidad

**RFI:** Request for Information

### Resumen

El presente trabajo de grado tiene por objeto aplicar la filosofía “*Lean*” al diseño de proyectos de ingeniería de la empresa Dique Consultoría S.A.S, permitiendo minimizar y prevenir errores durante el desarrollo de los procesos generando de esta manera una disminución significativa en los sobrecostos. El desarrollo de esta investigación parte de los antecedentes y de la gerencia de proyectos “*Lean*” con su modelo “*Lean Project Delivery System*” con el objetivo de generar una base teórica sólida la cual sirva como respaldo para la aplicación y el análisis de resultados; posteriormente se presenta un diagnóstico para conocer como se viene desarrollando en la actualidad los procesos de diseño de la empresa Dique Consultoría S.A.S con el fin de aplicar la filosofía *Lean* al diseño de sus proyectos mediante un flujograma de procesos propuesto; Finalmente se muestra la aplicación práctica de herramientas propuestas por diferentes autores para el proyecto titulado: “Diseño Hidráulico para el Drenaje del Patio de Coque” bajo la filosofía *Lean*.

*Palabras claves: filosofía, Lean, Diseño, procesos, gerencia, proyectos, flujograma.*

**Abstract**

The purpose of the present thesis is to apply the "Lean" philosophy to the design of engineering projects of the company Dique Consultoría S.A.S, making it possible to minimize and prevent errors during the development of the processes, thus generating a significant reduction in cost overruns. The development of this research is based on the background and project management "Lean" with its model "Lean Project Delivery System" with the aim of generating a solid theoretical base which serves as a backup for the application and analysis of results; Afterwards, a diagnosis is presented to know how the design processes of the company Dique Consultoría S.A.S are currently being developed in order to apply the Lean philosophy to the design of their projects through a proposed flow chart of processes; Finally, the practical application of tools proposed by different authors for the project entitled: "Hydraulic Design for Coke Patio Drainage" under the Lean philosophy is shown.

*Keywords: philosophy, Lean, Design, processes, management, projects, flowchart.*

## 1. Introducción

El “*Lean*” ha sido definido por Ballard, Zabelle, Valencia, entre otros autores, como una metodología o filosofía de excelencia y mejora continua orientada principalmente a eliminar todas aquellas actividades que no agregan valor al producto. Es decir, disminuir desperdicios y maximizar el valor.

En la actualidad, las buenas prácticas de esta filosofía pueden ser utilizadas en muchas organizaciones para la planificación, ejecución, seguimiento y control de diversos proyectos como base para alcanzar los objetivos estratégicos con una correcta gestión de los programas y proyectos a emprender.

Una correcta gestión de los programas y proyectos a emprender indica una buena planificación en la etapa de diseño de estos lo que traduce a buena comunicación y participación entre los involucrados, documentación adecuada, planos sin errores e interferencia entre las diferentes especialidades, buena coordinación entre disciplinas y adecuada toma de decisiones.

Con lo anterior se logra una mayor eficiencia posible, es decir, cumplir los objetivos del proyecto al menor costo posible. Por tal motivo se considera fundamental que la empresa Dique Consultoría S.A.S cuente con la aplicación de la filosofía “*Lean*” en el diseño de sus proyectos de ingeniería con el fin de minimizar y prevenir errores durante el desarrollo de los procesos generando de esta manera una disminución significativa en los sobrecostos.

### 1.1 Antecedentes

#### 1.1.1 Inicios del *Lean* en la Industria.

Vivimos en un mundo en donde surgen constantemente cambios. Y estos cambios vienen acompañados de diversos retos o desafíos.

El entorno actual de los negocios y la globalización han hecho que las empresas enfrenten retos y dificultades, que deben ser superadas para mantenerse en el competitivo ambiente moderno, en el que son comunes la aplicación de estrategias globales y locales encaminadas a disminuir costos y alcanzar la expansión en nuevos mercados; y que a la vez les exige mantener altos estándares de calidad y procesos flexibles para que puedan responder a cambios en la demanda y requerimientos de los clientes (Chávez y De la Cruz, 2014, p. 16).

Hoy en día, existen muchas estrategias, una de las cuales es la aplicación del pensamiento *Lean*. El cual ha sido definido por muchos autores como una filosofía o metodología de excelencia y mejora continua, orientada principalmente a eliminar desperdicios (Valencia, 2013). Permitiendo así que las compañías se enfrenten al entorno competitivo y a su vez generen valor agregado a sus clientes.

Los inicios de las ideas de la filosofía “*Lean*” nacen en Japón a principios de la década de los 50 como inquietud de los ingenieros de la empresa Toyota para la optimización de procesos, puesto que la compañía quedó sin recursos para competir con las empresas ensambladoras de automóviles de Estados Unidos tras la devastación de Japón por la segunda guerra mundial. Sin embargo, fue a finales de la década de los 50 que se creó el modelo “*Lean*” como resultado de las investigaciones que realizaron los ingenieros y del surgimiento del *Just in time* (Justo a tiempo) el cual incrementó las necesidades de tener procesos más eficientes y con niveles de desperdicios menores fabricando solo lo necesario y eliminando todo aquello que no añade valor al producto.

“Se entiende por **Just in Time (JIT)** al conjunto de principios y técnicas que permiten a una empresa la producción y entrega de productos en pequeñas cantidades, con plazos de entrega

*reducidos, y para dar respuesta a necesidades específicas de los clientes, esto es, entregar el producto correcto, en la cantidad correcta y en el plazo correcto” (Miguel Ángel Moreno Martín).*

Luego del surgimiento del *Just in time*, ha mediado de 1960, nace el sistema de producción Toyota el cual se enfocó en producir automóviles teniendo en cuenta los requerimientos del cliente y entregarlos en el tiempo justo. Sin embargo, un poco después nació la necesidad de tener un control total de calidad y un mantenimiento productivo total.

En aquella época, los resultados del sistema que aplicaba Toyota habían pasado las fronteras del país asiático y se había expandido por todo el mundo quitándole mercado a las empresas automotrices americanas, por lo cual a finales de los años 80 una comitiva de investigadores del *Massachusetts Institute of Technology (MIT)* viajaron a Japón a investigar este nuevo sistema que a su regreso lo denominaron “*Lean Production*” y se encargaron de difundirla alrededor de todo el mundo (Guzmán, 2014, p.5).

*El “Lean Production”, es considerado como un sistema o filosofía de mejoramiento de procesos de producción y servicios, que se basa en la eliminación de desperdicios y actividades que no agregan valor al proceso que se adelanta para obtener beneficios extraordinarios en la productividad, competitividad y rentabilidad del negocio; de allí la palabra esbelta a la cual hace referencia, precisamente, a esa empresa o proceso libre de ineficiencias o desperdicios y que funciona o se realiza con el mínimo de recursos que posee la empresa. (Chávez y De la Cruz, 2014, p. 16)*

Este modelo de “*Lean Production*” trajo consigo mejoras significativas en cuanto a los procesos productivos y dio paso al surgimiento de “*Lean Thinking*” a inicios de 1990 y años



después al “*Lean Manufacturing*” (Lozano, 2008). Expandiéndose masivamente en Estados Unidos y Europa en las industrias del sector manufacturo y de servicios. El “*Lean Thinking*” es un término que está relacionado con la eliminación de desperdicios. Y el “*Lean Manufacturing*” también llamado producción esbelta, es una filosofía que busca eliminar todo tipo de desperdicios mejorando y optimizando los sistemas de producción.

### **1.1.2 Inicios del *Lean* en la Construcción**

Debido a los diversos problemas que se presentan en la industria de la construcción (Programaciones erradas, excesos de desperdicio e inadecuada administración de los recursos, entre otros) y teniendo en cuenta el modelo japonés “*Lean Production*”, se creó una nueva filosofía de planificación de proyectos que nació en Finlandia y fue propuesta por el irlandés Lauri Koskela en 1992 en su tesis doctoral “*Application of the New Production Philosophy to Construction*”; Quien un año más tarde junto con Glenn Ballard, forman el *International Group for Lean Construction (IGLC)*, donde se da inicio a la denominación de *Lean Construction (LC)*. “A partir de ese momento se fija como objetivo satisfacer mejor la demanda de los clientes y mejorar en forma dramática los procesos de arquitectura, ingeniería, y construcción, así como de los productos” (Chávez y De la Cruz, 2014, p.19). Elaborando métodos para la gestión de la producción en el área de la construcción.

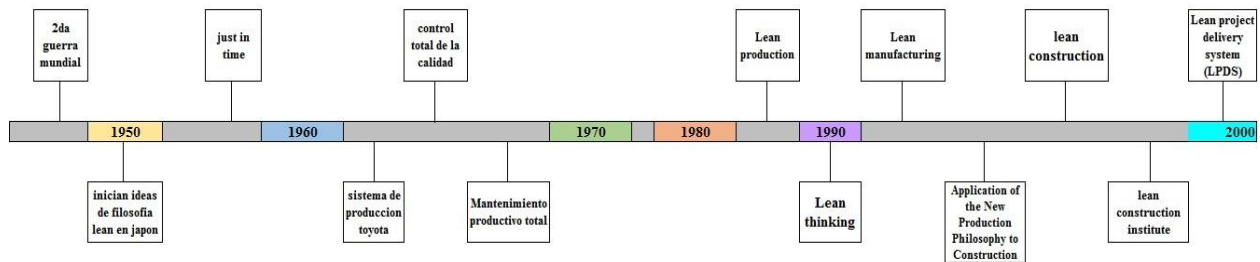
Cuatro años más tarde, en 1997, Glenn Ballard y Greg Howell crearon el *Lean Construction Institute (LCI)* con el objetivo de desarrollar y difundir nuevos conocimientos en la gestión de proyectos. En los proyectos de construcción tradicionalmente no se respetaban los principios de diseño y la gestión de los procesos de producción mediante el enfoque diseño-licitación-construcción no era completamente óptima para lograr buenos beneficios (Porrás et al., 2014).

Por el contrario, se tenían atrasos en la finalización de la mayoría de ellos, sobrecostos para los constructores y clientes insatisfechos por las demoras.

Finalmente, en el año 2000, el LCI desarrolla el Sistema de entrega de proyectos *Lean (Lean Project Delivery System)* que aplica los principios de la manufactura a la construcción con herramientas que facilitan la planificación y el control, maximizando el valor y minimizando las pérdidas a lo largo del proceso de construcción (Vásquez, 2006, p. 11)

*El Lean Project Delivery System (LPDS) está compuesto por módulos o fases, de las cuales cinco fases son interdependientes: Definición del Proyecto, Diseño Lean, Abastecimiento Lean, Ejecución Lean y Uso.*

Figura 1.



Nota. Línea del tiempo de la filosofía Lean. Por D. González y J. Cerpa, 2017.

### 1.1.3 Organizaciones de apoyo del *Lean*.

Internacionalmente encontramos dos organizaciones que se dedican a el desarrollo de investigaciones y teorías basadas en la filosofía *Lean*:

- *International Group for Lean Construction* (fundado en 1993) es una red de investigadores en donde se desarrollan teorías basadas en la filosofía *Lean* y a su vez realizan anualmente una serie de conferencias sobre los avances del *Lean*.
- *Lean Construction Institute* (Fundado en 1997) es una organización sin fines de lucro, que funciona como un catalizador el cual busca transformar la industria de la construcción a través de la entrega de proyectos *Lean*.

#### **1.1.4 Impacto del *Lean* en la construcción.**

Como se mencionó anteriormente la filosofía *Lean Construction* fue creada en 1992. Sin embargo, comenzó a implementarse con éxito desde 1993.

Algunos programas exitosos de mejoramiento de gestión en construcción han sido desarrollados en: Suecia, Finlandia, Dinamarca, Inglaterra, Estados Unidos, Chile, Brasil, Indonesia, Australia, Venezuela, Ecuador, Perú y Colombia. (Chávez y De la Cruz, 2014)

En Colombia en el área de construcción, específicamente el área de edificación, según la Gerente Regional de Camacol cinco empresas colombianas: Triada, Urbansa, Arpro, Arrecife y Construmax; se han propuesto capacitar a su personal e implementar en ellas el sistema de producción y mejora *Lean*. Estas han logrado eliminar pérdidas en los procesos constructivos, implementar un nuevo sistema de control y planificación de los proyectos, e identificar la distribución en planta de las instalaciones provisionales, entre otras (Roqueme y Suarez, 2015). Estas capacitaciones han sido dirigidas por Camacol en convenio con la universidad Eafit.

### 1.1.5 Investigaciones realizadas.

En la consulta realizada en base de datos nacionales e internacionales como Scopus, ScienceDirect, entre otras, se encontraron varios tipos de investigaciones con la temática de la aplicación de la filosofía “Lean”.

✓ En el artículo titulado: “*Developing a protocol for managing the design process in the building industry*” por los autores: Formoso, Tzotzopoulos, Jobim y Liedtke (1998), 8 Pg., El cual fue presentado en la conferencia del *International Group for Lean Construction (IGLC)* en Guarujá-Brasil, presentaron los resultados de un estudio realizado un a cuatro empresas constructoras del Sur de Brasil y demostraron que la mayoría de errores cometidos en los proyectos de vivienda se debían a la mala planificación en la fase de diseño. Como solución a esta problemática propusieron un protocolo de diseño el cual puede ser utilizados en diversos proyectos.

✓ En el artículo escrito por Glenn Ballard y Todd Zabelle (2000), 15 Pg. Y titulado: “*Lean construction institute white paper-10*”. Se describen las fases que componen el *Lean Project Delivery System (LPDS)* y explican las herramientas a utilizar para el desarrollo de un proyecto basado en la filosofía *Lean*.

✓ Los autores Freire y Alarcón elaboraron un artículo con el nombre de: “Mejoramiento del proceso de diseño en proyectos *achieving a lean design process*” 2001, 20 Pg. Donde proponen una metodología para el proceso de diseño en proyectos de construcción basado en los principios del *Lean Production* mediante la aplicación de siete herramientas de acuerdo a las necesidades (detectadas y deseadas). Dichos autores concluyen que con esta metodología se logra mejorar la fase de diseño al reducir errores de los productos, tiempo de ciclo y la proporción de las

actividades que no agregan valor. Es decir, se logra obtener productos de mejor calidad, menor variabilidad y en menor tiempo.

✓ En la tesis titulada: “El *lean design* y su aplicación a los proyectos de edificación”, 111 Pg. Vásquez (2006) explica los principales procesos y herramientas para definir y diseñar un proyecto según las técnicas *Lean* y mencionan algunas aplicaciones realizadas en Brasil, Chile y Perú con respecto a herramientas para el mejoramiento de la fase de diseño.

✓ Pablo Orihuela y Jorge Orihuela publican un artículo con el nombre de: “Aplicaciones del *lean design* a proyectos inmobiliarios de vivienda” 22 Pg. En el cual muestran algunos casos reales de proyectos de viviendas donde existen pérdidas debido a la elaboración no optimizada de proyectos. A su vez presentan de manera resumida las recomendaciones y los pasos que se deben seguir para aplicar las dos primeras fases del *Lean Project Delivery System*.

✓ Castillo (2014) desarrolló una tesis titulada: “Inventario de herramientas del sistema de entrega de proyectos *lean* (lpds)”, 137 Pg. La cual proporciona un marco de referencia sobre el sistema de construcción *Lean* y sus herramientas.

✓ El artículo publicado por Porras, Sánchez y Galvis (2014) y de nombre: “Filosofía *lean construction* para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual”, 22 Pg. Se hace una revisión bibliográfica de la filosofía *Lean Construction* desde sus inicios hasta el año 2014.

✓ La tesis: “Aplicación de la filosofía *lean construction* en una obra de edificación” elaborada por Chávez y De la Cruz (2014), 625 Pg. Muestra los beneficios que se consiguen al aplicar los conceptos y métodos de la filosofía *Lean Construction* en una obra de edificación, optimizando la productividad, los costos y el cumplimiento del cronograma.

✓ Guzmán en el año 2014. Desarrolló una tesis que le dio por nombre: “Aplicación de la filosofía *lean construction* en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos”, 127 Pg. La cual muestra los conceptos y herramientas del *Lean Construction*. Además, analiza y describe de forma detallada como se aplican las herramientas más importantes de esta filosofía (Last Planner System, Sectorización, Nivel general de actividad, Cartas de balance, etc.).

✓ En el artículo presentado en el Encuentro Latino-Americano de Gestión y Economía de la Construcción (ELAGEC). Bogotá, septiembre 2008, 11 Pg. Se habla acerca de la capacidad que tiene el *Lean Design* de evaluar diferentes alternativas al momento de la toma de decisiones en diseño y aconsejan que se realicen en etapas tempranas del proyecto con el fin de prevenir las futuras pérdidas que se puedan presentar.

✓ En la tesis de maestría de Campos en el año 2011 titulada: “Aplicación del pensamiento *lean* en proyectos mediante el *lean project management*” 2011, 117 Pg. Se evidencia la forma en que el pensamiento *Lean* puede contribuir a la gestión tradicional de proyectos logrando así una gestión más eficiente de los proyectos.

✓ La tesis: “Propuesta de mejora en la etapa de diseño en los proyectos de construcción de una empresa constructora” por el autor Cárdenas (2013), 120 Pg. Presenta un estudio sobre los principales procesos y herramientas para definir un proyecto según la metodología *Lean* y aplican la teoría del *Lean Construction* en la etapa de diseño de los diversos proyectos de construcción que las empresas puedan emprender.

## 1.2 Justificación del problema

El presente trabajo de grado se soporta en la necesidad de proponer la aplicación del *Lean* al diseño de proyectos de ingeniería de la empresa Dique Consultoría S.A.S, para lograr una adecuada gestión profesional de proyectos cumpliendo con los objetivos al menor costo posible.

La aplicación del *Lean* permitirá que la empresa mejore sus procesos de diseño con una buena coordinación entre las disciplinas y adecuada toma de decisiones, minimizando y previniendo errores, reduciendo costos y aumentando la satisfacción de sus clientes, alcanzando los objetivos estratégicos con mejor rentabilidad.

## 1.3 Supuestos

- Se recopilará información para el desarrollo del proyecto de grado, a partir de las diferentes fuentes de información
- Se revisará los documentos necesarios de la empresa para la realización del Diagnostico
- Se reunirá las herramientas necesarias para la aplicación de la filosofía *Lean* al diseño de proyectos de ingeniería de la empresa
- El resultado del proyecto ayudara a la empresa a mejorar el proceso de diseño de los proyectos de ingeniería que realicen
- El proyecto de grado será de gran ayuda para los profesionales que deseen aplicar la filosofía *Lean* en la planeación del diseño de cualquier proyecto de ingeniería.

## 1.4 Restricciones

- El Proyecto de grado contempla realizar un documento donde se aplique la filosofía *Lean* al diseño de proyectos de ingeniería de la empresa Dique Consultoría S.A.S, aunque el tiempo y la poca información pueden ser factores que dificulten su desarrollo.

## 1.5 Objetivos

### 1.5.1 Objetivo General.

Aplicar la filosofía “*Lean*” al diseño de los proyectos de ingeniería de la empresa Dique Consultoría S.A.S, permitiendo minimizar y prevenir errores durante el desarrollo de los procesos generando de esta manera una disminución significativa en los sobrecostos.

### 1.5.2 Objetivos Específicos.

- ✚ Realizar un diagnóstico para conocer cómo se viene desarrollando en la actualidad los diseños de proyectos de ingeniería de la empresa Dique Consultoría S.A.S
- ✚ Elaborar propuesta de procesos para la definición de los proyectos de ingeniería de la empresa bajo la filosofía *Lean*
- ✚ Aplicar herramientas que ayuden a identificar los factores que influyen en la definición del proyecto *Lean*
- ✚ Crear propuesta de procesos para el Diseño de los proyectos de la empresa aplicando la filosofía *Lean*
- ✚ Mostrar herramientas que ayuden a facilitar el Diseño *Lean* en la empresa.



## 2. Marco de referencia

### 2.1 Marco Teórico

Anteriormente se ha mencionado que el *Lean* es una filosofía o metodología de mejora continua. Es por ello, que “la administración de Proyectos “*LEAN*” brinda el soporte metodológico y práctico necesario para conducir proyectos de manera exitosa respetando los lineamientos generales de los organismos internacionales más reconocidos” (Lledó, 2006, p.1). Disminuyendo así las pérdidas y aumentando valor a sus clientes.

#### 2.1.1 Gestión de Diseño.

##### 2.1.1.1 Construcción *Lean* (*Lean Construction*).

De acuerdo al LCI, el *Lean Construction* es una gerencia de producción basada en la entrega de proyectos.

Es una nueva manera de diseñar y construir productos o servicios. Se extiende desde los objetivos del sistema de producción “*Lean*” (maximizar el valor y reducir las pérdidas) hasta las especificaciones técnicas y su aplicación en un nuevo proceso de entrega de proyectos. Como resultado, tanto el servicio como el proceso de entrega son diseñados juntos para un mejor acercamiento a los requerimientos del cliente final. (Peláez y Aragón, 2014, p.33)

Esta nueva filosofía busca que la planificación de las actividades de obra sea totalmente realizables y predecibles.

La Organización LC (como se citó en Vásquez, 2006) menciona 6 diferencias entre la construcción *Lean* y las formas actuales de la gerencia de proyectos:

1. El **control** es redefinido, de ser “los resultados de un monitoreo” a un “hacer que las cosas pasen”. El rendimiento del sistema de planificación es medido y mejorado para dar confiabilidad al flujo de trabajo y a los resultados predecibles del proyecto.
2. El **rendimiento** consiste en maximizar el valor y minimizar las pérdidas en el proyecto. Las prácticas actuales se enfocan en optimizar cada actividad produciendo una reducción del rendimiento total.
3. La **entrega de proyectos** es el diseño simultáneo del servicio o producto y su proceso de producción. La práctica actual, aún con el uso de la Constructabilidad, es un proceso secuencial que no puede prevenir las iteraciones que producen pérdidas.

*En 1986 el Instituto de la Industria de la Construcción (CII por sus siglas en inglés) define Constructabilidad como “El uso óptimo del conocimiento y experiencia de construcción en la planificación, en el diseño, en las adquisiciones y en el manejo de las operaciones de construcción” (Castillo, 2014, p. 46).*

4. El **valor** para el cliente es definido, creado y entregado a lo largo de la vida del proyecto. En la práctica actual, el dueño define completamente los requerimientos al inicio y la entrega al final, a pesar de los cambios en el mercado, la tecnología y la economía.
5. El coordinar a través del **“jalar” y el flujo** continuo es opuesto a la práctica tradicional dada por el “empujar” con una sobre-confianza centralizada en una autoridad y con cronogramas para gerenciar los recursos y coordinar el trabajo.
6. **Descentralizar** la toma de decisiones trae transparencia y confianza. Esto significa proveer a los participantes del proyecto de la información sobre el estado de los sistemas de producción y darles la confianza de realizar las acciones.

### **2.1.1.2 Gerencia de Proyectos Lean (*Lean Project Management*).**

Los proyectos son considerados sistemas de producción temporales y la producción es considerada como el diseñar y hacer las cosas. Actualmente el modelo tradicional de producción ha dejado de lado el “diseñar” por el “hacer”. De esta manera surge *el Lean Project Management* (LPM) como una alternativa de gerencia donde tanto el diseño como la producción, el hacer, son tomados en cuenta con la misma importancia. (Cárdenas, 2013, p. 7)

La construcción, es justamente un sistema de producción que para gerenciarlo el LPM propone un modelo denominado *Lean Project Delivery System* o Sistema de entrega de proyectos “*Lean*”. (Vásquez, 2006, p.11)

### **2.1.1.3 Sistema de entrega de proyectos “Lean” (*Lean Project Delivery System*).**

*Lean Project Delivery System* (LPDS) o Sistema de Entrega de Proyectos *Lean*, es un marco conceptual desarrollado por Ballard (2000) que pretende trasladar los principios del sistema de producción de Toyota a la producción en la construcción. (Castillo, 2014, p.10)

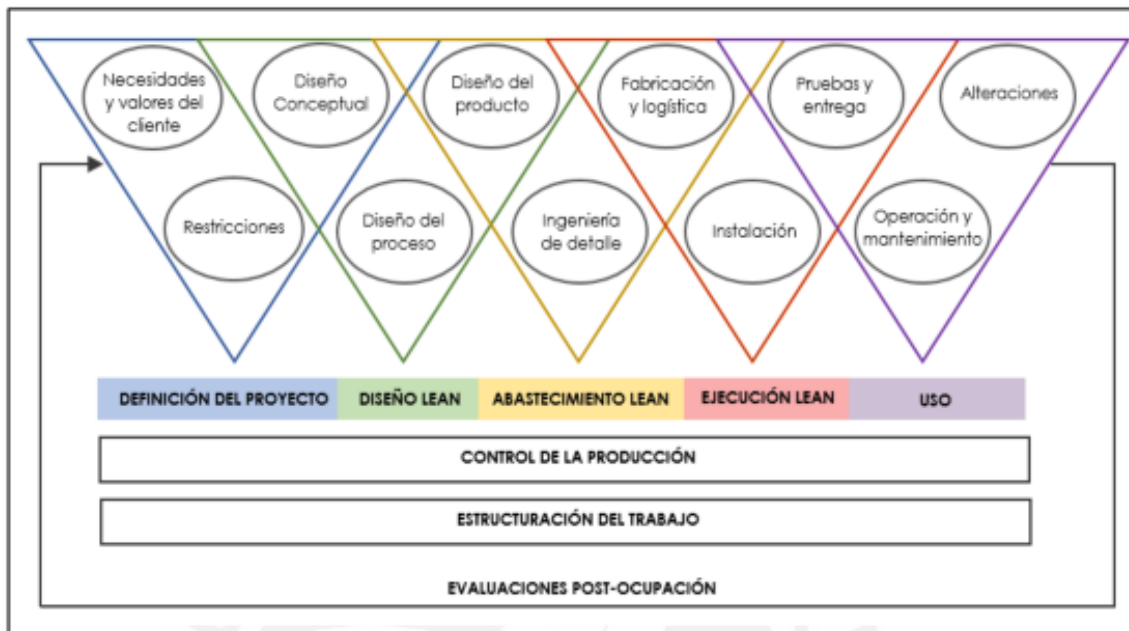
De acuerdo a Ballard (como se citó en Vásquez, 2006) algunas de las principales características del LPDS son:

- El proyecto es estructurado y gerenciado como un proceso de generación de valor.
- Los participantes “aguas abajo” del proyecto están involucrados desde la planificación y diseño a través de los equipos multidisciplinarios.
- Los esfuerzos optimizados están centrados en hacer el trabajo de flujo más confiable para mejorar la productividad.
- Las técnicas para “jalar” la producción son usadas para gobernar el flujo de materiales e información a través de los grupos de trabajo de los especialistas.

- Los “buffers” de capacidad e inventario son utilizados para absorber la variabilidad.
- Los lazos de retroalimentación son incorporados en todos los niveles, con el fin de ajustar el sistema de manera rápida.

El LPDS se representa mediante un modelo que descompone un proyecto de construcción en cinco fases buscando maximizar el valor y minimizar las pérdidas a lo largo del proceso. Este modelo está compuesto por fases, de las cuales cinco son interdependientes: Definición del Proyecto, Diseño *Lean*, Abastecimiento *Lean*, Ejecución *Lean* y Uso.

Figura 1.



*Nota Lean Project Delivery System. Por Ballard y Zabelle, 2000*

Cada una de estas fases mostrada en la figura 1. está compuesta por una triada de módulos que se traslapan al cambiar de fase dando un total de 13 módulos. Para el desarrollo de cada fase se propone una serie de técnicas y herramientas para la gestión del proyecto, tanto en la fase de diseño como en la fase de construcción.

Las cinco triadas que propone el LPDS son las siguientes:

❖ Definición del Proyecto (*Project Definition*)

La fase de Definición del Proyecto está conformada por tres módulos: Las necesidades y Valores que analiza y estudia las necesidades de los clientes finales y las expectativas de los inversionistas; los criterios de diseño que son las pautas que se toman en cuenta para la concepción de una idea como proyecto, las cuales provienen de la experiencia y conocimiento relacionado al tema; y los conceptos de diseño que es la conceptualización de los dos módulos mencionados en alternativas o esquemas del proyecto que termina en un anteproyecto. (Guzmán, 2014, p.15)

❖ Diseño *Lean* (*Lean Design*)

La fase del diseño *Lean* se inicia con el ultimo módulo de la fase anterior (Conceptos de diseño) y es con este módulo que esta enlazado con la fase anterior, le sigue el módulo de Diseño del Proceso que es el diseño de los pasos y procedimientos para lograr la fabricación efectiva y eficiente del producto o proyecto ya definido; y el tercer módulo de esta fase es el Diseño del Producto que consiste en estructurar adecuadamente las actividades a realizar para generar un conjunto de especificaciones que definan cómo será el producto final. (Guzmán, 2014, p.16)

❖ Abastecimiento *Lean* (*Lean Supply*)

La fase de abastecimiento sin perdidas está conectada con la anterior con el módulo del diseño del producto, es decir para iniciar con el abastecimiento sin perdidas es necesario tener definido y diseñado el producto final o proyecto. En esta fase se tiene el módulo de Ingeniería de detalle, el cual va de la mano con el diseño del producto y ambos son indispensables para poder lograr el tercer módulo que es la fabricación y logística, ya que si no sabemos o no tenemos definido el

producto que haremos o no tenemos la información detallada y exacta no se podrán fabricar o tramitar los materiales necesarios para el inicio de la siguiente fase. (Guzmán, 2014, p.16)

❖ Ejecución *Lean* (*Lean Assembly*)

La fase de ensamblaje sin pérdidas representa la parte netamente productiva o la que podrías denominar como Lean Construction, esta inicia con la fabricación y logística que brindan los materiales, las herramientas y todos los recursos necesarios para la construcción. El segundo módulo de esta fase comprende la instalación o construcción in situ del proyecto que representa la producción como la conocemos en un proyecto, finalmente esta fase tiene un módulo de salida que serían las pruebas al producto ensamblado y la entrega. (Guzmán, 2014, p.16)

❖ Uso

La fase de uso es la última de las cinco triadas que propone el LPDS y se inicia con el módulo final de la fase anterior, es decir con las pruebas y la entrega; además abarca el módulo de operación y mantenimiento que se desarrolla durante toda la vida del proyecto y una fase de alteraciones que comprende las reparaciones o modificaciones que pueda sufrir el proyecto inicial. (Guzmán, 2014, p.16)

Además de los 11 módulos mencionados, se tienen otros tres que son los siguientes:

❖ Control de Producción:

El control de Producción es un módulo que abarca todas las fases del proyecto y consiste en el control de los flujos de trabajo y las unidades de producción. Este módulo tiene como herramienta principal de control de producción al *Last Planner System*. (Guzmán, 2014, p.17)

❖ Estructuración del Trabajo:

Este módulo tiene como objetivo hacer que el flujo de trabajo durante la construcción sea más confiable, eficiente y le añada valor al cliente. La estructuración del trabajo también se da durante todo el tiempo de duración del proyecto, desde su concepción como idea hasta su uso, esto hace que todas las decisiones concernientes a la estructuración del trabajo se puedan tomar en cualquiera etapa del proyecto. (Guzmán, 2014, p.17)

❖ Evaluación Post – Ocupación

Este módulo es el nexo entre un proyecto terminado y uno nuevo. Este módulo funciona como un mecanismo de retroalimentación y mejora continua, ya que al evaluar el proceso de entrega y uso de un proyecto se pueden tener conclusiones importantes que sirvan para mejorar la calidad del proyecto en general y maximizar el valor que pueda obtener el cliente. (Guzmán, 2014, p.17)

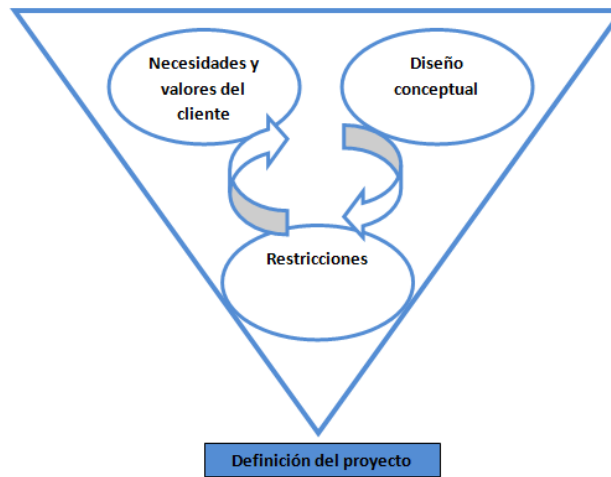
### **2.1.2 Fases y módulos para el Diseño *Lean*.**

Teniendo en cuenta el objetivo general del presente proyecto de investigación se procede a explicar de manera detallada las fases, los módulos y herramientas necesarias para llegar al Diseño *Lean*.

Es importante resaltar que para llegar a un diseño *Lean* se debe primero definir el proyecto por medio de las necesidades y valores del cliente, el concepto de diseño y las restricciones.

### 2.1.2.1 Definición del proyecto.

Figura 2.



*Nota : Definición del proyecto. Por Ballard y Zabelle, 2000*

#### 2.1.2.1.1 Descripción de la fase.

Como se dijo anteriormente la fase de definición del proyecto es la primera fase del LPDS la cual consiste en las iteraciones de los tres módulos que se muestran en la figura 3. Estas iteraciones son:

- Determinación de las necesidades y valores del cliente. También conocida como la determinación del propósito del proyecto.
- Análisis de las restricciones o criterios de diseño para definir el proyecto.
- Selección de la menor alternativa de diseño conceptual, teniendo en cuenta los dos módulos anteriores.

Para el desarrollo de esta fase se debe involucrar todas las partes interesadas tales como: los inversionistas, los promotores, el equipo de diseño, el usuario final, las entidades gubernamentales, etc.



Esta fase estará a cargo del propietario y del gerente del proyecto quien debe reunirse con el equipo de diseño y los demás involucrados para tomar las respectivas decisiones.

Es importante tener en cuenta que el equipo de diseño debe ser un equipo multidisciplinarios, es decir, que debe estar conformados por diferentes especialidades de acuerdo a los requerimientos del proyecto. Este equipo multidisciplinario será el encargado de proponer los diseños conceptuales teniendo en cuenta las necesidades y valores de los clientes y las restricciones del proyecto. El mejor diseño conceptual será la base para el diseño *Lean*.

#### *2.1.2.1.2 Descripción de los módulos.*

##### ➤ **Necesidades y valores del cliente**

Este módulo se encarga de analizar y estudiar todas aquellas necesidades y valores de los clientes finales y las expectativas de los inversionistas y promotores. Entendiéndose por **clientes finales** a todas aquellas personas involucrados en el proyecto las cuales recibirán los resultados finales del producto ofrecido. Y por **inversionista** a la persona o empresa encargada de realizar la inversión monetaria de cualquier proyecto.

##### ➤ **Criterios de Diseño**

A esta fase también se le conoce como restricciones de diseño y son todas aquellas pautas que se toman en cuenta para concebir una idea como proyecto.

Según Castillo (2014) esta fase delimita todas las restricciones que podría presentarse en el producto y las divide en dos grupos:

- **Normas:** Reglas o normas que cada país posee para el diseño de una construcción, el equipo del diseño del proyecto debe tenerlas como conocimiento.

- **Condiciones de sitio:** El diseño debe condicionarse a los parámetros del lugar en el que se ubicará el proyecto (p.22).

➤ **Conceptos de Diseño**

Una vez que se han considerado las necesidades y valores de los clientes, las expectativas de los inversionistas o promotores y los reglamentos y normas existentes; comienzan a surgir las primeras alternativas o ideas que se plasman en esquemas o anteproyectos; a estas diferentes alternativas se les denomina conceptos de diseño o diseños conceptuales. (Peláez y Aragón, 2014, p.37)

***Procesos para la definición del proyecto***

El LPDS propone que la definición de un proyecto está dada por los siguientes procesos:

***Inicio:*** en este primer proceso se define las necesidades y valores del cliente junto con el equipo del proyecto. Este equipo estará compuesto por todos los involucrados del proyecto. Estos involucrados pueden ser: el coordinador del proyecto, el cliente, los inversionistas, los especialistas, los proveedores, etc.

***Recopilación de información:*** En esta parte se rescatan las enseñanzas de proyectos anteriores a través de las Evaluaciones post-ocupación (POE), se definen los requerimientos del proyecto, se crea una base de datos de recursos del mercado y se elabora un perfil del comprador o cliente final. (Vásquez, 2006, p. 50)

***Preparación para las reuniones sobre la definición del proyecto y realización de esta:*** antes de realizar la reunión sobre la definición del proyecto es importante que antes se prepare a través

de un plan de trabajo. Este plan de trabajo es diseñado por el coordinador del proyecto junto con los demás involucrados.

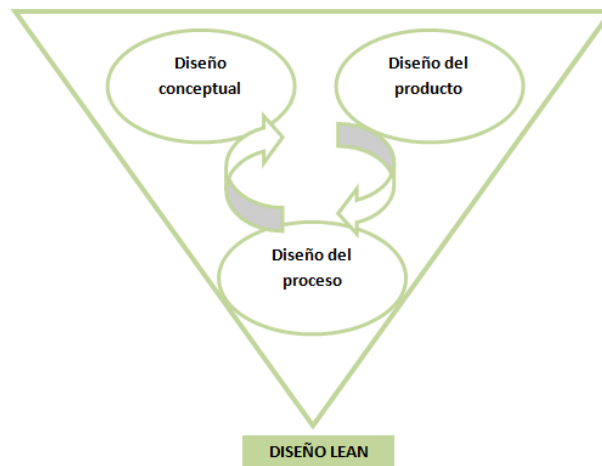
Una vez obtenido el plan de trabajo se procede a realizar las reuniones de definición de proyecto la cual consiste en desarrollar los criterios y definir los conceptos de diseño del proyecto.

El coordinador del proyecto es quien dirige las reuniones y debe tener en cuenta tres puntos fundamentales que son: informar, debatir y llegar a acuerdos.

“En estas reuniones todos los conceptos y criterios de diseño de los diferentes miembros del equipo son presentados y puestos finalmente en consenso, en términos del *Lean Construction*, son “alineados” para dar paso al Diseño *Lean*” (Vásquez, 2006, p. 54).

### 2.1.2.2 Diseño Lean

Figura 3.



Nota : Diseño Lean. Por Ballard y Zabelle, 2000

#### 2.1.2.2.1 Descripción de la fase.

El Diseño *Lean* es la segunda fase del modelo LPDS. Esta fase, al igual que la anterior, consiste en la iteración de tres módulos como se puede apreciar en la Figura. 5. Estas iteraciones son:

- Conceptos de diseño
- Diseño del proceso
- Diseño del producto

Como se dijo anteriormente esta fase está a cargo del equipo de diseño y ellos son los responsables tanto del diseño del producto como del proceso. Este equipo tendrá como base el diseño conceptual que se realiza en la fase de definición de proyecto el cual puede ser modificado de acuerdo a los criterios del equipo.

Según Ballard y Zabelle (como se citó en Castillo, 2014) los objetivos del Diseño *Lean* son:

- Controlar los objetivos de tiempo y costo del proyecto, y la meta de reducir las pérdidas sin disminuir el valor
- Diseño final del proyecto
- Capturar y hacer accesible el diseño de las instalaciones
- Minimizar las pérdidas de valor mediante el transcurso de las fases del proyecto.

#### 2.1.2.2.2 Descripción de los módulos.

##### ➤ **Conceptos de diseño**

Este módulo fue explicado anteriormente en la fase de definición del proyecto.

➤ **Diseño del proceso**

Consiste en estructurar la organización del proyecto, definir los pasos y medios para realizar las diferentes actividades del proyecto. El diseño del proceso involucra pensar en todas las operaciones que se realizarán durante la construcción y definir como se realizará cada una de éstas. (Castillo, 2014, p. 36)

➤ **Diseño del producto**

Consiste en estructurar las partes, componente o actividades que dan un valor específico a un producto. El entregable principal de esta etapa con los planos de las distintas especialidades, los cuales deben estar debidamente compatibilizados y contar con toda la información y detalles necesarios. (Ruiz, 2015, p. 43)

***Procesos para el Diseño Lean***

El LPDS propone que el Diseño *Lean* está dado por los siguientes procesos:

***Organizarse en equipos multidisciplinarios:*** Esto implica evitar que los proyectistas trabajen aisladamente, diseñando los planos de su especialidad sin tener en cuenta su relación con los demás integrantes del equipo, para esto es necesario comprometerlos a tomar decisiones e interactuar en diferentes etapas y direcciones. (Peláez y Aragón, 2014, p. 39)

***Seguir una estrategia de múltiples alternativas:*** En este pasó, la base es la innovación, esto implica que el equipo busque y encuentre las oportunidades de proponer nuevas alternativas que generen valor a los clientes y beneficios a la empresa. Para esto es necesario que el equipo comparta su información y evite la costumbre de decidir por la única alternativa, por la más conocida o por la de siempre, esto es muy cómodo y frecuente, en esta etapa es necesario tener

en cuenta que los re-trabajos que hubiera que hacer por el hecho de considerar una nueva alternativa, no deben ser considerados como "perdida" sino todo lo contrario. La decisión final debe tomar el tiempo necesario para ser muy bien evaluada y debe ser hecha en el último momento posible. (Peláez y Aragón, 2014, p. 39)

***Estructurar el diseño del trabajo para acercarse al ideal Lean:*** El trabajo estructurado implica la consideración de todas las etapas e involucrados en el proyecto, tales como la logística, las compras, la construcción, los fabricantes, los instaladores, los usuarios, etc., por lo que es necesaria la presencia de un coordinador y la existencia de una especie de protocolo entre los involucrados, de tal manera que el diseño del producto se haga conjunta-mente con el diseño del proceso. (Peláez y Aragón, 2014, p. 39)

***Minimizar las iteraciones negativas:*** En una obra el re-trabajo es considerado como pérdida, en el diseño no todo re-trabajo es considerado como tal, a este re-trabajo el “Lean” lo llama iteración y considera que existe iteraciones negativas y positivas, las positivas son aquellos re-trabajos que agregan valor al producto, mientras que las negativas generan pérdidas como retrasos o demoras, y son llamadas a minimizar y en lo posible evitar. (Vásquez, 2006, p. 85)

***Utilizar el sistema “ultimo planificador”:***

Ballard, uno de los fundadores del LCI diseñó un nuevo sistema de planificación y control de proyectos que lo denominó “Last Planner” es decir “el último planificador”. Este nuevo sistema consiste en que una persona o grupo de personas realicen un trabajo como último nivel de la planificación, por lo tanto, sus instrucciones no van dirigidas a otros que no sean los actores directos de la tarea. De esta manera logran que lo que “queremos” y “podemos” se conviertan en lo que “vamos” a hacer, insertando confiabilidad a la planificación. (Vásquez, 2006, p. 89)

*Usar tecnologías que faciliten el diseño Lean:* La tecnología es definitivamente hoy en día una herramienta muy poderosa para alcanzar altos niveles de productividad, no es la excepción en la construcción y en el diseño de proyectos. El LPDS recomienda usar la tecnología para visualizar el diseño simultáneo del proceso y del producto a través de la modelación en 3D y 4D, así mismo otra herramienta tecnológica es el uso de Intranets, que permiten un adecuado y ordenado flujo de información durante el desarrollo del proyecto, especialmente durante la definición y diseño del mismo. (Vásquez, 2006, p. 91)

## **2.2 Marco Contextual**

### **2.2.1 Características de la empresa**

DIQUE Consultoría S.A.S. es una empresa recientemente constituida en la ciudad de Barranquilla, Colombia, que forma parte del grupo DIQUE Internacional con más de diecisiete años de experiencia en diferentes sectores de la economía en países como México y Colombia.

La empresa nace con el propósito de ser líder local, regional y nacional en el sector de la Consultoría en Recursos Hídricos, Medio Ambiente, Turismo e Ingeniería (Fluvial, Eléctrica, Transporte, Energética, Petróleos), para lo cual cuenta con un equipo de asociados altamente capacitados dispuestos a atender las necesidades de sus clientes.

### **2.2.2 Misión de la empresa**

Brindar soluciones que satisfagan y superen las expectativas de nuestros clientes a sus problemas y necesidades puntuales, a través de un equipo multidisciplinario de calificados expertos; aplicando siempre el cumplimiento de la estrategia “ganar-ganar” y dejando en cada uno de los proyectos el sello de calidad, idoneidad y puntualidad al que se compromete.

Contribuir al desarrollo integral, armónico y sostenible del planeta con la aplicación de nuevas técnicas en la ingeniería, el turismo y el medio ambiente.

### **2.2.3 Visión de la empresa**

Para el año 2018 Dique Consultoría S.A.S. será una empresa reconocida en la Región Caribe como la consultora integral de mayor confiabilidad y profesionalismo. Contribuyendo con sus trabajos al desarrollo y progreso de Barranquilla y la Costa Atlántica.

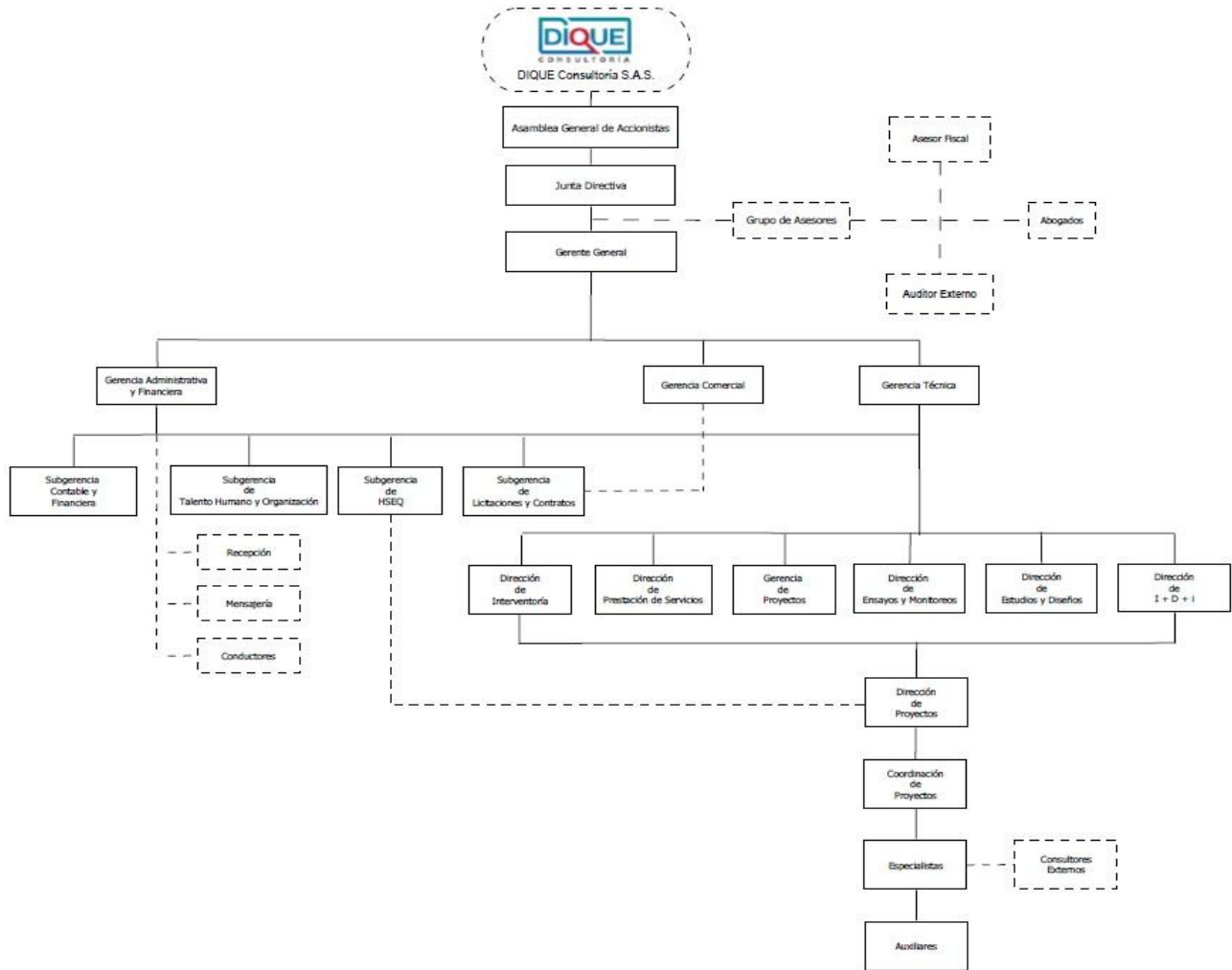
Contará con una amplia trayectoria en la solución de problemas puntuales para la ciudad, el departamento y la región e iniciará su proyección a nivel nacional e internacional.

### **2.2.4 Valores**

- Integridad
- Confiabilidad
- Profesionalismo
- Idoneidad.



Figura 4



Nota : . Organigrama de la empresa Dique Consultoría S.A.S. Por I. Quintero, 2016

### 2.2.5 Servicios

La empresa ofrece servicios de Consultoría, Asesoría y Estudio en Recursos Hídricos, Medio Ambiente, Turismo e Ingeniería (Fluvial, Eléctrica, Transporte, Energética, Petróleos). Cuenta con un equipo de asociados altamente capacitados dispuestos a atender las necesidades de nuestros clientes.

Brinda servicios especializados en Ingeniería, Arquitectura, Modelación Matemática, Geomática, Hidrografía, Investigación Científica y Tecnológica, Administración y Operación de Laboratorios, Centros e Institutos de Investigación.

Así como en Consultoría, Asesoría, Estudios e Interventoría técnica, administrativa y financiera de toda clase de proyectos. Realiza Diseños de Ingeniería Civil, Hidráulica, Ambiental, Petróleos, Transporte, Energética, Fluvial, Costera, Sanitaria, Portuaria y Drenaje. Y están comprometidos con la Investigación + Desarrollo + Innovación para contribuir con la conservación ambiental del planeta.

### **2.2.6 Procesos**

Actualmente la empresa cuenta con 22 procesos: Gestión Gerencial; Dirección de Proyectos; Gerencia de Proyectos; Diseño y Desarrollo de Productos y Servicios; Estudios y Diseños de Ingeniería; Ensayos y Monitoreo; Planificación de Productos y Servicios; Prestación de servicios; Gestión Comercial; Interventoría o Supervisión; Investigación + Desarrollo + Innovación; Servicios Profesionales Especializados; Gestión de propuestas, licitaciones y contratos; Compras y Adquisiciones; Comunicaciones; Gestión Contables y Financiera; Gestión de Asesores Técnicos y Especialistas; Gestión de Recursos Físicos; Gestión de Talento Humano; Gestión de Información y del Conocimiento; Sistema de Gestión Integral; Mejora Continua.

Figura 5.



*Nota: Mapa de procesos de la empresa Dique Consultoría S.A.S. Por I. Quintero, 2016*

De acuerdo a la figura 6. La empresa acepta previamente una clasificación genérica de los procesos en cuatro categorías: estratégicos, operativos, apoyo o soporte y mejora continua

### 3. Marco Metodológico

Para el desarrollo de la investigación fue necesario realizar la identificación de los procesos de diseño de la empresa Dique Consultoría S.A.S ya que fue el punto de partida para desarrollar las demás actividades planificadas y programadas.

La metodología a usar fue el desarrollo de las siguientes fases:

I. Diagnóstico: el proyecto inicia con un diagnóstico para conocer cómo se vienen desarrollando en la actualidad el diseño de proyecto de la empresa Dique Consultoría S.A.S. Este diagnóstico se llevará a cabo mediante:

- ✓ Revisión documental
- ✓ Entrevistas

II. Elaboración de propuesta de procesos para la definición de los proyectos de ingeniería de la empresa bajo la filosofía *Lean*

- ✓ Flujograma de procesos para la definición de proyectos

III. Aplicación de herramientas que ayuden a identificar los factores que influyen en la definición del proyecto (Project Definition)

- ✓ Matriz de selección del equipo de diseño
- ✓ Cuaderno de diseño
- ✓ Matriz de necesidades y valores de inversionista
- ✓ Matriz de necesidades y valores del usuario final
- ✓ Bases de datos y repositorios
- ✓ Matriz de alineación de propósitos

- ✓ Despliegue de la función de calidad (QFD)

IV. Creación de propuesta de procesos para el diseño de los proyectos de ingeniería de la empresa aplicando la filosofía *Lean*

- ✓ Flujograma de procesos para el Diseño de proyectos

V. Muestra de herramientas de ayuda para facilitar el Diseño Lean en la empresa

- ✓ Cuaderno de Diseño
- ✓ Reporte A3
- ✓ Estacionamiento
- ✓ Diagrama de flujo – Matriz de responsabilidades
- ✓ Tabla de entradas y salidas
- ✓ Lista de tareas
- ✓ Lista de chequeos
- ✓ Solicitud de información (RIF)
- ✓ Constructabilidad en el diseño

### **3.1 Fuentes de información**

Las fuentes de información son aquellos sitios o datos, que pueden ser físicos, documentales, digitales en donde encontramos información necesaria para llevar a cabo la investigación.

Las fuentes de información se dividen en dos categorías: las primarias y secundarias:

#### **3.1.1 Fuentes Primarias**

Son aquellas en las que la información se encuentra en su origen y, por lo tanto, debe ser elaborada por primera vez y de forma específica. Para este proyecto se recurrirá a fuentes

primarias cualitativas, entre ellas, entrevistas y reuniones con el personal encargado del diseño de proyectos de ingeniería de la empresa Dique Consultoría S.A.S.

### **3.1.2 Fuentes Secundarias.**

Son aquellas que presentan información ya elaborada, o existente, que fue generada anteriormente con otra finalidad. En este proyecto se acudirá a la utilización de fuentes secundarias, tales como, tesis, revistas científicas, normas de diseño.

## **3.2 Técnicas de investigación**

Las técnicas de investigación pueden ser documental, de campo y mixta:

### **3.2.1 Investigación documental.**

La investigación de carácter documental se apoya en la recopilación de antecedentes a través de documentos gráficos formales e informales, cualquiera que éstos sean, donde el investigador fundamenta y complementa su investigación con lo aportado por diferentes autores. Los materiales de consulta suelen ser las fuentes bibliográficas, iconográficas, fonográficas y algunos medios magnéticos. (Belmonte,2002)

### **3.2.2 Investigación de campo.**

La investigación de campo es la que se realiza directamente en el medio donde se presenta el fenómeno de estudio. Entre las herramientas de apoyo para este tipo de investigación se encuentran: el cuestionario, la entrevista, la encuesta, la observación, la experimentación.

### **3.2.3 Investigación mixta.**

Este tipo de investigación concierne a trabajos de investigación en cuyo método de recopilación y tratamiento de datos se conjuntan la investigación documental con la de campo,

esto con el propósito de profundizar en el estudio del tema propuesto para tratar de cubrir todos los posibles ángulos de exploración. Al aplicar ambos métodos se pretende consolidar los resultados obtenidos (Muñoz, 1998).

Para este proyecto, la fuente de datos de investigación que se aplicó fue la mixta, ya que se recopiló investigación documental con la investigación de campo, con el objetivo de hacer más profundo el estudio y así cubrir todos los posibles ángulos de exploración, logrando así consolidar los resultados obtenidos; Se realizó un análisis de campo dentro de las instalaciones de la empresa Dique Consultoría S.A.S para identificar su metodología de diseño.

## 4. Desarrollo

### 4.1 Diagnóstico de la empresa

Con el propósito de obtener un diagnóstico claro para conocer como se viene desarrollando en la actualidad los diseños de proyectos de ingeniería de la empresa DIQUE Consultoría S.A.S, se realizó una serie de entrevistas dirigidas al personal de la empresa encargado del diseño de los proyectos (Coordinador del proyecto y diseñadores) y una revisión documental.

Las entrevistas realizadas fueron no estructuradas o entrevistas libres, es decir, las preguntas realizadas surgieron de acuerdo a las respuestas dadas durante la entrevista.

En estas entrevistas, se pudo observar que los diseños de proyectos de ingeniería elaborados por DIQUE Consultoría S.A.S no se rigen por ninguna metodología Lean. Sin embargo, cuentan con un equipo multidisciplinario capacitados y con buena experiencia.

Actualmente los proyectos son dirigidos por el gerente general, quien se encarga de dirigir y controlar los procesos de diseño a fin de lograr los objetivos del mismo, teniendo en cuenta los requerimientos del cliente. Además de eso, tiene la responsabilidad de identificar y conformar el equipo de diseño de acuerdo al tipo de proyecto.

Por otro lado, se pudo apreciar mediante la revisión documental que los diseños elaborados por Dique Consultoría S.A.S siguen una serie de pasos que se consideran importante a la hora de realizar cualquier diseño de ingeniería. Estos pasos están dados de la siguiente manera:

- ✓ Definición del proyecto
- ✓ Recopilación de la información
- ✓ Revisión de antecedentes
- ✓ Visita de campo
- ✓ Estudios del proyecto



- ✓ Elaboración del diseño
- ✓ Revisión del diseño
- ✓ Diseño final

La definición del proyecto la realizan con la finalidad de obtener una visión amplia de lo que el cliente realmente quiere con el proyecto. Seguidamente hacen una recopilación de información que busca principalmente soportar el proyecto. Luego, proceden a una revisión de antecedente seguido de una visita de campo la cual realizan para obtener información sobre las características generales del área del proyecto. Posteriormente, hacen unos estudios del proyecto que consideran fundamental para la elaboración del diseño. Y, por último, la revisión la cual tiene como finalidad verificar que el diseño cumpla con los requerimientos establecidos y a su vez identificar los posibles errores que se pudieron haber cometidos durante el desarrollo de los procesos de diseño. De haber errores en el diseño se realiza una reunión con todos los miembros del equipo multidisciplinario para tomar las medidas necesarias para la corrección del mismo.



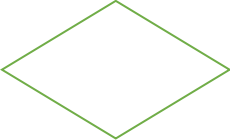


***Falencias de la empresa en el proceso de diseño de los proyectos de ingeniería:***

- No cuentan con un prototipo de diseño
- No utilizan metodologías de buenas practicas
- No involucran al personal constructivo en la etapa de diseño

**4.2 Simbología utilizada en los Diagramas de flujo o flujogramas**

Tabla 1.

*Simbología utilizada en diagramas de flujo*

| SIMBOLOGÍA UTILIZADA EN LOS DIAGRAMAS DE FLUJO                                      |   |
|---|---|
| SÍMBOLO   | EXPLICACIÓN   |
|    | Este símbolo representa el inicio y el fin del diagrama   |
|    | Este símbolo representa el proceso de piso. En su interior se expresa las asignaciones, operaciones, gestiones, actividades, análisis entre otros |
|    | Este símbolo representa una decisión, una condición o bien una estructura selectiva que cambia el flujo de trabajo.                               |
|    | Este símbolo representa conexión entre paginas diferentes   |
|  | Este símbolo representa la dirección del flujo del diagrama entre las actividades   |

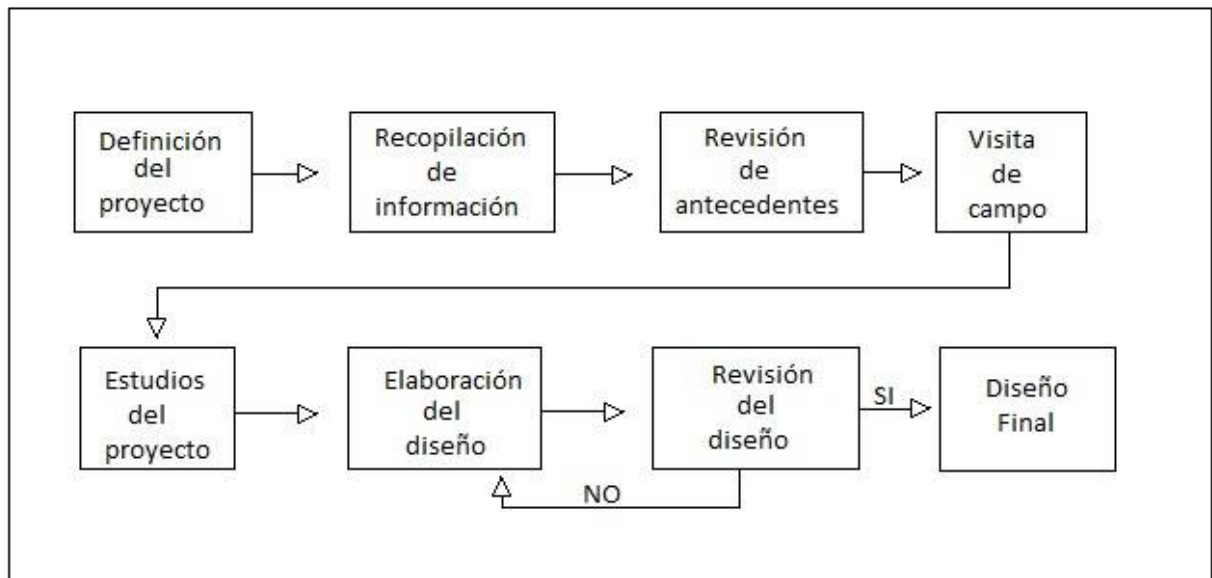
*Nota: Simbología para facilitar el entendimiento de los diagramas de flujo que se muestran a continuación. Por D. González y J. Cerpa, 2017.*

**4.3 Procesos para la definición de los proyectos de ingeniería de la empresa bajo la filosofía**

***Lean***

Según los resultados obtenidos del diagnóstico de la empresa, se pudo evidenciar que actualmente siguen unos pasos o procesos para sus diseños. Estos procesos están dados de la siguiente manera:

Figura 6.



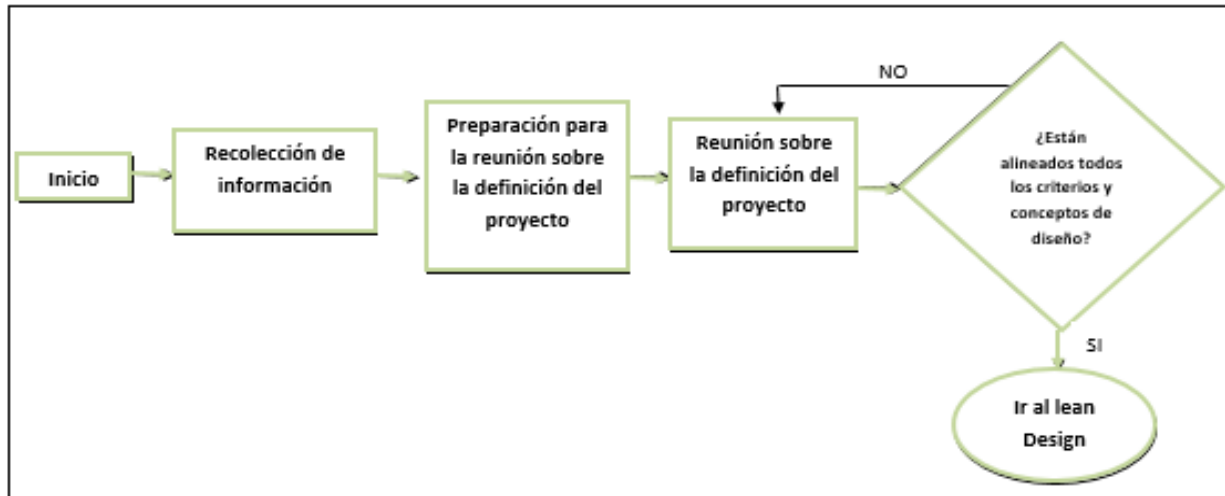
*Nota: Procesos de diseño de la empresa Dique Consultoría S.A.S. Por D. González y J. Cerpa, 2017*

En la figura 7. Se puede apreciar que la empresa cuenta con un solo flujograma de procesos en donde incluye los procesos de definición y diseño, a diferencia del Lean que cuenta con un flujograma para cada uno como se muestra más adelante.

Para la empresa la recopilación de información, la revisión de antecedentes, las visitas de campo y los estudios del proyecto son procesos que realizan para el diseño de cualquier proyecto de Ingeniería.

Como se mencionó anteriormente, el Lean en su fase de definición de proyecto propone un flujograma de procesos como se muestra en la siguiente figura:

Figura 7.



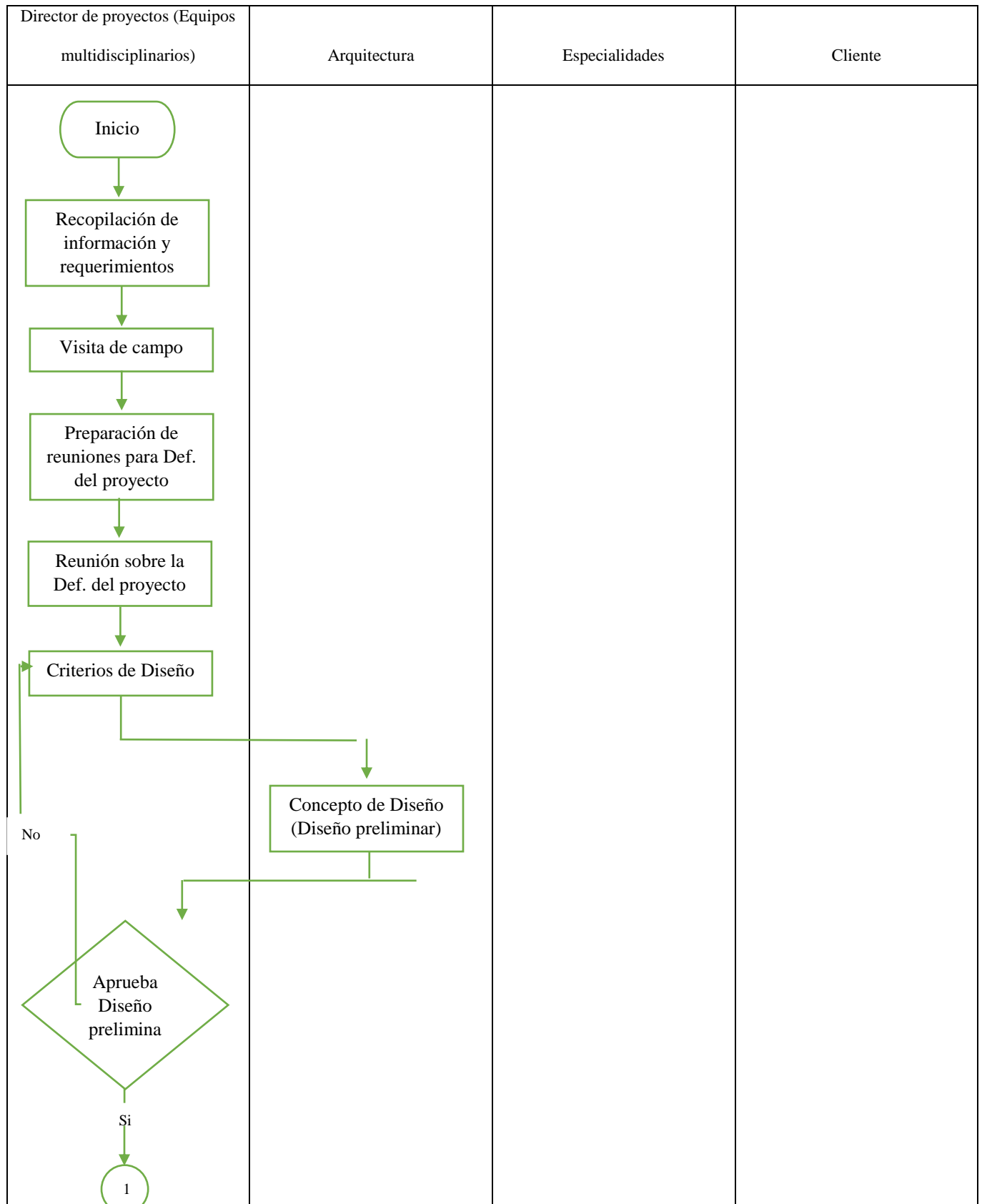
*Nota : Procesos de la definición del proyecto Lean. Por Ballard y Zabelle, 2000.*

Estos procesos permiten definir cualquier proyecto de manera organizada, con el fin de identificar todos los factores claves para prevenir o minimizar los errores que se puedan presentar en la etapa de diseño debido al mal concepto de diseño del proyecto.

Es importante destacar que el concepto de diseño tiene en cuenta las necesidades y valores del cliente o inversionista y los criterios de diseño.

Teniendo en cuenta los procesos de diseño de la empresa y los procesos de la definición del proyecto según el Lean. Se crea un nuevo flujograma de procesos para la definición de los proyectos de ingeniería de la empresa bajo la filosofía Lean como se muestra a continuación:

Figura 9.



Nota : Procesos de Definición de proyecto de la empresa bajo la filosofía Lean. Por D. González y J. Cerpa, 2017

Con este flujograma de procesos se busca que la empresa Dique Consultoría S.A.S defina de forma clara y detallada el proyecto de ingeniería que vaya a trabajar en su momento.

Actualmente, como se apreció en la figura 7, la empresa cuenta con sus propios procesos para definir y diseñar los proyectos de ingeniería. Sin embargo, consideramos que al fusionar los procesos de la empresa con los procesos propuestos por el Lean se logra una visión más amplia de la definición del proyecto debido a que la filosofía proporciona ciertos parámetros, ya estructurados, que ayudan a conocer de forma clara, concisa y detallada las necesidades de los clientes, las restricciones del proyecto y a su vez elaborar un buen concepto de diseño que sirva como base fundamental a la hora de diseñar.

Si se tiene un proyecto bien definido la probabilidad de que existan errores durante la elaboración del diseño puede ser nula porque un diseño bien diseñado se deriva de un proyecto bien definido; lo que ayuda a disminuir sobrecostos.

La empresa puede seguir trabajando con sus procesos y seguir llevando sus proyectos de forma exitosa. Pero al contar con una filosofía que tiene parámetros estructurados hará más fácil el trabajo, y si ahorra tiempo ahorra costos.

A continuación se definen los procesos del flujograma propuesto en la figura 9:

**Inicio:** En este primer proceso se definen las necesidades y valores del cliente junto con el equipo del proyecto; Teniendo en cuenta que la filosofía *Lean* propone que este equipo debe ser multidisciplinario, lo que significa que debe estar compuesto por diversos especialistas, con el fin de intercambiar ideas y alternativas generando valor para nuestro cliente final.

Según Vásquez (2006) La característica de ser multidisciplinario lo acerca a la definición de un equipo de alto desempeño.

*Consideraciones a tener en cuenta para formar el equipo del proyecto:*

- Identificación de posibles problemas entre los integrantes del equipo y el líder
- Identificación de posibles problemas entre los integrantes del equipo
- Definición de responsabilidad y compromiso de los miembros del equipo.

Estos posibles problemas pueden estar dados por la dificultad que pueden tener los integrantes o miembros en comunicarse debido a la falta de afinidad o ausencia de confianza. También por la presencia de problemas personales que afecten el rendimiento del equipo.

Por otro lado, al definir las responsabilidades y los compromisos de cada miembro o integrante del equipo se evitará posibles problemas durante el desarrollo del proyecto. Puesto que desde el inicio el integrante conoce el objetivo del proyecto, asume sus responsabilidades y se compromete a cumplirlas.

Es necesario que las responsabilidades y compromisos de cada integrante sea conocida por todos los miembros del equipo para que cada uno tenga claro cuál es su función sin obstruir las funciones de los demás.

En el equipo debe haber un coordinador del proyecto quien será la persona responsable de organizar las reuniones, liderarlas, escuchar las opiniones de cada miembro y llegar a acuerdos para lograr con el objetivo de la fase de definición del proyecto la cual consiste en alinear todos los propósitos, criterios y diseño del proyecto en una sola dirección.

***Recopilación de información:*** En este proceso se debe:

- Extraer las lecciones aprendidas de los proyectos anteriores que se realizan a través de las evaluaciones Post-Ocupación
- Identificar los requerimientos de los involucrados y del proyecto

- Recopilar información sobre los recursos y montarlos en una base de datos donde todos los involucrados del proyecto tengan acceso a ella.
- Crear un perfil del cliente final.

#### *Evaluación Post-Ocupación*

Es una evaluación del proceso de entrega de un proyecto a través de una medición y una serie de preguntas con el fin de llegar a conclusiones importantes que sirvan para mejorar la calidad del proyecto en general.

Este tipo de evaluación servirá como un mecanismo de retroalimentación y mejora continua para los nuevos proyectos de ingeniería que la empresa Dique Consultoría S.A.S desee estudiar y diseñar con el objetivo de maximizar el valor del cliente.

#### *Requerimientos de los involucrados y del Proyecto*

- Requerimientos de los involucrados:

Los requerimientos de los involucrados son identificados por el coordinador del proyecto quien es la persona responsable de plantear de forma clara los objetivos y el alcance del proyecto.

Estos requerimientos representan la finalidad que cada involucrado quiere lograr con el proyecto, los cuales se le plantean al coordinado con el fin de definir de manera clara los objetivos y el alcance de este. Una vez definido los objetivos del proyecto el coordinador debe comunicárselo a el equipo de trabajo para enfocarlos en una misma dirección y así evitar inconvenientes futuros con respecto a cómo cada uno ve el proyecto.



➤ **Requerimientos del proyecto**

Los requerimientos del proyecto están representados por todos aquellos permisos, normativas, reglamentos y demás que son necesario para llevar a cabo el proyecto.

*Bases de datos*

A la hora de definir el proyecto es fundamental contar con una base de datos en la cual se cuente con información necesaria para llevar a cabo el proyecto. Este tipo de información puede ser catálogos de materiales, proveedores, normas, reglamentos, entre otros.

*Perfil del cliente final*

Se debe elaborar un perfil del cliente final (como se muestra más adelante en la matriz de necesidades y valores del inversionista) en el cual se establezcan las necesidades y los valores de este para lograr desarrollar de mejor forma los criterios y conceptos de diseño.

**Visita de campo:** En este proceso los ingenieros involucrados en realizar el estudio y el diseño del proyecto deben dirigirse al lugar para obtener información sobre las condiciones y características del sitio o área donde se llevará a cabo la ejecución del proyecto.

**Preparación para la reunión sobre la definición del proyecto:** Antes de realizar la reunión sobre la definición del proyecto es importante que primero se prepare a través de un plan de trabajo. Este plan de trabajo es diseñado por el coordinador del proyecto junto con los demás involucrados. Una vez obtenido el plan de trabajo se procede a realizar las reuniones de definición de proyecto la cual consiste en desarrollar los criterios y definir los conceptos de diseño. Esta reunión es dirigida por el coordinador del proyecto quien según la filosofía Lean debe tener en cuenta tres puntos fundamentales e importantes como lo son: informar, debatir y llegar a acuerdos.

**Reunión sobre la definición del proyecto:** “en estas reuniones todos los conceptos y criterios de diseño de los diferentes miembros del equipo son presentados y puestos finalmente en consenso” (Vásquez, 2006, p. 54).

**Criterios de diseño:** en este proceso son alineados todos los criterios de diseño para que el arquitecto pueda realizar el diseño preliminar el cual debe ser aprobado por el director del proyecto, quien es la persona encargada de dar paso al Diseño “Lean”.

**Concepto de Diseño:** consiste en la elaboración del Diseño preliminar que puede ser un anteproyecto o esquema.

Este diseño preliminar se le debe presentar al coordinador del proyecto quien es la persona encargada de revisar si realmente se encuentran alineados los criterios y conceptos de diseño para dar paso al Diseño “Lean”. En caso de no estar alineados se debe estudiar y analizar los criterios de Diseño.

#### **4.4 Aplicación de herramientas para la definición de los proyectos de ingeniería de la empresa bajo la filosofía *Lean***

Como ya es sabido la etapa de definición del proyecto es fundamental para llevar a cabo cualquier diseño de ingeniería, es por ello que es necesario aplicar herramientas que faciliten la definición del proyecto.

Las herramientas que se emplean a continuación consisten en identificar los factores que influyen en la etapa de definición de cualquier proyecto de ingeniería que la empresa desee emprender bajo la filosofía *Lean* con el fin de conocer todas aquellas necesidades y valores de los clientes y definir el concepto y criterio de diseño.

Antes de comenzar a desarrollar las herramientas es importante tener en cuenta que algunos ejemplos de aplicación estarán basados en el proyecto “Diseño Hidráulico para el Drenaje del Patio de Coque” desarrollado por la empresa Dique Consultoría S.A.S.

Tabla 2  
*Herramientas para la Definición del Proyecto Lean*

| No. | HERRAMIENTAS                                      | FUENTE                     |
|-----|---|----------------------------|
| 1   | MATRIZ DE SELECCIÓN DEL EQUIPO DE DISEÑO          | Pablo Orihuela et al. 2011 |
| 2   | CUADERNO DE DISEÑO                                | Pablo Orihuela et al. 2011 |
| 3   | MATRIZ DE NECESIDADES Y VALORES DEL INVERSIONISTA | Pablo Orihuela et al. 2011 |
| 4   | MATRIZ DE NECESIDADES Y VALORES DEL USUARIO FINAL | Pablo Orihuela et al. 2011 |
| 5   | BASE DE DATOS Y REPOSITORIOS                      | Google Chrome              |
| 6   | MATRIZ DE ALINEACIÓN DE PROPOSITOS                | Pablo Orihuela et al. 2011 |
| 7   | DESPLIEGUE DE LA FUNCIÓN DE CALIDAD (QFD)         | Yoji Akao 1978             |

*Nota:* Herramientas propuestas por varios autores y de gran ayudan para definir cualquier proyecto bajo la filosofía. Por Castillo, 2014.

❖ **Herramienta 1. Matriz de selección del equipo de Diseño**

Esta matriz tiene como función facilitar la selección del personal para el equipo de diseño descartando de tal forma que no solamente se tenga en cuenta el perfil profesional sino también las características que benefician a los proyectos, tales como: la experiencia laboral, el conocimiento, la disponibilidad, la flexibilidad, entre otros. A esta matriz se la da una valoración

analítica representada en los puntajes que obtenga cada persona en las características planteadas y de esta forma poder seleccionar el personal adecuado para el proyecto.

*Ejemplo de aplicación:*

Antes de realizar el ejemplo es importante mencionar que los honorarios profesionales son valores propuestos por los autores de este trabajo a manera ilustrativa para la realización de la matriz.

Se requiere un ingeniero hidráulico para el proyecto “Diseño Hidráulico para el Drenaje del Patio de Coque”. Para esto es necesario realizar la siguiente matriz.

Figura 10.

| Especialidad         | Nombre        | Honorarios Profesionales | Criterios de selección |             |                |        |              |                   | Puntaje Total | Selección |
|----------------------|---------------|--------------------------|------------------------|-------------|----------------|--------|--------------|-------------------|---------------|-----------|
|                      |               |                          | Conocimiento           | Experiencia | Disponibilidad | Imagen | Flexibilidad | Tiempo de entrega |               |           |
|                      |               |                          | 4                      | 5           | 3              | 1      | 2            | 5                 |               |           |
|                      |               |                          | Desempeño              |             |                |        |              |                   |               |           |
| Ingeniero Hidráulico | Ingeniero I   | \$1.800.000              | 4                      | 2           | 4              | 1      | 2            | 3                 | 58            |           |
|                      | Ingeniero II  | \$1.700.000              | 2                      | 4           | 1              | 2      | 3            | 5                 | 64            |           |
|                      | Ingeniero III | \$1.800.000              | 5                      | 3           | 5              | 1      | 3            | 4                 | 77            | ok        |

*Nota : Matriz de selección del equipo de Diseño basada en la matriz propuesta por Pablo Orihuela. Por D. González y J. Cerpa, 2017.*

En la matriz se observa que la experiencia laboral, el tiempo de entrega y el conocimiento son los criterios más importantes para seleccionar el equipo de Diseño del proyecto.

El ingeniero hidráulico, en este caso, es seleccionado de acuerdo a la ponderación de las características como profesional, y estas están reflejadas en un puntaje total que es obtenido de la siguiente forma:

$$Puntaje\ Total = (4 \times 5) + (5 \times 3) + (3 \times 5) + (1 \times 1) + (2 \times 3) + (5 \times 4) = 77$$


Según el puntaje total obtenido de los profesionales aspirantes, como se muestra en la matriz, el ingeniero hidráulico adecuado para el proyecto “Diseño Hidráulico para el Drenaje del Patio de Coque” es el ingeniero III debido a que este obtuvo un puntaje mayor en comparación a los demás aspirantes.

❖ **Herramienta 2. Cuaderno de Diseño**

Este cuaderno permite mantener la comunicación activa del equipo de Diseño. Además, busca que los entregables del proyecto sean de fácil acceso para todos los miembros. Por medio de esta herramienta también se podrán solucionar dudas e inquietudes y actualizar información.

*Ejemplo de aplicación:*

Figura 11.

| Item | De       | Para     | Fecha      | Asunto                  | Descripción  | Archivo   | Respuesta                |
|------|----------|----------|------------|-------------------------|--|---|--------------------------|
| 3    | Ing. III | Ing. II  | 4/06/2016  | Estudio hidraulico      | Adjunto Informe estudio hidraulico (favor revisar)               |  | <input type="checkbox"/> |
| 2    | Ing. II  | Ing. III | 12/07/2016 | Cronograma              | Favor enviar el cronograma de proyecto lo mas rapido posible.    |  | <input type="checkbox"/> |
| 1    | Ing. III | Todos    | 15/07/2016 | Especificacion tecnicas | Adjunto Las especificaciones tecnicas del proyecto. (importante) |  | <input type="checkbox"/> |

*Nota : Cuaderno de Diseño basado en el cuaderno de Diseño propuesto por Pablo Orihuela. Por D. González y J. Cerpa, 2017*

En el cuaderno de diseño que se muestra en la figura 11 se puede visualizar que los miembros del equipo suben información útil del proyecto. Además de eso, se busca evitar pérdidas de información.

❖ **Herramienta 3. Matriz de necesidades y valores del inversionista**

Es fundamental para la fase de definición del proyecto conocer cuáles son las necesidades del inversionista o cliente. Para esto Pablo Orihuela et al. 2011, propone una matriz en la cual considera como principales necesidades del inversionista la rentabilidad del proyecto y la imagen que podría proyectar por su inversión.

A continuación, se muestra la matriz propuesta por Pablo Orihuela et al. 2011

**Figura 12.**

|               | Necesidades y valores | Indicador                   | Métrica      | Ponderación (1 a 5) |
|---------------|-----------------------|-----------------------------|--------------|---------------------|
| INVERSIONISTA | Rentabilidad          | Fondos                      | \$2.000.000  | 5                   |
|               |                       | Plazo de inversión          | 18 meses     |                     |
|               |                       | Tasa de Rentabilidad mínima | 18%          |                     |
|               |                       | Utilidad mínima             | \$15.000.000 |                     |
|               |                       | Nivel de Riesgo             | Tolerable    |                     |
|               |                       | Margen mínimo               | 15%          |                     |
|               | Imagen                | Posicionamiento             | No           | 3                   |
|               |                       | Responsabilidad social      | Si           |                     |
|               |                       | Reputación                  | Si           |                     |

*Nota: Matriz de necesidades y valores del inversionista. Por P. Orihuela et al., 2011*

En la matriz mostrada en la figura 12. Se observa las necesidades del inversionista que para este caso están dadas por la rentabilidad y la imagen, los indicadores para cada una de las necesidades y la métrica (medida). Por último, se establece una ponderación donde se nota que la rentabilidad es lo más importante para este inversionista.

Se puede resaltar de la matriz que el inversionista desea invertir \$ 2.000.000 y que desea una tasa de rentabilidad mínima del 18%. En cuanto a su imagen desea una buena reputación y posee una responsabilidad social.

Según Castillo (2014) el equipo de diseño podría introducir los datos de rentabilidad de la matriz durante la realización del flujo de caja del proyecto.

Esta matriz que nos propone Pablo Orihuela et al. 2011, puede ser utilizada como modelo para cualquier proyecto de ingeniería que la empresa Dique Consultoría S.A.S desee emprender.

Para el caso del proyecto “Diseño Hidráulico para el Drenaje del Patio de Coque” no se logró identificar ciertos parámetros del usuario final por lo que se hace complicado realizar el ejemplo de aplicación. Pero es importante que en los otros proyectos se considere útil esta herramienta para llevar a cabo sus diseños.

#### ❖ **Herramienta 4. Matriz de necesidades y valores del usuario final**

Al igual que en la matriz anterior Pablo Orihuela et al. 2011, también propone una matriz para las necesidades del usuario final. Esta matriz divide las necesidades del usuario final en cinco partes:

- Precio
- Confort
- Estética
- Seguridad
- Garantía

A continuación, se muestra la matriz:

**Figura 13.**

|                     | Necesidades y valores | Indicador               | Métrica               | Ponderación (1 a 5) |
|---------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------|
| USUARIO FINAL       | Precio                | Precio de compra        | \$90.000.000          | 4                   |
|                     |                       | Financiamiento          | 40-60%                |                     |
|                     | Confort               | Zona                    | Tranquila             | 5                   |
|                     |                       | Vista                   | Hacia el exterior     |                     |
|                     |                       | Iluminación             | Buena                 |                     |
|                     |                       | Ventilación             | Buena                 |                     |
|                     |                       | Aislamiento Acustico    | Mediano               |                     |
|                     |                       | Baños/ Cocinas Acabados | Mediano               |                     |
|                     |                       | Área                    | 65 a 80 m2            |                     |
|                     |                       | N° de Dormitorios       | 3                     |                     |
|                     | Estética              | Estetica exterior       | Exterior de ladrillos | 3                   |
|                     |                       | Extetica interior       | Enchapado/Empapelado  |                     |
|                     |                       | Baños/ Cocinas Acabados | Estandar              |                     |
|                     | Seguridad             | Diseño estructural      | Verificable           | 4                   |
|                     |                       | Material                | Marcas de garantía    |                     |
|                     |                       | Proceso constructivo    | Controles de garantía |                     |
|                     | Garantía              | Soporte                 | Todo el tiempo        | 3                   |
| Servicio Post-Venta |                       | Rápido                  |                       |                     |

*Nota : Matriz de necesidades y valores del usuario final. Por P. Orihuela et al. 2011.*

Se puede observar en la matriz de necesidades del usuario final que a esta también se le da una ponderación la cual nos permite conocer cuáles son las necesidades más importantes para el cliente.

El ejemplo de la matriz está enfocado en un usuario final de un apartamento de un edificio residencial en donde se puede observar que el cliente está dispuesto a pagar \$ 90.000.000 por el apartamento si este cumple con un área de 65 a 80 m2 y además de eso tiene 3 dormitorios. También observamos que, para el usuario final, en este caso, el Confort, el Precio y la seguridad es lo más importante dentro de sus necesidades.



Este tipo de matriz puede ser utilizada como una herramienta útil a la hora de definir el proyecto, puesto que nos ayuda a conocer que es lo que realmente desea el usuario final que al fin y al cabo será la persona encargada de disfrutar del proyecto.

Es importante tener en cuenta que este tipo de herramienta no solo se debe utilizar en proyectos de vivienda, sino que también puede ser utilizada en cualquier proyecto de ingeniería puesto que todo proyecto tiene un usuario final. Obviamente dependiendo del proyecto las necesidades y los indicadores varían.

Para el caso del proyecto “Diseño Hidráulico para el Drenaje del Patio de Coque” la empresa no tuvo contacto con el usuario final por lo que se hace complicado realizar el ejemplo de aplicación. Pero es importante que en los otros proyectos se considere útil esta herramienta para llevar a cabo sus diseños.

#### ❖ **Herramienta 5. Bases de datos y repositorios**

Es una herramienta que está al alcance de todos los miembros del equipo de diseño. En esta base de datos los miembros tendrán acceso a información sobre los proveedores, herramientas y materiales con el fin de tener una gran alternativa de recursos. Además de eso, también encontrarán los reglamentos, las leyes y las normas por las cuales se rige el proyecto las cuales servirá para su desarrollo.

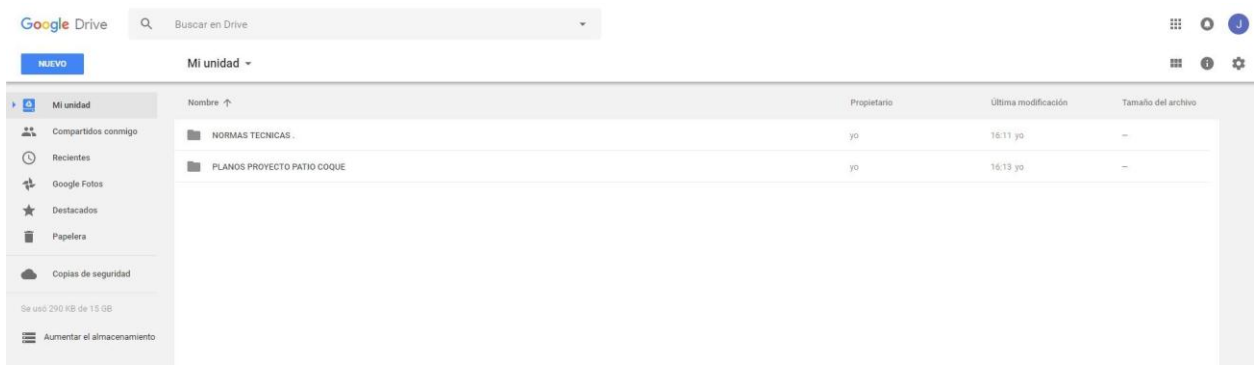
Es importante que la base de datos se actualice constantemente y que se suba información relevante para el proyecto dando de esta forma mayor libertad de elección y trabajo.

*Ejemplo de aplicación:*

Para este caso se utilizará la base de datos de Google Drive ya que es muy sencilla y fácil de utilizar. A continuación, se mostrará un ejemplo de cómo utilizarla para el proyecto “Diseño Hidráulico para el Drenaje del Patio de Coque”.

Para utilizar esta herramienta los miembros del equipo de diseño tendrán que tener una cuenta de correo electrónico de Gmail la cual permita su acceso.

Figura 14



*Nota: . Base de Datos Google Drive*

Una vez que estén en la base de datos podrán crear carpetas y subir archivos con el fin de facilitar el desarrollo del proyecto.

Figura 15.






*Nota : Carpeta nueva (Google Drive)*

Se crea la nueva carpeta que para este ejemplo tendrá las normas técnicas colombianas para llevar a cabo el proyecto.

Figura 16.

Mi unidad > NORMAS TECNICAS. ▾

| Nombre ↑   | Propietario | Última modificación |
|--|-------------|---------------------|
|  APU DRENAJE PATIO COQUE.xlsx | yo          | 16:14 yo            |
|  NTC 1500 .pdf                | yo          | 16:12 yo            |
|  Ras 2000.pdf                 | yo          | 16:12 yo            |

*Nota: Archivos en línea (Google Drive)*

Una vez los archivos estén en línea se podrán compartir con el equipo del proyecto. A continuación, se muestra cómo hacerlo:

Figura 17



*Nota : Opción de compartir con otros usuarios (Google Drive)*

La empresa Dique Consultoría S.A.S podrá utilizar cualquiera base de datos como la mostrada anteriormente o crear su propia base de datos y vincular al equipo del proyecto.

#### ❖ **Herramienta 6. Matriz de alineación de propósitos**

Es importante tener en cuenta que es necesario para el Diseño Conceptual alinear las necesidades de los clientes (Inversionista y usuario final) con las restricciones del proyecto. para esto Pablo Orihuela et al. 2011 propone una matriz de alineación de propósitos en la cual mediante el resultado final que arroja permite determinar cuál alternativa de diseño conceptual se adecua mejor a las necesidades de los dos clientes.

La matriz funciona de la siguiente forma:

- En la columna izquierda lateral se coloca las necesidades del inversionista y del usuario final y su ponderación
- En la fila superior se colocan las alternativas de solución ya sean dos, tres o cuatro alternativas dependiendo del proyecto
- Se realiza una ponderación de cada alternativa de acuerdo a las necesidades del inversionista y del usuario final. Esta ponderación está dada en el siguiente rango (1-5)
- El resultado final es calculado mediante la multiplicación de la ponderación que los dos clientes (inversionista y usuario final) dan a sus necesidades con la ponderación que cada cliente da a las alternativas de proyecto.

De acuerdo a las necesidades planteadas en las matrices de necesidades del inversionista y del usuario final se elabora la siguiente matriz que propone Pablo Orihuela et al. 2011:

**Figura 18.**

|         | Necesidades y valores        | Valor de ponderación (1 al 5) | Desempeño de los conceptos de Diseño (1 a 5) |               |               |
|---------|------------------------------|-------------------------------|--|---------------|---------------|
|         |                              |                               | Alternativa 1                                | Alternativa 2 | Alternativa 3 |
| DUEÑO   | Rentabilidad                 | 5                             | 2  | 5             | 3             |
|         | Imagen                       | 3                             | 5  | 3             | 4             |
|         | <b>GRADO DE ALINEAMIENTO</b> |                               | <b>25</b>                                    | <b>34</b>     | <b>27</b>     |
| USUARIO | Precio                       | 4                             | 5  | 2             | 3             |
|         | Confort                      | 5                             | 5  | 2             | 4             |
|         | Estética                     | 3                             | 4  | 5             | 3             |
|         | Seguridad                    | 4                             | 5  | 5             | 5             |
|         | Garantía                     | 3                             | 4  | 4             | 4             |
|         | <b>GRADO DE ALINEAMIENTO</b> |                               | <b>89</b>                                    | <b>65</b>     | <b>73</b>     |

*Nota : Matriz de alineación de los propósitos. Por P. Orihuela, 2011.*

En la matriz anterior se observa que el equipo de diseño ha dado tres alternativas de diseño para el proyecto las cuales son analizadas por el inversionista y el usuario final quienes le dan una ponderación del 1 al 5 para cada recuadro que relaciona sus necesidades con las alternativas propuestas.

La decisión es tomada de acuerdo al grado de alineamiento que es calculado de la siguiente forma:

$$\text{Grado de alineamiento} = (5 \times 2) + (3 \times 5) = 25$$

Mediante el puntaje total de cada grado de alineamiento se procede a analizar las alternativas. En la matriz se muestra que:

- Para la alternativa 1 el dueño (inversionista) no es beneficiado con respecto a su rentabilidad. Sin embargo, para el usuario esta alternativa es muy conveniente.

- Para la alternativa 2 se nota que es conveniente para el dueño. Sin embargo, para el usuario ocurre lo contrario debido al precio y al confort.
- Para la alternativa 3 se nota un equilibrio entre las necesidades del dueño y del usuario. Por ende, esta es la alternativa que se debe escoger.

#### ❖ **Herramienta 7. Despliegue de la función de calidad (QFD)**

Esta herramienta de Despliegue de función de calidad fue propuesta por el Dr. Yoji Akao en el año 1978, y lo que busca es traducir lo que el cliente quiere en lo que la empresa debe producir.

Para realizar esta herramienta es necesario tener en cuenta su metodología. Según Castillo (2014) la metodología es la siguiente:

- Realizar un listado con las necesidades del cliente, estas pueden ser extraídas a través de una matriz de necesidades del cliente por medio de cuestionarios, evaluaciones post ocupación, etc.
- Jerarquizar su importancia usando una escala del 1 al 5. En donde los puntajes mayores representan las necesidades del cliente más importantes.
- El equipo de diseño establece los parámetros de diseño (requisitos técnicos) que lograrían satisfacer las demandas del cliente.
- Establecer una correlación de dependencia entre los requisitos técnicos. Esta correlación puede ser de dos tipos (1) de naturaleza complementaria (+) y (2) de naturaleza contraria (-)
- Se genera la matriz de relaciones entre las necesidades del cliente y los parámetros de diseño, utilizando una escala de Saaty 9-3-1, en donde el 9 indica una relación entre el

parámetro de diseño y la necesidad del cliente. El 3 indica una relación menos fuerte y el 1 para una relación débil.

- El resultado final se haya mediante la multiplicación de los valores que el cliente otorga a sus necesidades (1-5) por el valor de relación entre el parámetro de diseño y la necesidad (1,3 o 9).
- Realizar las conclusiones necesarias. (p.31)

*Ejemplo de aplicación:*

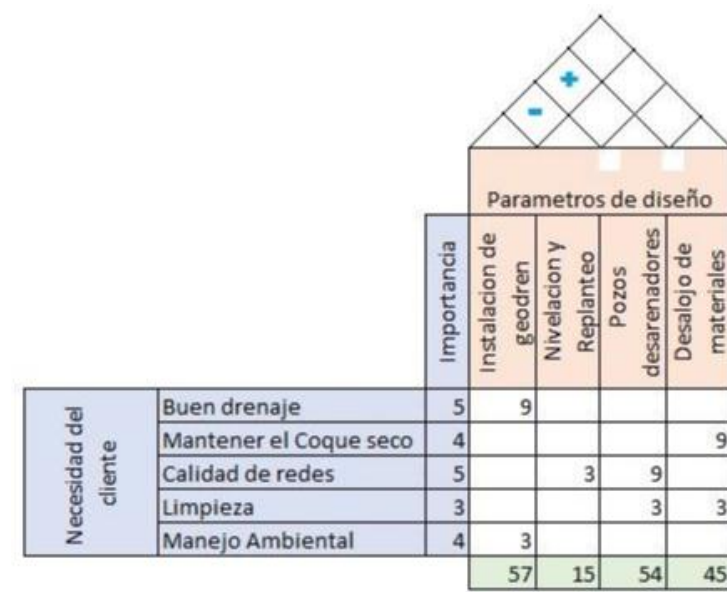
De acuerdo a la metodología, lo primero que se debe realizar es un listado con las necesidades del cliente. Para el caso del proyecto “Diseño Hidráulico para el Drenaje del Patio de Coque” las necesidades del cliente son:

- Buen drenaje
- Mantener el coque seco
- Calidad de redes
- Limpieza
- Buen manejo ambiental.

Luego establecemos los parámetros de diseño. Para este proyecto son:

- Instalación de Geodren
- Nivelación y replanteo
- Posos desarenadores
- Desalojo de materiales

Figura 18



Nota : Despliegue de la función de Calidad basada en el QFD propuesto por el Dr. Yoji Akao. Por Castillo, 2014.

Luego de realizar la herramienta QFD es necesario hacer una evaluación final en la cual se llega a la siguiente conclusión:

- Es importante que se considere en el diseño la instalación de un buen Geodren que garantice mantener el Coque seco mediante un buen drenaje
- Se debe considerar el desalojo de materiales para lograr mantener el Coque limpio.

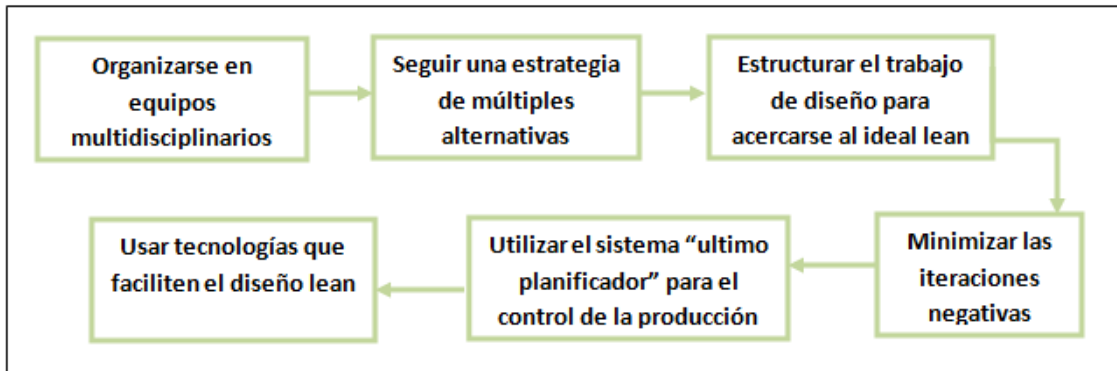
**4.5 Procesos para el Diseño de los proyectos de ingeniería de la empresa bajo la filosofía**

***Lean***

En la figura 7. Se pueden observar los procesos de diseño de la empresa Dique Consultoría S.A.S. A continuación, se muestra los procesos de diseño que propone la filosofía *Lean*:



Figura 18



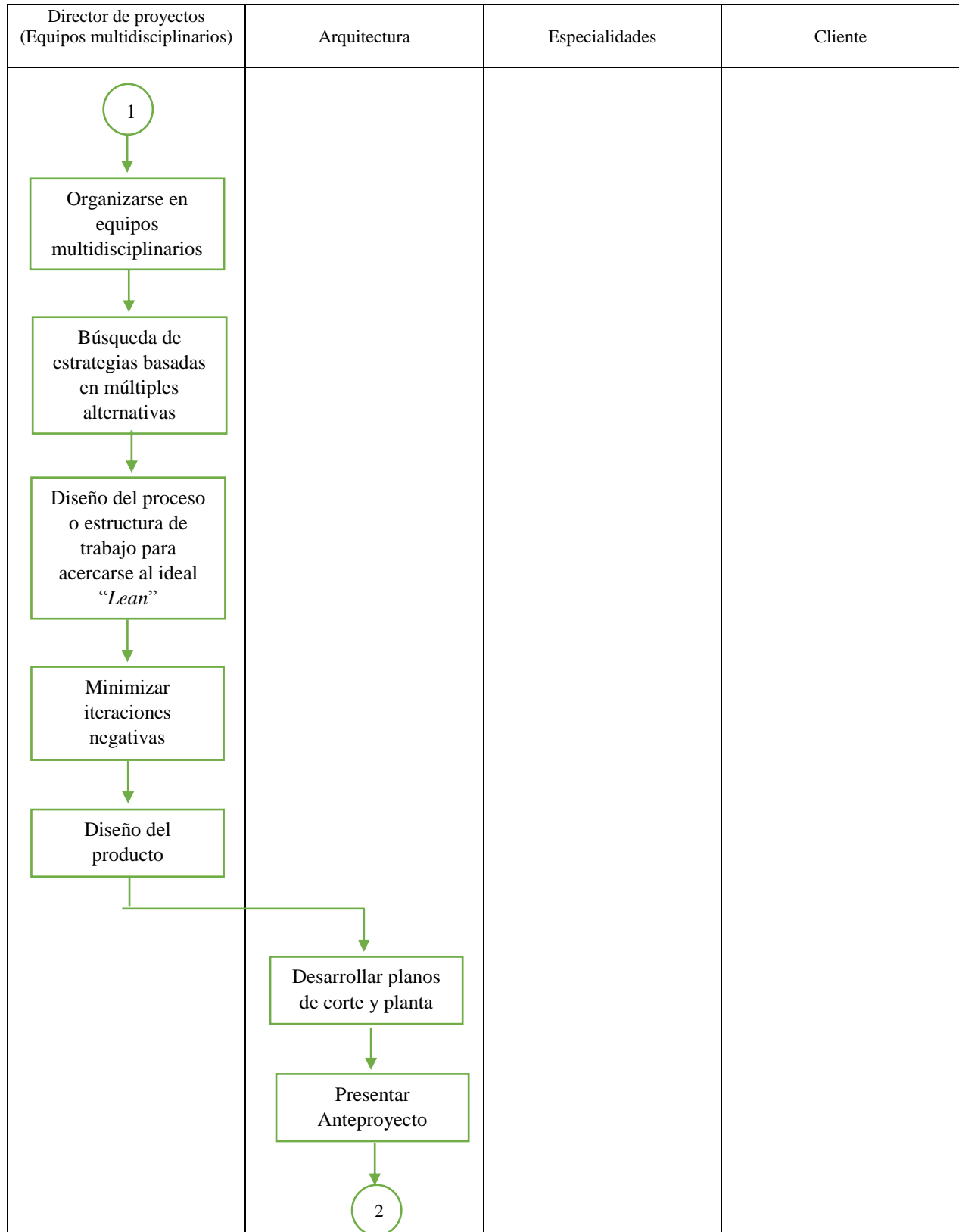
*Nota : Procesos del Diseño Lean, Por Ballard y Zabelle, 2000.*

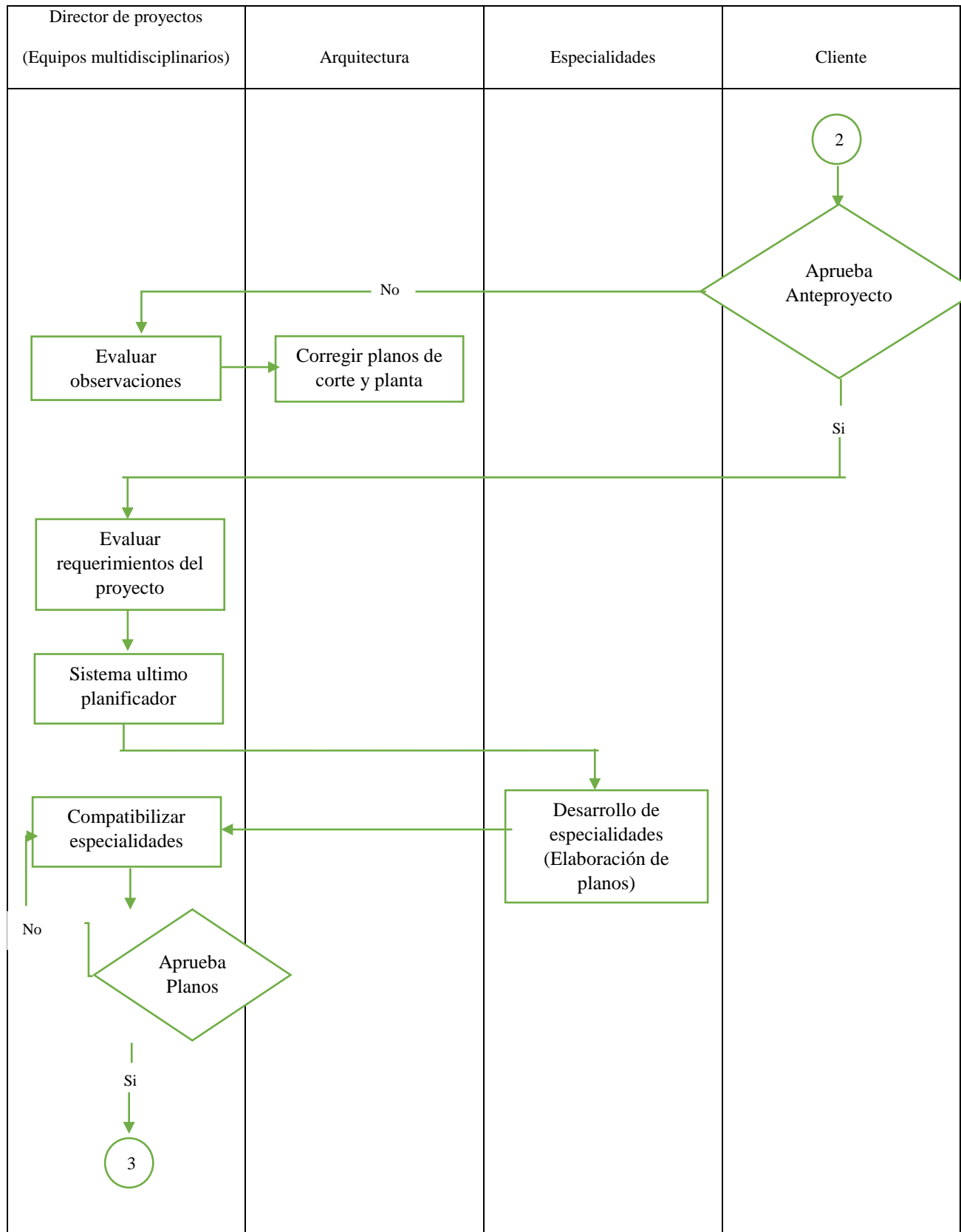
Los procesos mostrados en la figura 19. Permiten Diseñar cualquier proyecto. Pero antes se debe haber definido mediante los procesos mostrados en la figura 8.

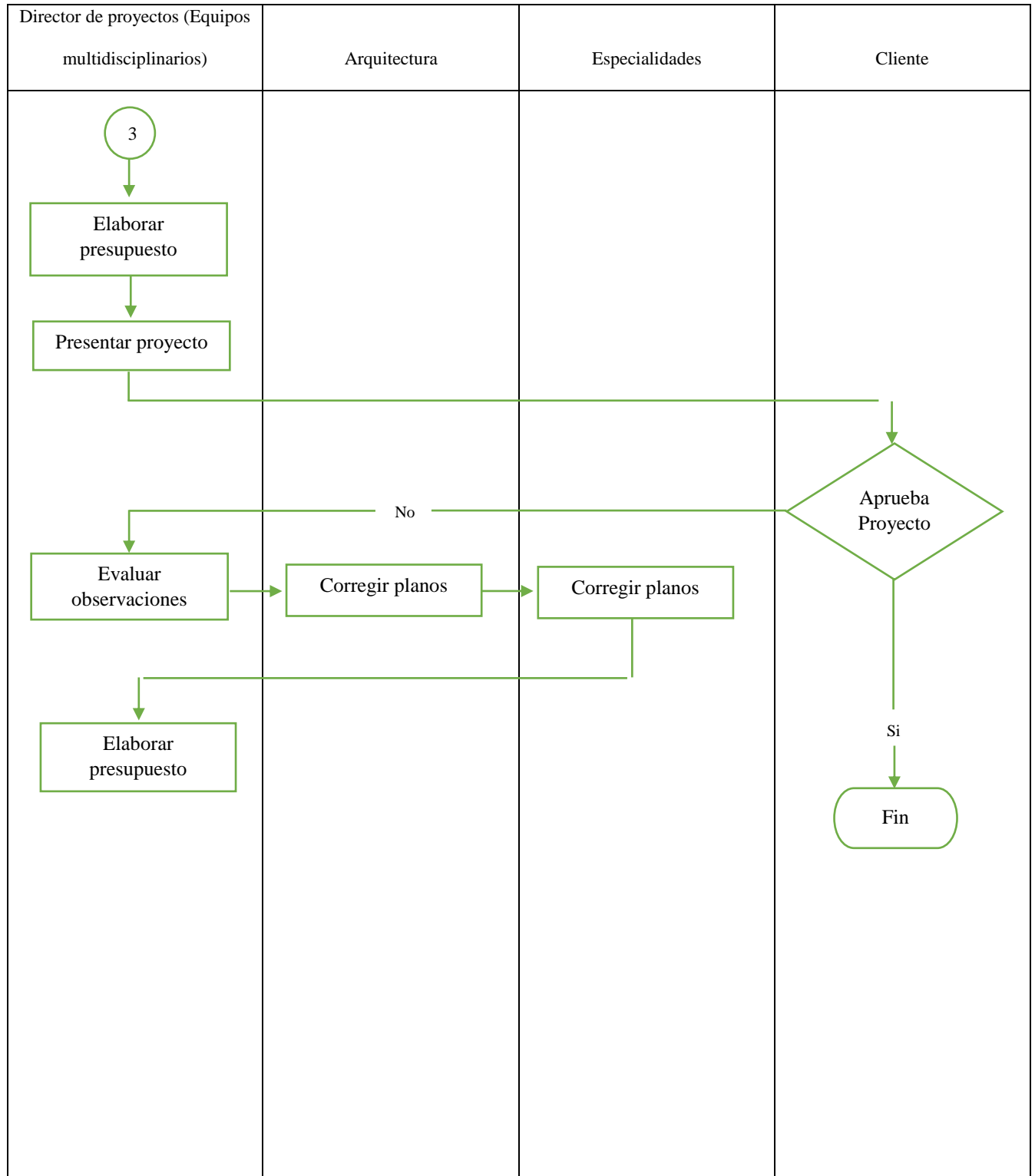
Para el caso de la empresa DIQUE Consultoría S.A.S, los proyectos deben ser definidos por medio de los procesos que se muestra en el grafico 1. Y con la ayuda de las herramientas propuestas por varios autores para la definición del proyecto bajo la filosofía Lean (herramientas 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 descritas anteriormente).

Cabe mencionar que una vez definido el proyecto, se debe dar paso al Diseño del proyecto mediante el flujograma de diseño que se muestran a continuación. Este flujograma propuesto para la empresa está basado en la filosofía “Lean” para Diseño de proyectos

Figura 19







*Nota : Proceso de Diseño de proyecto de la empresa bajo la filosofía Lean (2). Por D. González y J. Cerpa, 2017.*

En las figuras 20, se pueden observar los procesos de diseño propuestos a la empresa. Estos procesos acompañados con los de la definición de proyecto mostrados en el gráfico 1, dan cumplimiento al objetivo general del presente trabajo de grado, el cual es aplicar la filosofía Lean al diseño de los proyectos de ingeniería de la empresa DIQUE Consultoría S.A.S, permitiendo minimizar y prevenir errores durante el desarrollo de los procesos generando de esta manera una disminución significativa en los sobrecostos.

Los errores se minimizan o se previenen porque la filosofía busca analizar detalladamente cada uno de sus procesos creando estrategias de múltiples alternativas, estructurando el trabajo y eliminando todas aquellas iteraciones negativas que afecten el diseño. Además de eso, crea un equipo multidisciplinario en donde se cuenta con la participación activa de todos los involucrados.

Lo anterior se ve reflejado en la disminución de los sobrecostos ya que al aplicar el Lean al diseño de proyectos de ingeniería de la empresa estamos logrando controlar los objetivos de tiempo y costo del proyecto, y la meta de reducir las pérdidas sin disminuir el valor.

A continuación se definen los procesos del flujograma propuesto en la figura 20, 21 y 22:

***Organizarse en equipo multidisciplinario:*** este proceso busca organizar un equipo multidisciplinario, es decir, que el equipo este conformado por todos los involucrados del proyecto con el fin de abarcar en las reuniones todas las áreas involucradas que permitan llevar a cabo el proyecto minimizando errores.

Al igual que en la etapa de definición del proyecto, las reuniones se deben desarrollar con el objetivo de que se escuchen las opiniones de los miembros del equipo y se tomen en conjunto las medidas necesarias.

Cabe mencionar, que este equipo multidisciplinario será el responsable de diseñar el proyecto.

***Búsqueda de estrategias basada en múltiples alternativas:*** Consiste en analizar y estudiar diferentes alternativas antes de tomar una decisión, con la finalidad de que se tome la decisión correcta o la más adecuada para cada caso.

***Diseño del proceso o estructura de trabajo para acercarse al ideal “Lean”:*** Con este proceso se busca que la empresa estructure el trabajo de diseño teniendo en cuenta tres criterios fundamentales del *Lean*, los cuales son: entregar lo que el cliente necesita, entregarlo en la fecha establecida y entregarlo sin pérdidas.

Para esto se debe considerar todas las fases e involucrados del proyecto de tal forma que se pueda optimizar el diseño.

***Minimizar las iteraciones negativas:*** busca minimizar o en lo posible evitar todas aquellas iteraciones que le quitan valor al proyecto, es decir, aquellas que generan pérdidas como las demoras o algunos re-trabajos. A diferencia de las iteraciones positivas que le agregan valor al proyecto.

***Diseño del producto:*** se basa en diseñar el producto teniendo en cuenta todos los componentes que le dan valor al cliente. Aquí, se desarrollan los planos tanto arquitectónicos como el de las especialidades, dependiendo del tipo de proyecto, los cuales deben ser compatibles.

***Usar el sistema de ultimo planificador “Last Planner”:*** este proceso busca la planificación y control de los proyectos de la empresa. Básicamente consiste en que una persona o grupo de

personas realice un trabajo como último nivel de planificación, por lo que las instrucciones serán dirigidas a los actores o responsables directos de la tarea.

En la fase de Diseño el responsable de cumplir con este rol de último planificador es el coordinador del proyecto, el cual se encargará de asignar las respectivas actividades a cada miembro del equipo.

Según Alarcón y Médanos (como se citó en Vásquez, 2006) existen algunas herramientas que ayudan a mejorar el control y la calidad del diseño:

- ❖ **Lista de tareas:** Este documento es usado por cada especialista del proyecto antes de comenzar su trabajo y contiene toda la información proveniente de las otras especialidades para que el especialista no haga suposiciones innecesarias con el fin de terminar su trabajo a tiempo.
- ❖ **Especificaciones de trabajo:** Estos buscan estandarizar la información introduciendo formatos para la identificación de los documentos, para evitar omisiones o malas interpretaciones de la información. Establecen mínimos de información requerida para el diseño de los planos y especificaciones, características técnicas de materiales y aspectos constructivos.
- ❖ **Esquema de planificación del diseño:** Este esquema establece una secuencia lógica para la transferencia de información entre los diferentes especialistas y para los cambios de diseño. Este esquema es la estructura para desarrollar las “listas de tareas” y de esta manera ayudar a los especialistas a obtener toda la información necesaria para iniciar su propio proceso de diseño.

- ❖ **Listas de revisión:** Estas listas son usadas para asegurar que los especialistas cumplan con las “especificaciones de trabajo” y para controlar los parámetros definidos para este propósito.
  
- ❖ **Procedimientos de control de cambios:** Estos procedimientos son diseñados para evaluar en un futuro los impactos de los cambios en el proyecto.

#### **4.6 Herramientas de ayuda para facilitar el Diseño Lean en la empresa**

Al igual que en la fase de definición del proyecto, en esta esta fase de diseño, existen una serie de herramientas que ayudaran a la empresa Dique consultoría S.A.S a diseñar proyectos bajo la filosofía *Lean*. Facilitando el concepto de diseño, el diseño del proceso y el diseño del producto como se muestra a continuación.

Utilizamos algunos ejemplos de aplicación basados en el proyecto “Diseño Hidráulico para el Drenaje del Patio de Coque” desarrollado por la empresa Dique Consultoría S.A.S.



Tabla 3

*Herramienta para el Diseño Lean*

| No. | HERRAMIENTAS                                       | FUENTE   |
|-----|--|--|
| 8   | CUADERNO DE DISEÑO                                 | Pablo Orihuela et al. 2011                           |
| 9   | REPORTE A3   | Toyota   |
| 10  | ESTACIONAMIENTO                                    | Cynthia Tsao et al. 2012                             |
| 11  | DIAGRAMA DE FLUJO -<br>MATRIZ DE RESPONSABILIDADES | Carlos Formoso et al. 1999                           |
| 12  | TABLA DE ENTRADAS Y SALIDAS                        | Carlos Formoso et al. 1999                           |
| 13  | LISTA DE TAREAS                                    | Luis Alarcon et al. 1998                             |
| 14  | LISTA DE CHEQUEOS                                  | Luis Alarcon et al. 1998                             |
| 15  | SOLICITUD DE INFORMACION (RIF)                     | Grupo Internacional de<br>Lean Construction          |
| 16  | CONSTRUCTABILIDAD EN EL DISEÑO                     | Instituto de la industria<br>de la construcción 1986 |

*Nota: Herramientas propuestas por varios autores y de gran ayudan para diseñar cualquier proyecto bajo la filosofía. Por Castillo, 2014.*

❖ **Herramienta 8. Cuaderno de Diseño**

Este cuaderno de diseño es igual al que se presenta en la etapa de definición del proyecto.

❖ **Herramienta 9. Reporte A3**

Los reportes A3 tiene como función registrar el proceso de planear, hacer, verificar, actuar; como una metodología de mejora continua.

En los proyectos de construcción, existe información constantemente que va cambiando cíclicamente por parte de todas las especialidades, equipos, jerarquías y de ida y vuelta todo el

tiempo. El equipo que esté estudiando un determinado problema, necesita comunicarse con los equipos afectados por su estudio, e incorporar su información y dudas en la solución. Los reportes A3 permiten una comunicación extensiva realizada rápidamente y efectivamente, y crea transparencia en el proceso de decisión. Los reportes A3 son breves. Están diseñados para presentar un resumen del aprendizaje adquirido en el proceso de investigación del problema, junto con las recomendaciones respectivas. Las representaciones gráficas del problema pueden eliminar miles de palabras y el tiempo asociado de la explicación. (Castillo, 2014, p. 37)

Existen unos pasos del proceso del reporte A3 y estos están dados por la siguiente tabla:

Figura 20

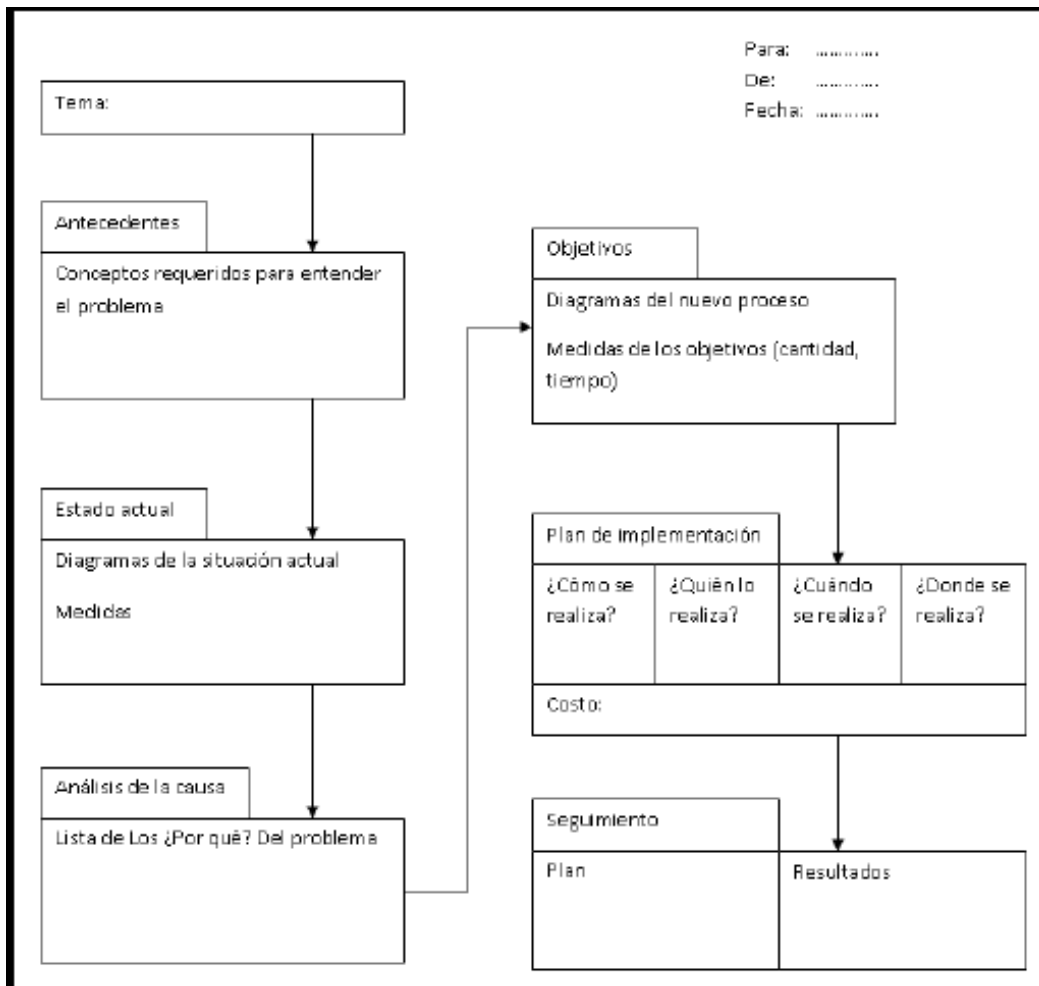
| Pasos del proceso de reportes A3 |   |           |
|----------------------------------|---|-----------|
| Pasos                            | Definición  | Etapa     |
| 0                                | Identificar el problema   | PLAN      |
| 1                                | Realizar investigaciones para entender la situación actual para lo cual se puede observar los procesos de trabajo, realizar diagramas para entender el trabajo realizado, cuantificar el problema y si es posible representar los datos gráficamente. |           |
| 2                                | Analizar la raíz del problema, para lograrlo se podría hacer una lista de los motivos (¿Por qué?) del problema.   |           |
| 3                                | Hallar las acciones que ayuden a solucionar el problema.  |           |
| 4                                | Las acciones darán lugar a nuevas formas de realizar el trabajo, llamado como condición de destino. En el informe A3, la condición de destino debe ser un diagrama que ilustre cómo funciona el nuevo proceso.  |           |
| 5                                | Realizar un plan de implementar el nuevo proceso, lo cual debe incluir una lista de las acciones que se deben seguir para realizar el proceso, así como los responsables de cada tarea, fecha límites y costos.                                       |           |
| 6                                | Hacer un plan de seguimiento que permita asegurar que el plan de implementación se ejecute y logre los resultados esperados.  |           |
| 7                                | Comunicar a todas las partes afectadas por la implementación del nuevo proceso y discutir las soluciones hasta que todos se encuentren de acuerdo.  |           |
| 8                                | Obtener la aprobación del jefe del proyecto para llevar a cabo el plan propuesto, el cual debe verificar que el problema ha sido suficientemente estudiado y que todas las partes afectadas se encuentran de acuerdo con la propuesta.                |           |
| 9                                | Ejecutar el plan de implementación.   | HACER     |
| 10                               | Es importante comparar los resultados obtenidos con los esperados.  | VERIFICAR |
| 11                               | Si existen muchas diferencias en la comparación, se debe hallar la raíz del problema y repetir el plan de implementación hasta que la meta ha sido conseguida.  | ACT       |

Nota Pasos del proceso de reporte A3. Por Castillo, 2014.

*Ejemplo de aplicación:*

El ejemplo de aplicación que se muestra a continuación es citado por Castillo, 2014. Y muestra un esquema de reporte A3 el cual depende del equipo del proyecto.

Figura 21



*Nota : Reporte A3 Universidad estatal de Montana, 2013. Citado por Castillo, 2014.*

❖ **Herramienta 10. Estacionamiento**

Esta herramienta o técnica de trabajo es aplicada en las reuniones del proyecto en donde es normal que ocurran debates que se desvíen del tema principal. Es por ello que es necesario que el

líder del grupo capte estas ideas que no son relevantes para el proyecto y estacione la idea principal.

El líder del grupo está en la obligación de dar a conocer al inicio de la reunión el tema a tratar para que sea de conocimiento de todos los involucrados y de este modo evitar las conversaciones que se alejen del tema principal.

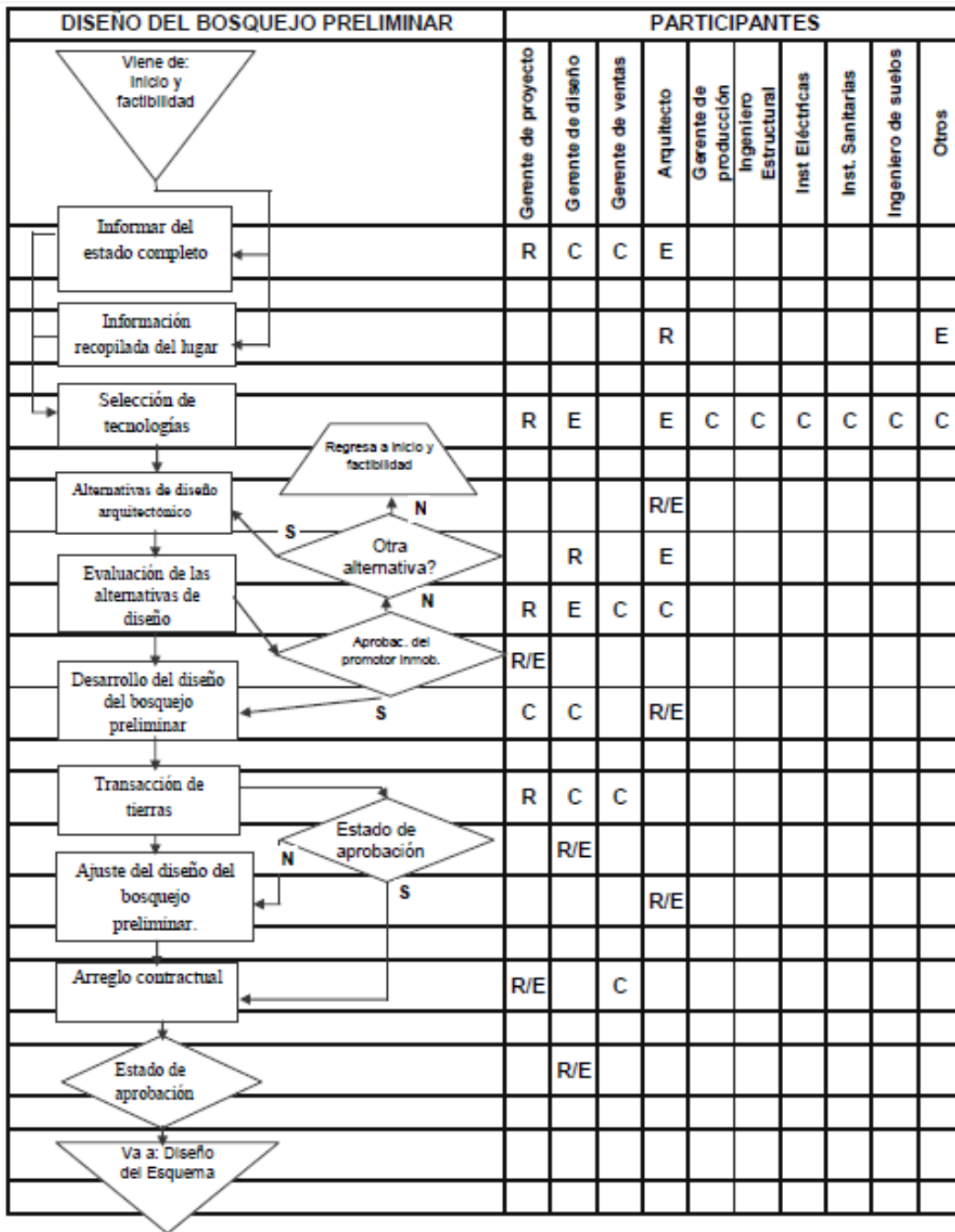
### ❖ **Herramienta 11. Diagrama de flujo – Matriz de responsabilidades**

Este tipo de herramienta propuesta por Carlos Formoso et al. 1999, actúa como un protocolo de diseño en el cual mediante un diagrama de flujo representa el proceso de diseño y los sub-procesos. Además de esto se asigna el grado de responsabilidad de cada involucrado del proyecto y estos son divididos en: responsable (R), ejecutor (E) y cooperador (C).

#### *Ejemplo de aplicación:*

A continuación, se muestra un diagrama de flujo para la etapa del diseño del bosquejo preliminar.

Figura 22



Nota : Diagrama de flujo. Por Formoso (como se citó en castillo, 2014).

❖ **Herramienta 12. Tabla de entradas y salidas**

“Herramienta presentada por Carlos Formoso et al 1999, consiste en una tabla donde se describe las actividades presentadas en el diagrama de flujo. En la entrada se describe los requerimientos que necesita la actividad para ser realizada. En la salida se describe el resultado final de la actividad realizada”. (Castillo, 2014, p. 42)

*Ejemplo de aplicación:*

El ejemplo que se muestra a continuación está basado en el proyecto “Diseño Hidráulico para el Drenaje del Patio de Coque”

Figura 23

| ENTRADAS   | PROCESO                                | SALIDAS  |
|--|--|--|
| Visita a el sitio.<br>Recopilacion de Informacion legal.<br>Antecedentes de proyectos parecidos ejecutados por la empresa.<br>Selección del equipo de diseño . | Especificaciones técnicas del proyecto | Planos del proyecto.<br>Cuaderno de diseño.<br>Estudio hidraulico. |

*Nota : Tabla de entradas y salidas basada en la propuesta por Formoso et al., 1999. Por D. González y J. Cerpa, 2017.*

❖ **Herramienta 13. Lista de tareas**

Luis Alarcón et al 1998 proponen el uso las listas de tareas, usadas por los diseñadores para tener toda la información relacionada a otras especialidades antes de comenzar su trabajo. De esta manera no será necesario realizar suposiciones innecesarias o habrá pérdidas de información inicial del proyecto. (Castillo, 2014, p. 42)

*Ejemplo de aplicación:*

En la imagen 14 se muestra un ejemplo de lista de tarea propuesta por Castillo, 2014

Figura 24

**LISTA DE TAREAS**

"Nombre del proyecto"

Nombre:

Cargo:

Fecha:

| Ítem | Tarea  | Descripción                                     | Fecha                              |
|------|--|---|------------------------------------|
| 1    | Tarea A <ul style="list-style-type: none"> <li>• División 1</li> <li>• División 2</li> </ul> | Descripción breve de lo que se quiere realizar. | Fecha posible de realizar la tarea |
| 2    |  |   |                                    |
| 3    |  |   |                                    |
| 4    |  |   |                                    |
| 5    |  |   |                                    |
| 6    |  |   |                                    |
| 7    |  |   |                                    |

**\*La división de la tarea sólo se realiza si fuese necesario.**

*Nota : Lista de tarea. Por Castillo, 2014.*



❖ **Herramienta 14. Lista de chequeo**

Luis Alarcón et al 1998 proponen el uso de listas de chequeo para asegurar el cumplimiento de las tareas asignadas o que los especialistas cumplan con las especificaciones de trabajo, y para controlar los parámetros definidos. (Castillo, 2014, p. 43)

*Ejemplo de aplicación:*

En la figura 25 se muestra un ejemplo de lista de chequeo propuesta por Castillo, 2014

Figura 25

| <b>LISTA DE CHEQUEO</b> |         |                                    |              |  |
|-------------------------|---------|------------------------------------|--------------|--|
| "Nombre del proyecto"   |         |                                    |              |  |
| Nombre:                 |         |                                    |              |  |
| Cargo:                  |         |                                    |              |  |
| Fecha:                  |         |                                    |              |  |
| Ítem                    | Tarea   | Fecha                              | ¿Se realizó? | Observaciones                              |
| 1                       | Tarea A | Fecha posible de realizar la tarea | Si/No        | Resultado final / motivo de no realización |
| 2                       |         |                                    |              |  |
| 3                       |         |                                    |              |  |
| 4                       |         |                                    |              |  |
| 5                       |         |                                    |              |  |
| 6                       |         |                                    |              |  |
| 7                       |         |                                    |              |  |
| 8                       |         |                                    |              |  |
| 9                       |         |                                    |              |  |
| 10                      |         |                                    |              |  |

. Nota : Lista de Chequeo. Por Castillo, 2014.

**❖ Herramienta 15. Solicitud de información (RFI)**

Solicitud de Información o RFI por sus siglas en inglés (*Request for Information*) es un mecanismo de información formal usado por diferentes autores dentro del Grupo Internacional de la Construcción *Lean* (IGLC) que se utiliza para solicitar información técnica del proyecto al cliente o proyectista. Por lo general, un RFI es usado en casos donde es necesario confirmar la interpretación de un detalle, especificación técnica, pedir información no especificada en el proyecto, entre otros. (Castillo, 2014, p. 44)

*Ejemplo de aplicación:*

El ejemplo de aplicación es propuesto por Castillo, 2014

Figura 26

| <b>SOLICITUD DE INFORMACIÓN (RFI)</b>   |  |
|---|--|
| Nombre del Proyecto:  | Nº Correlativo:  |
| Ubicación:  | Fecha:   |
| FECHA:  | _____  |
| SOLICITANTE:  | _____  |
| PARA:   | _____  |
| DOCUMENTOS REF.   | _____  |
| DESCRIPCIÓN DE LA CONSULTA:   |  |
| SOLUCIONES RECOMENDADAS:  | <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; width: fit-content;">                     Área del solicitante, se describe la consulta. Junto con el RFI se puede adjuntar un plan o esquema de la                 </div> |
| ADJUNTOS:   |  |
| Genera impacto en <input type="checkbox"/> Plazo <input type="checkbox"/> Costo                                 |  |
| Marcar UNO <input type="checkbox"/> Crítico <input type="checkbox"/> Importante <input type="checkbox"/> Rutina |  |
| FECHA REQUERIDA DE RESPUESTA: _____   | FIRMA DEL SOLICITANTE: _____   |
| RESPUESTA DEL CLIENTE / SUPERVISOR: <input type="checkbox"/> Procede <input type="checkbox"/> Rechazado         |  |
| RESPONDIDA POR: _____   | FECHA: _____   |
| OBSERVACIONES:  |  |

*Nota : Solicitud de información (RIF). Por Castillo, 2014.*

❖ **Herramienta 16. Constructabilidad en el Diseño**

Anteriormente se definió Constructabilidad como “El uso óptimo del conocimiento y experiencia de construcción en la planificación, en el diseño, en las adquisiciones y en el manejo de las operaciones de construcción”.

Según Orihuela (como se citó en Castillo, 2014) las más grandes oportunidades de mejorar la productividad de una obra, no se dan durante la etapa de construcción, es un primer paradigma que hay que romper; estas oportunidades se dan mucho antes, en la etapa de diseño, en la etapa de planificación y más importante aún en las etapas de anteproyecto y factibilidad.

“El concepto de Constructabilidad permite realizar un óptimo diseño simultáneo del proceso y del producto” (Castillo, 2014, p. 46).

## **4.7 Técnicas y herramientas de administración profesional de proyectos**

### **4.7.1 Declaración del alcance y creación del EDT.**

El alcance del presente proyecto está determinado mediante los siguientes componentes:

#### ***4.7.1.1 Descripción del alcance.***

El resultado es la estructuración de un proyecto que parte de un plan de trabajo en el cual inicialmente partió de un diagnóstico que permitió conocer cómo se viene desarrollando en la actualidad los diseños de proyecto de la empresa Dique Consultoría S.A.S; posteriormente el análisis de este diagnóstico dio paso a la aplicación de la filosofía *Lean* para el diseño de proyectos de ingeniería de la empresa mediante la realización de una propuesta de flujogramas de procesos que permite definir y diseñar cualquier proyecto de ingeniería que la empresa quiera realizar con la ayuda de herramientas propuestas por varios autores.

Entregables:

- Diagnóstico de la empresa en la cual se muestra los procesos de diseño que actualmente maneja la empresa
- Flujograma de procesos para la definición de proyectos de ingeniería de la empresa bajo la filosofía *Lean*

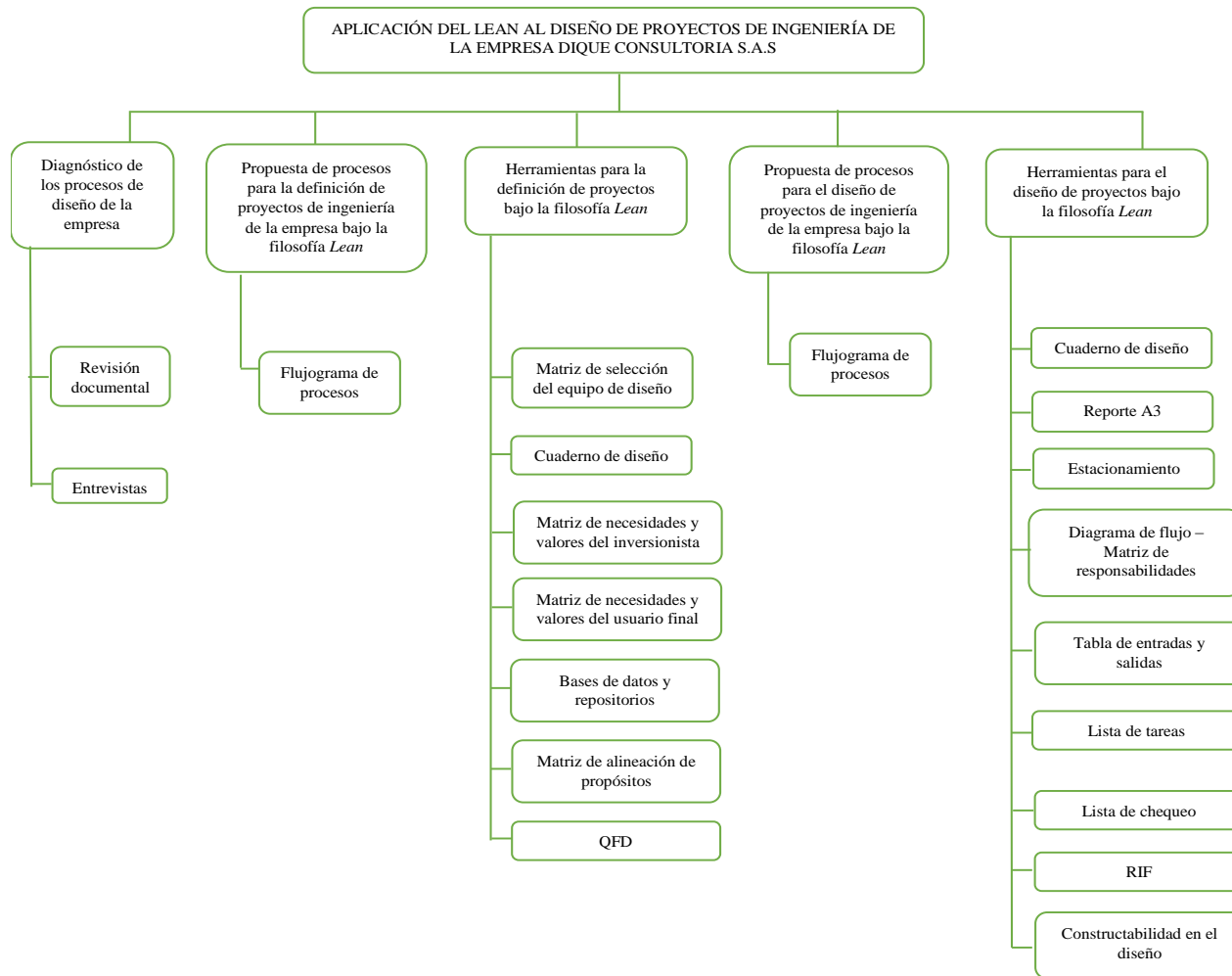
- Matriz de selección del equipo de diseño
- Cuaderno de diseño
- Matriz de necesidades y valores de inversionista
- Matriz de necesidades y valores del usuario final
- Bases de datos y repositorios
- Matriz de alineación de propósitos
- Despliegue de la función de calidad (QFD)
- Flujograma de procesos para el diseño de proyectos de ingeniería de la empresa bajo la filosofía *Lean*
- Cuaderno de Diseño
- Reporte A3
- Estacionamiento
- Diagrama de flujo – Matriz de responsabilidades
- Tabla de entradas y salidas
- Lista de tareas
- Lista de chequeos
- Solicitud de información (RIF)
- Constructabilidad en el diseño

#### ***4.7.1.2 Creación EDT***

Según La Guía del PMBOK®, “la Estructura de Desglose del Trabajo (EDT) es una descomposición jerárquica, orientada al producto entregable del trabajo que será ejecutado por el

equipo del proyecto, para lograr los objetivos del proyecto y crear los productos entregables requeridos”.

Figura 27.



Nota: EDT. Por D. González y J. Cerpa, 2017-

#### 4.7.2 Elaboración del cronograma del proyecto

En la elaboración del cronograma se tuvo en cuenta cada uno de los aspectos necesarios para llevar a cabo el proyecto en el tiempo establecido.

| No. | Nombre de la tarea   | Duración |
|-----|--|----------|
|     | Desarrollo de la propuesta de Aplicación de la filosofía Lean al Diseño de proyectos de ingeniería de la empresa Dique Consultoria S.A.S | 60 días  |
| 1   | Consulta especializada en bases de datos nacionales e internacionales  | 40 días  |
| 2   | Diagnostico para conocer los procesos de Diseño de la empresa  |          |
| 2.1 | Revisión Documental  | 15 días  |
| 2.2 | Entrevista al equipo de diseño de la empresa   | 7 días   |
| 2.3 | Declaración del alcance  | 2 días   |
| 2.4 | Elaboracion del plan de trabajo  | 5 días   |
| 2.5 | Elaboracion del presupuesto  | 2 días   |
| 2.6 | Documentación de roles y responsabilidades   | 5 días   |
| 3   | Elaboración de la propuesta de procesos para la Definición de proyectos de ingeniería de la empresa bajo la filosofía Lean               |          |
| 3.1 | Análisis de los procesos de Diseño de la empresa   | 7 días   |
| 3.2 | Análisis de los procesos de definición del <i>Lean</i>   | 15 días  |
| 3.3 | Elaboración del flujograma de procesos para la definición de proyectos de ingeniería de la empresa                                       | 25 días  |
| 4   | Aplicación de herramientas que influyen en la etapa de definición de proyectos   |          |
| 4.1 | Matriz de selección del equipo de diseño   | 3 días   |
| 4.2 | Cuaderno de diseño   | 2 días   |
| 4.3 | Matriz de necesidades y valores del inversionista  | 3 días   |
| 4.4 | Matriz de necesidades y valores del usuario final  | 3 días   |
| 4.5 | Bases de datos y repositorios  | 1 día    |
| 4.6 | Matriz de alineación de porpositos   | 3 días   |
| 4.7 | QFD  | 3 días   |
| 5   | Creación de propuesta de procesos para el diseño de los proyectos de ingeniería de la empresa aplicando la filosofía Lean                |          |
| 5.1 | Análisis de los procesos de Diseño del <i>Lean</i>   | 15 días  |
| 5.2 | Elaboración del flujograma de procesos para el diseño de proyectos de ingeniería de la empresa   | 25 días  |
| 6   | Implementación de herramientas para la aplicación del Diseño Lean al diseño de proyectos de ingeniería de la empresa                     |          |
| 6.1 | Cuaderno de Diseño   | 1 día    |
| 6.2 | Reporte A3   | 3 días   |
| 6.3 | Estacionamiento  | 3 días   |
| 6.4 | Diagrama de flujo – Matriz de responsabilidades  | 3 días   |
| 6.5 | Tabla de entradas y salidas  | 2 días   |
| 6.6 | Lista de tareas  | 2 días   |
| 6.7 | Lista de chequeos  | 3 días   |
| 6.8 | Solicitud de información (RIF)   | 2 días   |
| 6.9 | Constructabilidad en el diseño   |          |
| 7   | Cierre del proyecto  | 1 día    |

Tabla 1. Cronograma del proyecto. Por D. González y J. Cerpa, 2017.

### 4.7.3 Elaboración del presupuesto

El costo total del proyecto fue \$ 1.943.000 el cual fue estimado basado en varios Ítem.

| ITEM                        | DESCRIPCIÓN                     | CANTIDAD | VALOR UNITARIO     | VALOR TOTAL         |
|-----------------------------|---------------------------------|----------|--------------------|---------------------|
| Transporte                  | Visitas a la empresa            | 27       | \$ 30.000          | \$ 810.000          |
| Comunicación                | Llamadas a celular              | 3        | \$ 15.000          | \$ 45.000           |
| Navegación Internet         | Búsqueda de información         | 6        | \$ 30.000          | \$ 180.000          |
| Compra CD                   | Guardar información             | 1        | \$ 12.000          | \$ 12.000           |
| Adquisición de memorias USB | Guardar información             | 2        | \$ 18.000          | \$ 36.000           |
| Empastado                   | Presentación de proyecto        | 1        | \$ 20.000          | \$ 20.000           |
| Impresión                   | Presentación de proyecto        | 2        | \$ 45.000          | \$ 90.000           |
| Alimentación                | Grupo de investigación          | 15       | \$ 10.000          | \$ 150.000          |
| Aporte de integrantes       | Realización de la investigación | 2        | \$ 200.000         | \$ 400.000          |
| Imprevistos                 | Necesidades no contempladas     | 1        | \$ 200.000         | \$ 200.000          |
|                             |                                 |          | <b>COSTO TOTAL</b> | <b>\$ 1.943.000</b> |

Tabla 2. Presupuesto del proyecto. Por D. González y J. Cerpa, 2017.

## 4.8 Documentación de roles y responsabilidades

Fue importante determinar los roles, responsabilidades y las relaciones que tendrían cada uno de los participantes dentro del desarrollo del proyecto.

### 4.8.1 Matriz de responsabilidades.

La siguiente matriz de asignación de responsabilidades está basada en el formato RACI (Responsable, Aprobador, Consultado, Informado) y documenta todas las actividades realizadas para cumplir con los objetivos del proyecto. Cada actividad fue asignada a un responsable para su ejecución.



Figura 28

| MATRIZ DE RESPONSABILIDADES  |                                 |                             |                        |                             |
|--|---------------------------------|-----------------------------|------------------------|-----------------------------|
| ACTIVIDADES  | DIANA GONZALEZ<br>SUSTENTANTE 1 | JOSE CERPA<br>SUSTENTANTE 2 | CLAUDIA AYALA<br>TUTOR | ISMAEL QUINTERO<br>CO-TUTOR |
| 1. Presentación y aprobación del título del proyecto                     | R                               | R                           | A                      | C                           |
| 2. Elaboración de la propuesta   | R                               | R                           | A                      | A                           |
| 3. Consulta especializada en bases de datos nacionales e internacionales | R                               | R                           | C                      | C                           |
| 4. Selección documentos claves para la elaboración del poryecto          | R                               | R                           | I                      | I                           |
| 5. Elaboración del plan de trabajo                                       | R                               | R                           | I                      | C                           |
| 6. Realización del dignostico  | R                               | R                           | I                      | C                           |
| 7. Elaboración de la propuesta de los procesos de definición y diseño    | R                               | R                           | I                      | C                           |
| 8. Elaboración del documento a entregar                                  | R                               | R                           | I                      | I                           |
| 9. Presentación y sustentación de proyecto                               | R                               | R                           | A                      | A                           |

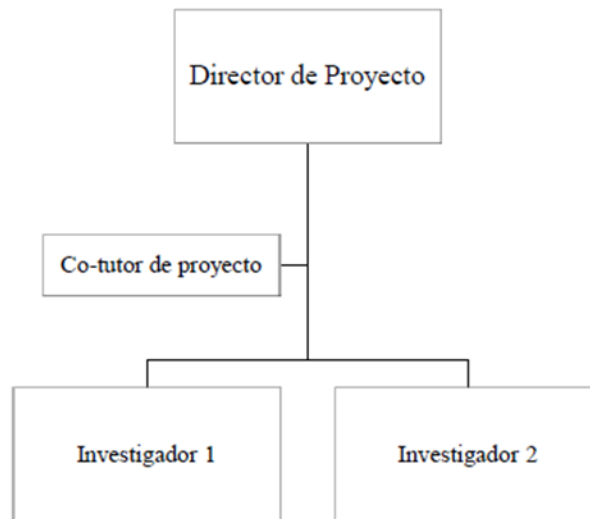
Siendo, "R": Responsable. "A": Aprobador. "C": Consultado."I": informado.

Nota: Matriz de responsabilidades. Por D. González y J. Cerpa, 2017.

### 4.8.2 Organigrama

A continuación, se presenta el organigrama del proyecto el cual consiste en la representación gráfica y jerárquica de los participantes y su relación.

Figura 29.



Nota: Organigrama del proyecto (Elaboración propia)

## 5. Conclusiones

Después de estudiar la filosofía Lean, realizar el diagnóstico (estudio y análisis) de la empresa DIQUE Consultoría S.A.S en cuanto a sus procesos de diseño y elaborar la propuesta de aplicación de esta filosofía al diseño de proyectos de ingeniería de la empresa, se obtuvo que:

- Actualmente la empresa presenta varias falencias en cuanto al proceso de diseño de sus proyectos de ingeniería por lo que no cuenta con un prototipo de diseño ni mucho menos se rigen bajo ninguna metodología que los conlleve a las buenas prácticas.

Una metodología como la del Lean la cual controle los objetivos de tiempo y costo del proyecto, y a su vez reduzca las pérdidas sin disminuir el valor.

- El Lean mediante su modelo LPDS provee las herramientas necesarias para gerenciar cualquier tipo de proyectos, en este caso de ingeniería, en el cual la empresa requiera maximizar el valor y prevenir o minimizar las pérdidas desde el inicio del proyecto hasta el final.
- La metodología LPD proporciona una mayor interacción entre todas las fases del proyecto. Para este trabajo de grado solo se desarrolló las dos primeras fases o etapas (Definición del proyecto y Diseño Lean) las cuales buscan optimizar el proyecto con el fin de que se reflejen resultados favorables en la etapa constructiva.
- El modelo propuesto (flujograma de procesos de Definición y Diseño de proyectos de ingeniería de la empresa DIQUE Consultoría S.A.S bajo la filosofía Lean) busca que la empresa cuente con una estructura a la hora de realizar sus diseños, que los proyectistas estudien las diferentes alternativas que le agregan valor al proyecto y que exista una mayor interacción entre todos los involucrados, incluyendo a los de la etapa constructiva, con el objetivo de minimizar y prevenir errores durante el desarrollo de sus procesos

generando de esta manera una disminución significativa en los sobrecostos, es decir, minimizar perdidas.

- Esta metodología es aplicable en los proyectos de Diseño de ingeniería y es realmente conveniente ya que proporciona herramientas para analizar la factibilidad de llevar a cabo un proyecto, eliminando todos aquellos re-procesos en su ejecución y buscando entregar al cliente lo realmente esperado por él.

## 6. Recomendaciones

Como aporte de esta investigación para la aplicación de la filosofía Lean al Diseño de proyectos de ingeniería de la empresa DIQUE Consultoría S.A.S, es importante tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda que el coordinador de proyectos de la empresa sea el encargado de la gestión del proceso de diseño (dirigir, coordinar y hacer seguimiento) y no el dueño. porque el coordinador debe estar enfocado a cien por ciento en los proyectos y tener conocimiento de este y en muchas ocasiones el dueño no está enfocado solo a los proyectos.
- Al iniciar un proyecto es fundamental conocer las necesidades y valores de los clientes para generar un producto eficiente. Para ello se propone que se utilice la matriz QFD puesto que esta se encarga de traducir la voz del cliente en los requerimientos técnicos que la empresa debe tomar en cuenta a la hora de diseñar un proyecto.
- Antes de definir el proyecto primero se debe establecer un equipo multidisciplinario el cual se encuentre conformado por todos los involucrados del proyecto y en el que el líder sea el coordinador del proyecto. Este coordinador será el encargado de asignar las responsabilidades de cada miembro del equipo.
- Cuando se vaya a definir el proyecto se debe contar con toda la información necesaria para establecer los alcances del mismo. Tomando en cuenta los antecedentes de otros proyectos, las evaluaciones post ocupación y los requerimientos del proyecto a diseñar.
- Se recomienda que se estructure un plan de trabajo en el cual se establezcan reuniones periódicas con el fin de minimizar incompatibilidades de las diferentes especialidades. Estas reuniones se deben programar desde la etapa de definición del proyecto.

- Se sugiere que en las reuniones los especialistas muestren sus avances, den a conocer sus opiniones y resuelvan dudas para que no existan errores en el Diseño.
- En la etapa de diseño se debe seguir con el mismo equipo multidisciplinario establecido en la etapa de definición del proyecto.
- Es importante que la empresa utilice tecnologías de información para mejorar la calidad del diseño. Estas pueden ser programas de modelación en 3D y 4D,
- Por último, recomendamos que se sigan estudiando las siguientes etapas del proyecto (Abastecimiento Lean, Ejecución Lean y uso).

## 7. Referencias Bibliográficas

Ballard, G., y Zabelle, T. (2000). Lean Design. *Lean Construction Institute White Paper* 10, 1-15.

Cárdenas, Z., & Yuri, A., (2013). *Propuesta de mejora en la etapa de diseño en los proyectos de construcción de una empresa constructora* (tesis de pregrado). Universidad peruana de ciencias aplicadas, Lima, Perú.

Castillo, I., (2014). *Inventario de herramientas del sistema de entrega de proyectos Lean* (tesis de pregrado). Pontificia universidad católica del Perú, Lima, Perú.

Chávez, J., & De la Cruz, C., (2014). *Aplicación de la filosofía Lean Construction en una obra de edificación* (tesis de pregrado). Escuela profesional de ingeniería civil, Lima, Perú.

Guzmán, A., (2014). *Aplicación de la filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos* (tesis de pregrado). Pontificia universidad católica del Perú, Lima, Perú.

Lledó, P. (2006). *Administración Lean de proyectos*. Naucalpan de Juárez, México: Pearson Educación.

Peláez, J., & Aragón, L., (2016). *Plan de gestión de riesgos para los servicios de consultoría para proyectos de defensa ribereña en la región del Cusco* (tesis de maestría). Universidad peruana de ciencias aplicadas, Cusco, Perú.

Porras, H., Sánchez, O., y Galvis, J. (2014). Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual. *Investigación en ingeniería*, 11(1), 32-53.

Ruiz, P., (2015). *Propuesta de técnicas y herramientas para optimizar la gestión visual y de las comunicaciones durante la etapa de diseño de un proyecto de construcción* (tesis de pregrado). Pontificia universidad católica del Perú, Lima, Perú.

Valencia, S., (2013). *La filosofía Lean aplicada en la Gerencia de proyectos* (tesis de maestría). Universidad nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

Vásquez, J., (2006). *El Lean Design y su aplicación a los proyectos de edificación* (tesis de pregrado). Pontificia universidad católica del Perú, Lima, Perú.

Orihuela, P., Orihuela, J., y Ulloa, K. (2011). *Herramientas para la gestión del diseño de proyectos de edificación*. Conferencia llevada a cabo en Internacional de Lean Construction, Lima, Perú.

Freire, J., y Alarcón, S. (2001). Mejoramiento del proceso de diseño en proyectos achieving a lean design process. *Ingeniería de construcción*, 16(1).

Formoso, C., Tzotopoulos, P., Jobim, M., y Liedtke, R. (agosto de 1998). *Developing a protocol for managing the design process in the building industry*. Conferencia llevada a cabo en international Group for Lean Construction, Guaruja, Brasil.

Campos, A., (2011). *Aplicación del Pensamiento Lean en Proyectos Mediante Lean Project Management* (tesis de maestría). Instituto tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa rica.

Orihuela, P., y Orihuela J. (2005). *Aplicaciones del Lean Design a Proyectos Inmobiliarios de Vivienda*. Conferencia llevada a cabo en Motiva S.A, Lima, Perú.

Orihuela, P., y Orihuela J. (2008). *Metodología para promover la ingeniería basada en múltiples alternativas*. Encuentro Latino-Americano de Gestión y Economía de la Construcción.

Recuperado de <http://www.motiva.com.pe/>