

UNIVERSIDAD EXTERNADO DE COLOMBIA  
FACULTAD DE ADMINISTRACION DE EMPRESAS  
MAESTRÍA EN GESTIÓN Y EVALUACIÓN  
DE PROYECTOS DE INVERSIÓN

METODOLOGÍA DE GESTIÓN DE PROYECTOS BASADA  
EN LOS PRINCIPIOS Y HERRAMIENTAS DE LA  
FILOSOFÍA LEAN, PARA SER APLICADA EN  
PROYECTOS DEL SECTOR PETROLERO Y DE  
INFRAESTRUCTURA INDUSTRIAL EN GENERAL

JHYLSSON RAFAEL GARCIA NUNCIRA

LILIANA LOPEZ JIMENEZ, PhD  
Directora

BOGOTA D.C.  
Junio 26, 2017

---

Firma de Jurado

---

Firma de Jurado

BOGOTA D.C  
Junio, 2017

## **DEDICATORIA**

Primero la dedico a mi Dios para quien sea la honra, por su bondad, por sus bendiciones, por haber permitido este logro. Gracias mi Señor.

Este trabajo lo dedico a mis hijos Valeria y David. Ustedes son mis proyectos más importantes, les dedico este logro porque quiero ser ejemplo de lo que se puede y se debe lograr para ser un ciudadano del mundo sin soltarse nunca de la mano de Dios. Nosotros como seres humanos podemos fallar pero lo más importante es darle gracias a Dios, levantarse y seguir nuestros luchando por nuestros sueños.

**Jhylsson Rafael García Nuncira**

## **AGRADECIMIENTOS**

"Porque somos hechura suya, creados en Cristo Jesús para buenas obras, las cuales Dios preparó de antemano para que anduviésemos en ellas." Efesios 2:10

A Dios sea la gloria y la honra. Le agradezco por haber allanado el camino. De su mano que me guarda, recibo unas llaves para abrir la puerta que él mismo me ha preparado de antemano.

Le agradezco a mi esposa Ery, por su apoyo incesante, por ser mi ayuda idónea y la mayor bendición de mi vida.

A mis dos hijos por tener tanta paciencia de mi ausencia, o estaba trabajando o estaba estudiando, pero Valeria y David quiero enseñarles con el ejemplo que Dios todo lo puede y nosotros debemos seguir sus mandatos con amor y humildad.

Agradezco a mi Madre por su amor, su ayuda y por retarme siempre a ser valiente y esforzado.

**Jhylsson Rafael García Nuncira**

# INDICE

1	INTRODUCCION .....	1
2	PLANTEAMIENTO DE LA OPORTUNIDAD .....	3
2.1	ANTECEDENTES.....	3
2.1.1	Sector Petrolero en Colombia .....	3
2.1.2	La Empresa “P” .....	5
2.2	OBJETIVOS.....	7
2.2.1	Objetivo General: .....	7
2.2.2	Objetivos Específicos .....	8
3	REVISIÓN DE LITERATURA.....	9
3.1	LAS METODOLOGIAS DE GESTIÓN DE PROYECTOS.....	9
3.2	LA METODOLOGÍA LEAN .....	11
3.3	CONCEPTO LEAN EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN.....	13
4	MARCO REFERENCIAL.....	19
4.1	EL CONTEXTO: GESTIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN EN EL SECTOR PETROLERO .....	19
4.1.1	Importancia del Petróleo en la Economía Colombiana....	19
4.1.2	Contexto de Proyectos en el Sector Petrolero en Colombia .....	21
4.1.3	Cadena de Producción de Petróleo en Colombia.....	24
4.1.4	Administración Estatal del Sector Petrolero .....	25
4.1.5	La Gestión de Proyectos en el Sector .....	26
4.2	INDICADORES DE DESEMPEÑO .....	27
4.2.1	Productividad .....	27
4.2.2	Efectividad y Eficiencia.....	28
4.3	EL CONCEPTO LEAN.....	29
4.3.1	Evolución Histórica del Concepto LEAN .....	29
4.3.2	Definición: .....	30
4.3.3	Principios LEAN .....	30
4.3.4	Herramientas LEAN .....	32
4.3.5	LEAN Project Management .....	33
4.4	INICIATIVAS DE GESTIÓN DE PROYECTOS LEAN .....	34
4.4.1	LEAN Construction (LC).....	34
4.4.2	LEAN Project Delivery System (LPDS) .....	35
4.4.3	Integrated Project Delivery (IPD).....	41
4.4.4	Last Planner System (LPS) .....	41
4.4.5	Target Value Design (TVD) .....	44
5	DISEÑO METODOLÓGICO .....	45
5.1	PROCESO DE INVESTIGACIÓN.....	45

5.1.1	Descripción de las Fuentes de Información .....	48
6	SITIO DE INVESTIGACION .....	49
6.1	CONTEXTO GENERAL DE LA EMPRESA “P” .....	49
6.2	¿CÓMO ERA LA PMO DE LA EMPRESA “P” ANTES DE LA CRISIS?.....	50
6.2.1	Modalidades de Contratación.....	51
6.2.2	Metodología de Gestión de Proyectos Antes de las Iniciativas.....	52
6.2.3	Estructura Documental de la PMO .....	54
6.3	¿QUÉ SUCEDIÓ EN LA PMO DURANTE LA CRISIS?.....	55
6.3.1	Cambio de Estrategia.....	55
6.3.2	Efectos de la Nueva Estrategia .....	56
6.3.3	¿Cómo Surge la Iniciativa de Implementar la Filosofía LEAN? .....	57
6.3.4	Evento LEAN al Proceso de Gestión de Requerimientos... .....	58
6.3.5	Evento LEAN al Proceso de Planeación .....	60
6.3.6	Evento LEAN al Proceso de Control de Obra en Campo	60
6.3.7	Conclusiones del Caso.....	62
7	METODOLOGÍA DE GESTIÓN DE PROYECTOS LEAN .....	64
7.1	PRINCIPIOS DE LA METODOLOGÍA .....	64
7.1.1	Principios Culturales de una Organización.....	64
7.1.2	Estructura Organizacional .....	65
7.1.3	Activos de los Procesos de la Organización .....	68
7.2	DIRECTRICES DE GESTIÓN DE LOS PROYECTOS.....	73
7.2.1	Gestión de Integración de los Proyectos.....	73
7.2.2	Gestión del Alcance de los Proyectos .....	81
7.2.3	Gestión del Tiempo de los Proyectos.....	86
7.2.4	Gestión de los Costos de los Proyectos.....	92
7.2.5	Gestión de la Calidad de los Proyectos.....	93
7.2.6	Gestión de los Recursos Humanos .....	99
7.2.7	Gestión de Comunicaciones de los Proyectos .....	99
7.2.8	Gestión del Riesgo y las Oportunidades de los Proyectos.. .....	102
7.2.9	Gestión de las Adquisiciones de los Proyectos .....	107
7.2.10	Gestión de los Interesados de los Proyectos .....	108
7.3	PROCESOS DE GESTIÓN DE PROYECTOS .....	109
7.3.1	Cadena de Valor de la Gestión de Proyectos .....	110
7.3.2	Replicación de LPDS con la Cadena de Valor de la PMO .. .....	111
7.3.3	INICIO – 1.1 Factibilidad .....	112
7.3.4	PLANEACION – 2.1 Ingeniería .....	113
7.3.5	PLANEACIÓN – 2.2 Análisis de Riesgos Operativos....	115
7.3.6	PLANEACIÓN – 2.3 Plan de Proyecto .....	116
7.3.7	EJECUCION - 3.1 Compras y Logística.....	117

7.3.8	EJECUCION - 3.2 Construcción.....	118
7.3.9	EJECUCION - 3.3 Pre Comisionamiento .....	120
7.3.10	EJECUCION - 3.4 Comisionamiento.....	122
7.3.11	CIERRE - 4.1 Arranque y Estabilización .....	123
7.3.12	CIERRE - 4.2 Cierre y Evaluación del Proyecto.....	124
7.3.13	MONITOREO Y CONTROL .....	125
8	CONCLUSIONES.....	126
8.1	LA INTEGRACIÓN DE UNA METODOLOGÍA LEAN .....	126
8.2	EL INFORME DE APLICACIÓN EN LA EMPRESA P .....	127
8.3	SISTEMA INTEGRADO DE DOCUMENTOS .....	127
8.4	LOS INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD .....	128
9	BIBLIOGRAFÍA .....	130

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1 Participación de la actividad petrolera en el PIB de Colombia .....	20
Figura 2 Participación de la IED en petróleo en la IED total en Colombia .....	20
Figura 3 Resultados de pozos exploratorios en Colombia desde 2007 a 2015.....	21
Figura 4 Tasa de éxito de hallazgos en pozos petroleros en Colombia .....	21
Figura 5 Histórico de precios del petróleo vs efectos políticos y del mercado.....	22
Figura 6 Estructura de Gestión de proyectos en el sector Petrolero... ..	24
Figura 7 Estructura de la cadena de valor del petróleo.....	24
Figura 8 Cadena de Valor de los servicios en el sector Hidrocarburos .....	25
Figura 9 Evolución histórica de iniciativas LEAN .....	30
Figura 10 Modelo del LPDS (Ballard, 2000) .....	39
Figura 11 Comparación del modelo tradicional versus el modelo LPDS de la línea de tiempo de gestión de proyectos.....	39
Figura 12 Curva de MacLemy. Relación esfuerzo versus tiempo en el desarrollo de proyectos.....	40
Figura 13 Filosofía de planificación tradicional y la planificación LEAN .....	42
Figura 14 Sistema del Ultimo Planificador (LPS) .....	43
Figura 15 Fases de la investigación.....	46
Figura 16 Organigrama corporativo de la PMO de la empresa "P" .....	50
Figura 17 Organigrama de la PMO de la empresa "P" .....	51
Figura 18 Road Map de gestión de proyectos de la empresa "P" .....	53
Figura 19 Modelo de madurez de la gestión de proyectos según Kerzner (2005) .....	53
Figura 20 Reporte de seguimiento semanal típico de la PMO .....	54
Figura 21 Estructura documental del Sistema de Gestión de la PMO .....	54
Figura 22 Tablero de Control Visual implementado .....	61
Figura 23 Organigrama de la PMO recomendado bajo los principios LEAN .....	66
Figura 24 Ejemplo de una estructura del “Archivo central de proyectos” .....	72
Figura 25 Estructura del “Archivo central de proyectos” (Continuación) .....	73
Figura 27 Modelo de gestión LPDS .....	73
Figura 26 Ejemplo de una Acta de constitución de proyectos estandarizada .....	74
Figura 28 Desarrollo de la técnica “Scrum” para la gestión de proyectos de la PMO.....	76
Figura 29 Esquema de desarrollo de la técnica del “Ultimo Planificador” .....	77

Figura 30 Formato Para el manejo de cambios ajustado a la técnica A3 de LEAN .....	79
Figura 31 Lista de chequeo Cierre de proyectos .....	80
Figura 32 Modelo de gestión LPDS .....	81
Figura 33 Modelo BIM para un sistema de almacenamiento de crudo	82
Figura 34 Matriz de requerimientos .....	84
Figura 35 Ejemplo de una Plantilla de la WBS estandarizada .....	85
Figura 36 Técnica del Último planificador como diagrama de flujo .....	86
Figura 37 Curva de aprendizaje.....	88
Figura 38 Curva de aprendizaje Logarítmica .....	89
Figura 39 Ejemplo de zonificación en áreas iguales .....	91
Figura 40 Gestión de costos tradicional vs Gestión de costos TVD-LEAN .....	92
Figura 41 Reporte semanal de estado de proyectos incorporado al macro de Excell de control de proyectos de la PMO .....	93
Figura 42 Ciclo de calidad PHVA alineado a requerimientos LEAN ...	94
Figura 43 Principios de la Gestión Total de Calidad .....	95
Figura 44 Ejemplo de la estructuración de los Procesos de gestión de la calidad .....	98
Figura 45 Concordancia de subprocesos “Ultimo Planificador” con subprocesos de gestión de riesgos del PMI, y aplicabilidad de las herramientas de la Metodología LEAN en cada subproceso. ....	103
Figura 46 Desarrollo de la técnica “Scrum” para la gestión de proyectos de la PMO.....	105
Figura 47 Modelo de Formato de registro de riesgos y oportunidades .....	106
Figura 48 Formato de Identificación de Interesados .....	108
Figura 49 Flujograma de la gestión de proyectos de la PMO .....	110
Figura 50 Cadena de valor de la gestión de proyectos.....	111
Figura 51 Integración de la Cadena de valor de la PMO, con LPDS y Procesos de dirección del PMI.....	111

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Herramientas LEAN .....	33
Tabla 2 Pasos de análisis del caso. Según Eisenhardt (1989). .....	47
Tabla 3 Mediciones de productividad antes y después de la iniciativa LEAN .....	62
Tabla 4 Cambios fundamentales en los principios culturales de la organización.....	65
Tabla 5 Ejemplo de un Plan de comunicaciones estandarizado y Simplificado.....	100
Tabla 6 Ejemplo de un Plan de comunicaciones estandarizado y Simplificado (Continuación) .....	101
Tabla 7 Tipología del riesgo basado en los principios LEAN .....	107
Tabla 8 Cambios en el modelo de pensamiento con la metodología LEAN, del subproceso de Factibilidad .....	112
Tabla 9 Indicadores de productividad del subproceso de Factibilidad .....	113
Tabla 10 Cambios en el modelo de pensamiento con la metodología LEAN, del subproceso de Ingeniería .....	114
Tabla 11 Indicadores de productividad del subproceso de Ingeniería .....	114
Tabla 12 Cambios en el modelo de pensamiento con la metodología LEAN, del subproceso de Análisis de riesgos operacionales .....	115
Tabla 13 Indicadores de productividad del Subproceso de Análisis de riesgos Operacionales .....	115
Tabla 14 Cambios en el modelo de pensamiento con la metodología LEAN, del subproceso de Plan de proyecto .....	116
Tabla 15 Indicadores de Productividad del subproceso de Planeación .....	117
Tabla 16 Cambios en el modelo de pensamiento con la metodología LEAN, del subproceso de Compras y Logística.....	118
Tabla 17 Indicadores de productividad del subproceso de Compras y Logística .....	118
Tabla 18 Cambios en el modelo de pensamiento con la metodología LEAN, del subproceso de Construcción .....	119
Tabla 19 Indicadores de productividad del subproceso de Construcción .....	120
Tabla 20 Cambios en el modelo de pensamiento con la metodología LEAN, del subproceso de Pre comisionamiento .....	121
Tabla 21 Indicadores de Productividad del subproceso de Precomisionamiento .....	121
Tabla 22 Cambios en el modelo de pensamiento con la metodología LEAN, del subproceso de Pre comisionamiento .....	122
Tabla 23 Indicadores de productividad del subproceso de Comisionamiento .....	122
Tabla 24 Cambios en el modelo de pensamiento con la metodología LEAN, del subproceso de Arranque y estabilización .....	123

Tabla 25 Indicadores de productividad del subproceso de Arranque y estabilización .....	123
Tabla 26 Cambios en el modelo de pensamiento con la metodología LEAN, del subproceso de Arranque y estabilización .....	124
Tabla 27 Indicadores de productividad del subproceso de Cierre de proyectos .....	124
Tabla 28 Cambios en el modelo de pensamiento con la metodología LEAN, del subproceso de Arranque y estabilización .....	125

## 1 INTRODUCCION

Las condiciones de competitividad global en el mundo son cada vez más agresivas y requieren una adaptación continua soportada en la innovación. Este requerimiento de reinventar constantemente, reta a las organizaciones para desarrollar los proyectos cada vez más rápido, con menos recursos y de manera más eficiente para implementar sus objetivos estratégicos. Es así como el arte de gestión de proyectos se ha venido desarrollando y estandarizando de manera muy rápida y con un alto grado de exigencia dentro de los sectores económicos.

El sector petrolero no es ajeno a estas circunstancias ya que ha sido uno de los principales impulsores de las metodologías de gestión de proyectos en el mundo, por su condición especial de construcción de megaproyectos que tienen un alto nivel de riesgo por la naturaleza de las sustancias que se manipulan en el proceso y por los riesgos ambientales a que están expuestos.

El sector de exploración y extracción de petróleo en Colombia, tuvo un crecimiento inesperado desde 2004 hasta 2014, impulsado por el incremento del precio por barril, con registros superiores a los 100 dólares, lo que significó un gran incentivo para nuevas inversiones, pero que abruptamente se afectó en el año 2014 con una caída de más del 60% en el precio. Esta circunstancia significó un duro golpe para el sector y retó a las organizaciones a innovar en la forma como se desarrollaban los proyectos en el sector.

Entre las compañías de Exploración y Producción (E&P) del sector en Colombia estaba una empresa mediana, que identificaremos como la empresa P por restricciones de uso de nombres registrados. La fuerza de las circunstancias retó al equipo de trabajo que conformaba la PMO de la empresa P a repensar el modelo de gestión de proyectos que usaba y buscar opciones metodológicas que le permitieran optimizar sus procesos. La PMO tenía ya un grado de madurez importante basado en la aplicación de los principios de gestión de proyectos del PMI y en la formación continua de competencias.

El autor de este documento formaba parte de la PMO y tenía formación y experiencia previa en el liderazgo de procesos de optimización basados en la filosofía LEAN en ámbitos totalmente diferentes, pero realizó la propuesta de implementar la filosofía LEAN como un medio para responder a las circunstancias del sector. La iniciativa fue acogida y se desarrolló un piloto que ofreció buenos resultados y llevó al desarrollo de otras dos iniciativas que al final establecieron los pilares para construir una nueva forma de gestionar proyectos para la PMO.

Los buenos resultados de la iniciativa generaron la inquietud de documentar las experiencias y verificar si es posible determinar una

metodología que integrara de manera óptima las herramientas y técnicas existentes de la filosofía LEAN que sea replicable para cualquier empresa del sector petrolero o industrial en general.

Se desarrolló entonces una investigación de fuentes para compilar las herramientas y técnicas de la filosofía LEAN que hubiesen tenido resultados satisfactorios comprobados y se detectaron experiencias y desarrollos muy valiosos para el sector informático y de la construcción de obras civiles, pero no se hallaron metodologías estructuradas para el sector petrolero o de proyectos industriales en general.

Así entonces se propuso desarrollar una metodología de gestión de proyectos que integrará los desarrollos previos de la filosofía LEAN, que se puedan replicar en el sector petrolero, apoyándose en los buenos resultados de las iniciativas implementadas en la empresa P y en la investigación de fuentes literarias.

En una primera parte se contextualizará el sector y la empresa "P", luego se abordará el marco teórico de la filosofía LEAN, seguido se expondrá el diseño metodológico de este estudio y finalmente se presentará la metodología que se logró construir a partir de las iniciativas que se desarrollaron en la PMO de la empresa "P".

## 2 PLANTEAMIENTO DE LA OPORTUNIDAD

### 2.1 ANTECEDENTES

#### 2.1.1 Sector Petrolero en Colombia

El sector petrolero ha vivido un gran dinamismo de cambios en los últimos 17 años, es así como en el año 2000 el precio del crudo mantenía un precio promedio de USD 17,7 dólares y este era un precio normal para el sector a nivel mundial. Para ese entonces la producción de hidrocarburos representaba el 4% del PIB nacional y Colombia era un país exportador. Sin embargo la tendencia de producción iba en decrecimiento y todo indicaba que en el año 2004 se tendría que iniciar importaciones para cubrir el consumo nacional. (Barrios Giraldo & Cárdenas Valero, 2005).

Las relaciones contractuales en Colombia entre el estado como dueño de los recursos y las empresas de Exploración y Producción (E&P) de petróleo se realizaban para ese entonces por medio de un *joint venture*, formalizado mediante un “Contrato de asociación” que se establecía tan pronto como una empresa descubría un yacimiento (Barrios Giraldo & Cárdenas Valero, 2005).

*El contrato de asociación colombiano es una alianza estratégica contractual, en la cual Ecopetrol (ECP) es socio de la compañía petrolera de manera directa o mediante un consorcio de compañías para explorar y desarrollar yacimientos de hidrocarburos, y distribuir la producción después del pago de regalías. En términos generales, la compañía asociada asume el 100% del riesgo exploratorio y los costos de exploración, y Ecopetrol comparte costos pasados y futuros una vez el descubrimiento es declarado comercial. El contrato se rige por la legislación privada, y no tiene ring fence<sup>1</sup>.*

(Barrios Giraldo & Cárdenas Valero, 2005)

En los primeros contratos de asociación la participación de Ecopetrol y el socio privado eran fijas y en distintas proporciones, dependiendo del riesgo asociado a la inversión y el volumen de reservas del hallazgo, medido en millones de barriles estimados que se podrían extraer y producir. Después de los hallazgos de Cusiana en 1989 Ecopetrol se dio cuenta que las distribuciones no eran acordes con los beneficios en todos los casos, especialmente ante grandes volúmenes de producción, y entonces creó los contratos de asociación escalonados en los que la participación estatal aumentaba mientras crecía la producción.

De acuerdo con Fedesarrollo (2015), para el año 2000 la Inversión Extranjera Directa (IED) en el sector había caído por la falta de

---

<sup>1</sup> No “Ring fence” implica que la compañía puede sumar y restar las ganancias en un proyecto con las pérdidas en otro.

incentivos en los contratos de asociación y se evidenció la amenaza de tener que iniciar las importaciones de petróleo para el 2004. Ante esto en 2003 el gobierno colombiano realizó una reforma en el sector que se inició con el decreto ley 1760, el cual abarcó cuatro medidas:

- La creación de la Agencia Nacional de hidrocarburos (ANH). Entidad que pasaría a asumir los roles de supervisión y regulación del sector.
- La modificación de la estructura orgánica de Ecopetrol para convertirla en una empresa de Exploración y Producción (E&P) con posibilidades de internacionalización.
- La creación de la Sociedad Promotora de Energía en Colombia S.A.
- La escisión o división accionaria de Ecopetrol

La ANH realizó una reforma a los contratos de asociación asimilándolos más a contratos de concesión, donde los concesionarios asumen el 100% del riesgo de inversión, reciben el 100% de la propiedad de la producción tras el pago de regalías, gozan de libertad operacional y se comprometen a cumplir un programa mínimo de exploración. Este nuevo modelo permitió que entre 2006 y 2013 la producción aumentara en un 61,92% y las reservas confirmadas pasaran de 1510 millones de barriles en 2006 a 2445 millones de barriles en 2013.

Los registros estadísticos publicados en 2015 por la Asociación Colombiana del Petróleo (ACP) reportan que en 2012 se logró una producción de más de un millón de barriles de petróleo por día, con reservas confirmadas hasta el 2020 y con un promedio de ingresos que representaron el 7% al PIB de la nación.

La inversión en el sector es considerada de alto riesgo, debido a las dependencias del éxito de las exploraciones y la confirmación del volumen de las reservas que se puedan detectar. Muy a pesar de esto la IED en el sector, alcanzó el 30% de las inversiones totales en Colombia en 2014. (Fedesarrollo, 2015). Las compañías petroleras que se asentaron en el país se suscribieron en las bolsas de valores de Toronto y Colombia, sometiendo así a una regulación muy exhaustiva de su desempeño y de la vigilancia de accionistas en un mercado abierto. En principio esto resultó muy favorable entre los años 2008 y 2011, mientras las empresas tuvieron un éxito evidente en los hallazgos y en la confirmación de nuevas reservas, pero en el año 2012, el ritmo de los hallazgos se estancó.

Esta situación causó una incertidumbre muy alta respecto a la volatilidad de las valoraciones de las empresas de Exploración y Producción (E&P). Las expectativas de los accionistas y los inversores en general decayeron muy rápido causando un pánico en el sector que aumentó la oferta de las acciones y desvalorizó las acciones de una manera muy

rápida y que afectó a casi todas las empresas de E&P en el mercado colombiano.

Las empresas se vieron obligadas a demostrar a los inversionistas que podían mejorar su desempeño en los costos de exploración y producción. Pero muy especialmente las optimizaciones se observaron en la gestión del CAPEX<sup>2</sup>, visto como un medio para lograr crecimiento sostenible, realizando inversiones eficientes que permitieran aumentar rápidamente la capacidad de producción y extracción de crudo para mejorar los indicadores con el ánimo de calmar la especulación sobre las acciones en el mercado de valores.

### **2.1.2 La Empresa “P”**

Como enunciamos anteriormente, el año 2012 marcó un giro para muchas empresas debido a la caída en el valor de las acciones de las empresas de E&P de petróleo y para el caso de la empresa “P” como la llamaremos<sup>3</sup>, fue un año muy poco productivo. En este año a pesar de fuertes inversiones de capital, no solo no se reportaron nuevas reservas, sino que la producción de los pozos en operación mostró un decaimiento mayor al esperado, indicando que para el año 2014 el proyecto de inversión ya no sería viable. En un periodo de 11 meses la acción perdió el 62% de su valor a pesar que la producción solo cayó en un 8% en el mismo periodo de tiempo (Granda, Vélez, & Zuluaga, 2012).

Todo esto sucedía a pesar de los informes financieros como el de Bloomberg de 2012 que es citado por Granda et al, (2012) en el cual la empresa P, tenía rendimientos sobre dividendos del orden de 3,07% cuando el promedio del sector era de 1,08%, lo que indicaba que el desempeño competitivo de la compañía era muy superior a la media del sector.

De acuerdo con los informes internos de la Oficina de Gestión de Proyectos (PMO) de la empresa P, el presupuesto de inversión para nuevos proyectos a comienzos del año 2012 se planeó en el orden de unos USD 163 millones de dólares pero al final de año, se recortó a USD 103 millones de dólares, de los cuales se ejecutaron tan solo USD 64 millones. Esta reducción de presupuesto tuvo impacto también en todas las áreas y niveles de la organización, llevándolos a tomar medidas de reducción del gasto, optimización de procesos productivos, aplazamiento de inversiones y optimización del portafolio de proyectos de exploración, perforación y construcción de infraestructura de producción en la compañía.

---

<sup>2</sup> CAPEX: (CAPital EXpeditures) – Denominación inglesa para referirse a los capitales de inversión en bienes que crean beneficios. El CAPEX es una inversión en activos fijos nuevos o para agregar valor a activos existentes.

<sup>3</sup> No se usará el nombre de la empresa de estudio por restricciones de autorización.

Como parte de la estrategia de reducción, se implementó un plan de optimización de los procesos de gestión por parte de la gerencia de proyectos de la organización. Inicialmente invitando a todo el personal del departamento a documentar y proponer opciones de mejora para la organización. De esta estrategia se obtuvieron más de 190 observaciones que fueron filtradas y agrupadas por las fases de gestión de los proyectos basados en los estándares del Project Management Institute (PMI®).

De los resultados, surgió la propuesta de usar la filosofía de mejora continua basada en iniciativas LEAN<sup>4</sup>, bajo una propuesta metodológica probada con éxito en otras organizaciones de manufactura y de servicios. Fue así, como se realizaron tres eventos experimentales basados en la metodología, con los siguientes enfoques: i) Gestión de requerimientos, ii). Desarrollo de las ingenierías de los proyectos y iii) Control de la ejecución de las obras en campo.

Estas áreas se seleccionaron valorando las oportunidades de mejora que se habían identificado y evaluando el potencial del impacto positivo en la optimización de la gestión del alcance, tiempo y costo de los proyectos. Una vez desarrolladas las iniciativas LEAN, los miembros de la PMO manifestaron su satisfacción con los resultados obtenidos, y se observaron efectos positivos en los indicadores de productividad y eficacia que se usaron en el piloto.

Los efectos observados en los experimentos realizados en los pilotos demostraron resultados de incremento en la productividad en varias áreas de la gestión de proyectos de la PMO que se documentarán en un “Informe de Aplicación” de las iniciativas LEAN en la empresa P. Basados en los resultados positivos, se logró construir una metodología de gestión de proyectos sin pérdidas, para la empresa P pero que contenía oportunidades de ser enriquecida con la replicación de otras metodologías de gestión de proyectos ya desarrolladas para otras industrias.

La metodología de la PMO siempre estuvo soportada en las buenas prácticas del PMI, con un sistema de indicadores de gestión basados en la técnica del valor ganado pero carecía de registros de productividad para las actividades de planeación y ejecución de los proyectos. Así entonces una de las primeras oportunidades de mejora de la metodología es la estructuración de un sistema de indicadores para la medición de la productividad que permita medir más ampliamente el impacto de las iniciativas LEAN.

---

<sup>4</sup> LEAN: Vocablo inglés que traducido al español significa esbelto, sin grasa y que en la gestión administrativa se interpreta como gestión sin pérdidas.

Existe una afirmación célebre que no tiene una fecha específica, pero cuya atribución más remota es de Lord Kelvin<sup>5</sup> “*Lo que no se define no se puede medir. Lo que no se mide, no se puede mejorar. Lo que no se mejora, se degrada siempre.*” Expresiones muy similares son también atribuidas a W. Edwards Deming<sup>6</sup> difusor de la metodología de la “Calidad Total”, y en otros contextos es atribuida a Peter Drucker<sup>7</sup>, el gurú de la gestión administrativa.

En una segunda parte se detectaron oportunidades de soportar la metodología en un sistema integrado de documentos que se ajuste a las necesidades básicas de gestión de la PMO, la empresa tenía un sistema denso de información que se constituía en una carga para el logro de los objetivos de la PMO.

Para esta construcción resultan útiles los aportes de Jason Charvat (2003), que define una metodología para la gestión de proyectos de la siguiente manera:

*...un conjunto de directrices o principios que se pueden adaptar y aplicar a una situación específica. En un entorno de proyectos, estas guías pueden ser una lista de cosas que hacer. Una metodología también podría ser un enfoque específico, plantillas, formularios, e incluso listas de control utilizadas a lo largo del ciclo de vida del proyecto.*

(Charvat, 2003)

## **2.2 OBJETIVOS**

### **2.2.1 Objetivo General:**

Integrar una metodología de gestión de proyectos basada en los principios y herramientas de la filosofía LEAN, entendida como la gestión sin pérdidas, apoyados en las experiencias de implementación de la metodología en la empresa P.

---

<sup>5</sup> Lord Kelvin, (1824 – 1907) William Thompson, primer barón de Kelvin. Físico matemático Británico. La escala de temperatura Kelvin fue nombrada como reconocimiento a su trabajo al determinar el cero absoluto de la temperatura a -273,15 grados Celsius.

<sup>6</sup> William Edwards Deming, (1900 – 1993) PhD Físico y matemático. Desarrollo gran parte de su trabajo apoyando a la industria Japonesa como parte de los esfuerzos de reconstrucción después de la segunda guerra mundial. Se la atribuyen los conceptos de Calidad Total y el ciclo de mejora continua planear, hacer, verificar, actuar (PDCA).

<sup>7</sup> Peter Ferdinand Drucker, (1909 – 2005) considerado el mayor filósofo de la administración (Management) del siglo XX. Creador de las ideas de la corporación moderna.

### **2.2.2 *Objetivos Específicos***

- Realizar un informe de aplicación de la implementación de las iniciativas de gestión de proyectos basadas en la filosofía LEAN, aplicadas en la PMO de la empresa P.
- Proponer un sistema integrado de documentos para las implementaciones de las iniciativas LEAN, para la gestión de proyectos en el sector petrolero y de infraestructura industrial en general, apoyado en el contexto de la empresa P.
- Diseñar un modelo de indicadores de productividad para la evaluación del impacto de la implementación de iniciativas LEAN, para la gestión de proyectos del sector petrolero y de infraestructura industrial en general, apoyado en el contexto de la empresa P.

### **3 REVISIÓN DE LITERATURA**

Todos los días, vemos en los medios cómo la economía global es cada vez más dinámica, con cambios más acelerados y con comportamientos que resultan impredecibles por su total inestabilidad. Una de las razones para esta situación tiene que ver sin lugar a dudas con los avances tecnológicos, que todos los días nos permiten tener un mayor acceso, a herramientas tecnológicas y a través de ellas a una mayor cantidad de información.

Este acceso casi ilimitado a dicha información permite a su vez un mayor dinamismo comercial y esto obliga a que todos los renglones de la economía adquieran una capacidad de adaptación rápida para los futuros contextos. Si una organización pretende subsistir en medio de estos escenarios con una alta demanda de competitividad, debe liberarse de los lastres y debe aliviar su carga para ser más ágil y poder responder con una mayor capacidad. De acuerdo con Michael E. Porter (2008), el trabajo de un estratega es comprender y enfrentar la competencia para lograr mayores rentabilidades.

Las estrategias organizacionales se alinean o son impulsadas por la dirección de Portafolios, la dirección de programas y la dirección de proyectos (PMI, 2013). Por lo cual es consecuente que si un proyecto permite la implementación de un plan estratégico de una organización, entonces también los proyectos deben ser cada día más ágiles, ocupar menos recursos, requerir menos tiempo y obtener una mayor calidad en los entregables para corresponder a la dinámica de competitividad de las organizaciones.

Es importante aclarar que los estándares de gestión de proyectos propuestos por el Project Management Institute (PMI®) o La norma ISO 21500®, o el Marco Lógico o Prince2®, o cualquier otro, no delimitan en ningún caso una metodología de gestión de proyectos, sino que estos sirven como un marco normativo sobre el cual se apoya la metodología en su construcción.

Puede existir una metodología que integre uno o más estándares o tome parte de uno solo de ellos. Debemos tener claro que una metodología es *“un conjunto de directrices o principios que se pueden adaptar y aplicar a una situación específica”* de acuerdo con la definición de Charvat (2003).

#### **3.1 LAS METODOLOGÍAS DE GESTIÓN DE PROYECTOS**

La necesidad de mayor agilidad en los proyectos ha impulsado la propuesta de metodologías de gestión de proyectos que Jason Charvat (2003, pag 85) denomina como las metodologías livianas (*Light*

*Methodologies*), también denominadas Metodologías ágiles, que se caracterizan por ser iterativas, en las que todos los procesos de gestión se simplifican, se tiene una amplia flexibilidad para implementar cambios, el cliente toma parte activa en cada fase del proyecto y los entregables se pueden fraccionar y priorizar de acuerdo con el valor que el cliente percibe cuando puede disponer de ellos.

Nos limitaremos a enunciar algunas metodologías ágiles como referencia para el lector y para mayor ampliación recomendamos el estudio en el documento de Jason Charvat (2003).

- Extreme Programming (XP)
- Scrum
- Crystal Methodology
- Dynamic System Development Methodology (DSDM)
- Rapid Application Development (RAD)
- Adaptative Software development
- *LEAN Development*
- Feature – Driven development

De acuerdo con el sector de desarrollo de los proyectos, las organizaciones, los gerentes de los proyectos, los inversionistas y el equipo de desarrollo/ejecución de los proyectos se enfrentan a la controversia sobre la conveniencia del uso de las metodologías ágiles o las metodologías tradicionales que Charvar (2003) denomina como las metodologías de peso pesado (*Heavyweight Methodologies*).

Entre las metodologías tradicionales o de peso pesado encontramos entre otras las siguientes que de la misma manera nos limitaremos a enunciar e invitamos al lector a consultar a Jason Charvat (2003), si desea más información:

- The Monocycle Methodology
- The Waterfall Methodology
- The Spiral Methodology
- Reverse Engineering Development Methodology
- Structured Systems Analysis and Design Method (SSADM)
- Estandares de gestión del PMI, PRINCE, ISO 21500
- Y otras del sector médico y de investigación científica

Muchos administradores, es decir cuadros de mando funcionales, gerentes de proyectos y gerentes de desarrollo, tienden a preferir las metodologías de peso pesado, (tradicionales) porque quieren predecir todo en el proyecto, hasta la última hora-hombre. Mientras que los equipos de ejecución del proyecto prefieren sistemas de gestión más simples y dinámicos.

Normalmente las metodologías ágiles se adaptan mejor a los pequeños proyectos en los que intervienen equipos humanos pequeños. Con mayor tamaño del equipo, con mayor complejidad y con una más extensa duración del proyecto, la elección de una metodología de peso pesado se hace puramente desde una perspectiva de querer tener el mando y control. De acuerdo con Charvat (2003), las empresas pequeñas no utilizan metodologías de peso pesado y prefieren el enfoque más ágil para la construcción de soluciones.

Para nuestro caso, se puede decir que la empresa P seguía una metodología tradicional tipo cascada enmarcada en el estándar del PMBok, antes de la crisis del 2012, pero después de implementar iniciativas LEAN en tres pilotos aplicados a subprocesos de su sistema de gestión se aproximó a la adopción de una metodología de gestión ágil.

### **3.2 LA METODOLOGÍA LEAN**

El principio de las iniciativas asociadas al concepto LEAN da inicio en 1926 en la fábrica de telas “*Loom Toyota Compañy*” de propiedad de Sakishi Toyoda<sup>8</sup>, a quien se le atribuye la invención del telar mecánico y se conoce como el padre de la industrialización japonesa. En esta fábrica de textiles desarrolló la metodología de los “*5 Porqués?*”<sup>9</sup> para análisis de fallas y los conceptos de “*Jidoka*”, término japonés que significa automatización con toque humano.

En 1933 su hijo Kiishiro Toyoda<sup>10</sup> fundó la fábrica de automotores, *Toyota Motor Company*, influenciado por el concepto de producción en serie (*Continuos Flow manufacturing*) de Henry Ford<sup>11</sup>. Eiji Toyoda<sup>12</sup> y Taiichi Ohno<sup>13</sup> fueron enviados en 1947 a la planta de Ford en Detroit donde realizaron un estudio de la línea de producción y determinaron que existían muchos “*Mudas*” (*termino japonés que significa basura*) en el proceso de producción en serie de Ford.

Esto les permitió desarrollar conceptos como “*JIT*” (*Just In Time*), Inventarios cero y definir lo que hoy en día se conocen como los

---

<sup>8</sup> Sakichi Toyoda, (1867-1930). Inventor Japonés del Telar, conocido como el Rey de los inventores japoneses y el padre de la industrialización japonesa.

<sup>9</sup> Herramienta de análisis de fallas que permite encontrar la causa raíz de los problemas, bajo el precepto que si se hace la pregunta de porque suceden las fallas y se responden sucesivamente 5 veces se encuentra la causa raíz de los problemas y se pueden determinar las acciones correctivas

<sup>10</sup> Kiichiro Toyoda, (1894 – 1952)

<sup>11</sup> Henry Ford, (1863 – 1947), Fundador de la Ford motor Company y reconocido como el padre de las cadenas de producción modernas utilizadas para la producción en masa.

<sup>12</sup> Eiji Toyoda, (1913 – 2013)

<sup>13</sup> Taiichi Ohno, (1912 – 1990), Ingeniero Japonés,

principios de la filosofía LEAN que revisaremos con detalle en el capítulo 4.

Shingeo Shingo<sup>14</sup>, un ingeniero industrial de Toyota analizó el origen de los mudas y los agrupó por fuentes, lo que le permitió a Shingo gestionar las causas de los errores y desarrollar el concepto de “Calidad Cero” con el apoyo en los aportes W.E Deming que se basa en la inspección en sitio y la aplicación de los “Poka Yoke” (*termino japonés que significa “a prueba de errores”*) también conocido como el sistema a prueba de tontos. (Forbes & Ahmed, 2011)

Todos estos desarrollos construyeron lo que se conoce como el “*Toyota Production System*” (TPS) que se terminó de desarrollar después de la segunda guerra mundial, dentro del plan de recuperación económica de la industria Japonesa. El TPS tiene como objetivo minimizar las existencias y defectos en todas las operaciones de producción. (Fernandez, 2014)

La propuesta del TPS llamó la atención en 1973, en medio de la crisis mundial del petróleo, cuando ante la recesión global de la economía la *Toyota Motor Company* demostró una alta eficiencia y logró incluso sostener una alta rentabilidad durante los años sucesivos de 1975, 1976 y 1977. (Sugimori, Kusunoki, Cho, & Uchikawa, 1977)

El aporte del TPS definitivamente marco un hito en la gestión de la producción y el concepto se hizo famoso para la industria de la época. El mismo Taiichi Ohno presentó los alcances y los detalles de su aporte en el libro “*Toyota Seisan hōshiki*” publicado en Japonés en 1978 y luego traducido al inglés y publicado en 1988 (Ohno T. , 1988).

En 1980, el Massachusetts Institute of Technology (MIT) diseñó un programa de estudio de la industria automotriz internacional para evaluar las diferencias entre la producción en masa de la industria Americana y las metodologías usadas por la Industria Japonesa.

El estudio se denominó “International Motor Vehicule Program” (IMVP) y John F. Krafcik fue quien en 1988, uso por primera vez el termino LEAN para referirse a la metodología de la industria japonesa y así se reconoció en adelante. Krafcik definió la metodología como LEAN PRODUCTION porque consideró que correspondía a un sistema esbelto, magro, sin grasa, sin basura en los procesos y que de esa manera lograba la reducción drástica en los costos de producción y mejoraba la velocidad de la producción. (Krafcik J. F., 1988)

Atraídos por los informes del IMVP, en 1990, Womack, Jones & Roos, quienes también eran investigadores de procesos productivos del MIT,

---

<sup>14</sup> Shingeo Shingo, (1909-1990)

dieron inicio a un estudio sobre las técnicas y herramientas del TPS en su libro "*The machine that changed the World*" que en un tiempo record, se convirtió en todo un *Best seller* de la industria en general.

En este estudio se documentaron las iniciativas de optimización de procesos de fabricación de vehículos desarrollados por Toyota que permitieron lograr la reducción de los costos de producción hasta en un 50% con relación a los competidores de Estados Unidos y Europa. En el mismo libro, se definieron los principios de producción sin pérdidas con una mentalidad de mejora continua, evitando la repetición de errores y defectos de producción. (Womack, Jones, & Roos, 1990) (Womack & Jones, 2012) (Fernandez, 2014)

En el sector industrial entre 1990 y el año 2000, esta filosofía de producción se replicó a nivel mundial en casi todos los sectores de manufactura y de la industria de fabricación masiva en general, bajo el término de LEAN MANUFACTURING.

Los mismos autores presentaron en 1996 los principios del concepto *LEAN Management*, en su libro *LEAN Thinking* que se convirtió en un hito del concepto y su última edición se presentó en el año 2012 (Womack & Jones, 2012). Este libro publicado por el *LEAN Enterprise Institute* del MIT, recopila también varios casos de éxito de la implementación de la filosofía de producción.

En 1997 se fundó el LEAN Enterprise Institute (LEI) como resultado del grupo de investigación de LEAN PRODUCTION del MIT y desde ese año ha promovido el pensamiento LEAN de tal forma que se ha replicado a otras áreas de conocimiento y se han hecho desarrollos paralelos en múltiples sectores de la economía mundial. (<https://www.lean.org/WhoWeAre/>, 2016)

### **3.3 CONCEPTO LEAN EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN**

El primer referente que consideró el uso de los métodos de manufactura como una opción para ser usados en proyectos de construcción para mejorar la velocidad y la eficiencia de la labor de construcción fue Frank Gilberth<sup>15</sup> en 1890. (Forbes & Ahmed, 2011)

Pero fue en 1992, el arquitecto Finlandés Lauri Koskela, para entonces profesor visitante en la Universidad de Stanford, quien realizó la propuesta de implementación de una metodología de gestión de la construcción sin pérdidas mediante la replicación de los principios y herramientas LEAN. (Koskela L. , 1992) (Forbes & Ahmed, 2011) (Hernandez & Vizan, 2013)

---

<sup>15</sup> Frank Gilberth, (1868 – 1924) Pionero en estudios de tiempos y movimientos, conocido como el Padre de la Ingeniería Industrial.

Esta propuesta se planteó bajo la denominación de *LEAN CONSTRUCTION (LC)* y creó todo un nuevo paradigma en la ciencia de la gestión de proyectos de construcción, que encontró nicho en la facultad de ingeniería de la Universidad de California en Berkeley, donde se inició una escuela de pensamiento sobre el nuevo concepto. (Hernandez & Vizán, 2013)

Para 1997 también se creó el “*LEAN Construction Institute*” (LCI) “*El Instituto funciona como un catalizador para transformar la industria a través de la entrega magra (LEAN) de proyectos, utilizando un sistema operativo centrado en un lenguaje común, principios fundamentales y prácticas básicas*”. (<http://www.leanconstruction.org/>, 2016)

Para hoy el LCI cuenta con comunidades de apoyo académicas y del sector real en Australia, Irlanda, Escandinavia, Reino Unido y Santiago de Chile. Los co-fundadores de esta organización se encuentran entre los autores más representativos de esta nueva escuela de gestión de la construcción. Podemos referir algunos de ellos, como a Lauri Koskela<sup>16</sup>, Glenn Ballard<sup>17</sup>, Gregory A. Howell<sup>18</sup>, Allan Mossman<sup>19</sup> y Luis Fernando Alarcón,<sup>20</sup> entre otros investigadores que han construido el concepto de construcción sin pérdidas y han documentado experiencias reales y exitosas de implementación.

Por Colombia encontramos al profesor Luis Fernando Botero<sup>21</sup>, del departamento de ingeniería civil de la universidad EAFIT, a quien

---

<sup>16</sup> Docente de la Universidad de Huddersfield, profesor de la Construcción y Gestión de Proyectos. Anteriormente en la Universidad de Salford como profesor de LEAN, basado en proyectos Teoría y Gestión de Producción. Involucrado en la investigación aplicada en el Centro de Investigación Técnica VTT de Finlandia. Miembro fundador y continuamente activo del Grupo Internacional de LEAN Construction.

<sup>17</sup> Glenn Ballard, Docente de la Universidad de California y Stanford, B.A. in Liberal Arts, Ph.D. in Civil Eng. Director del “Project Production Systems Laboratory” de la universidad de Berkeley. Co fundador del LCI

<sup>18</sup> Gregory A. Howell, PE, BSCE y MSCE la Universidad de Stanford. co-fundador y ex presidente del Instituto LEAN Construction (LCI), Fue coautor de “*Productivity Improvement in Construction*” con Clark Oglesby y Henry Parker, publicado por McGraw-Hill. Se desempeñó como erudito eminente en la Escuela de E. Del Webb de la Construcción en la Universidad del Estado de Arizona en 1996.

<sup>19</sup> Alan Mossman, Arquitecto de la Universidad de Liverpool, MBSce, investigador de LEAN Construction en la Universidad de Nottingham Trent y Director en el Reino Unido de investigaciones sobre diseño LEAN y Construcción LEAN.

<sup>20</sup> Luis Fernando Alarcón, Ing Civil, Msc ingeniería y PhD de la Universidad de California. Profesor Pontificia Universidad Católica de Chile. Director del Centro de Excelencia en Gestión de Producción de la Universidad Católica de Chile, GEPUC. Profesor Visitante en The Ohio State University y Visiting Fellow de la Universidad de Salford, Inglaterra. Es miembro fundador del International Group for LEAN Construction (IGLC).

<sup>21</sup> Luis Fernando Botero, Ing. de construcción, Magister en ciencias de la Administración, docente de universidad EAFIT, investigador con una alta productividad reconocida por Colciencias sobre gestión de la construcción.

podemos reconocer como un gran impulsor de la implementación de la filosofía LEAN CONSTRUCTION, en la industria de la construcción en Colombia. Incluso gran parte de sus investigaciones se han desarrollado en el sector real de la construcción con el aval y financiamiento de fondos de investigación de Colciencias y se han aplicado por las grandes constructoras de vivienda del país. (Botero & Alvarez, 2004) (Porras, Sanchez , & Galvis , 2014)

Revisemos una cronología de los aportes de cada autor para contextualizarnos de una mejor manera.

Para 1998, Ballard & Howell hicieron una propuesta de planeación de las obras de construcción basada en los conceptos LEAN, la cual denominaron como “*El Último Planeador*” (*Last planner*). (Porras, Sanchez , & Galvis , 2014) En el año 2000 Glenn Ballard presentó la disertación de la propuesta de “*El Ultimo Planificador*” como su tesis de Grado como Doctor en Filosofía de la facultad de ingeniería en la Universidad de Birmingham. (Ballard G. H., 2000) *Last planner* es similar a la técnica *Scrum* que es usada en proyectos del ámbito de información y tecnología. (Charvat, 2003)

En 1999, Howell, realiza una profundización a la propuesta de Lauri Koskela (1992) realizando una investigación más profunda de la filosofía LEAN aplicada a la producción, en su ampliación, Howell hace una revisión de cada uno de los principios LEAN, sus herramientas y sus técnicas logrando adaptarlas a una nueva forma de gestionar la construcción logrando optimizar los procesos de ejecución de la construcción. Sin embargo el mismo Howell & Koskela (2000) reconocen que su propuesta inicial aún tiene mucho de hipótesis y son más los supuestos que las realidades.

La inquietud por determinar las ventajas o impactos de replicar los principios LEAN en la construcción, versus la construcción tradicional, motiva a Al-Sudairi, Diekmann, Songer, & Brown en 1999 para tomar la iniciativa de realizar un experimento controlado, introduciendo un principio LEAN a la vez, mientras avanzan en un proyecto de construcción. Esta simulación permitió establecer que si bien es muy factible y los beneficios en productividad son mejorados, se requiere tener un grado de madurez en la gestión de proyectos en la organización que lo dirige y se debe educar al equipo de proyecto para que pueda implementar las iniciativas LEAN.

Estas propuestas pusieron otro reto de investigación en el ambiente que consistía entonces en determinar cómo medir y bajo qué parámetros contrastar los efectos de la implementación de una metodología *Lean Construction*, como metodología ágil, versus las metodologías tradicionales. Y esto nos lleva a retomar la frase célebre de Lord Kelvin

*“Lo que no se define no se puede medir. Lo que no se mide, no se puede mejorar. Lo que no se mejora, se degrada siempre.”*

Howell & Koskela (2000), visualizan el problema y parecen ir más allá. Visualizan también que los proyectos cada vez son más complejos, requieren una mejor gestión del presupuesto y deben ejecutarse en el menor tiempo posible. Pero además afirman que la propuesta del estándar de gestión de proyectos del Project Management Institute (PMI), no se alinea con estas necesidades de la nueva dinámica y concluyen que el estándar del PMBok debe ser reformado. Como gran aporte de este documento se construye un nuevo marco de referencia para la gestión de proyectos en el sector de construcción, al cual le dieron el Nombre de *“LEAN Project Delivery System”* (LPDS).

En el mismo documento Howell & Koskela (2000) toman el estándar de gestión de proyectos del PMI®, como una metodología de gestión de proyectos tipo peso pesado, sin embargo Charvat (2003) refiere los estándares como marcos normativos bajo los cuales se puede diseñar una metodología.

Para 1998, Alarcon & Mardones realizan el mismo estudio aplicándolo a la fase de diseño de los proyectos mediante simuladores y experimentos controlados. Su conclusión es que el proceso de diseño debe ser analizado como parte del proceso productivo del proyecto y este debe obedecer a la necesidad de información, como si fuera un insumo más del proceso que debe generar una conversión para poder construir, (ellos lo denominan *convertir*) de una manera continua es decir con *Flujo continuo*, sin interrupciones y de tal manera que cada entrega incorpore *valor* para el proyecto, el cliente y el usuario final.

Todos estos conceptos son recogidos a través de las comunidades de conocimiento del LCI y puede afirmarse que los autores configuraron una dinámica de curiosidad por el alcance del desarrollo sobre el tema, que permitió rápidamente madurar la iniciativa de replicar los principios LEAN a la construcción de obras civiles para llevarlo a un concepto más global de los proyectos.

Así es como en 2003, Ballard & Howell construyen el modelo de gestión *“LEAN Project Management”* en el que desarrollan herramientas específicas de gestión que se presentan como subprocesos que involucran los conceptos LEAN para la gestión de proyectos.

El modelo de gestión de proyectos se sigue desarrollando hasta la fecha de este documento, afinando algunas herramientas y documentando casos de éxito en la replicación de la metodología de gestión de proyectos de construcción. (Ballard G. , 2008) (Mossman, Ballard , & Pasquire, Lean Project Delivery - Innovation in integrated design & delivery, 2010) (Malcomber & Bettler, 2011)

En 2008, Glenn Ballard publica una actualización sobre el marco de referencia de gestión de proyectos LEAN Project Delivery System, (LPDS) en el cual incorpora todos los desarrollos y aportes de otros autores para soportar de una mejor manera su propuesta.

En su estudio demostró que si en un proyecto se consideran las necesidades de los usuarios y se hace un diseño de planta y servicios que obedezcan a la filosofía LEAN, entonces se puede lograr un diseño simplificado de la infraestructura que además cuando entre en servicio puede operar bajo la filosofía LEAN, prestar un servicio con altos estándares de calidad, bajos costos de operación y con una sostenibilidad ambiental más amigable con el medio.

Se documenta como el lograr un diseño más simplificado y eficiente permite a su vez que los costos de la construcción del proyecto sean mucho más bajos, la construcción se puede lograr más rápido y las calidades de la infraestructura pueden incluso superar las expectativas del personal médico y los pacientes con menores costos.

La iniciativa en el desarrollo y las disertaciones han sido tomadas en los últimos años por Alan Mossman, quien se ha enfocado en la divulgación de los principios del uso de la filosofía LEAN en los proyectos mediante servicios de consultoría y desarrollo de investigación de los resultados obtenidos en muchos sectores, en muchos proyectos en muy distintas circunstancias.

Esto le ha permitido pulir el marco de referencia del LPDS adicionando metodologías de implementación, procedimientos, plantillas, modelos de seguimiento y otras herramientas útiles para el LPDS. (Mossman, Ballard, & Pasquire, Lean Project Delivery - Innovation in integrated design & delivery, 2010) (Mossman, 2015)

La asimilación de los conceptos LEAN también encontró una vertiente en los proyectos de Informática y así es como en el concepto de "Agile Project Management" (APM) tomó más fuerza en el ambiente del PMI.

Pero es evidente que los conceptos LEAN y del APM son complementarios, obedecen a metodologías ágiles y ambos mejoran considerablemente la productividad y la eficiencia en la gestión de proyectos de construcción (Chen, Reichard, & Beliveau, 2007).

Incluso en 2015, Suhail Iqbal pone de relieve la necesidad de adoptar técnicas ágiles de gestión en la construcción industrial y propone un nuevo concepto de "LEAN-Agile (LeAgile) Project Management" para la construcción industrial. (Iqbal, 2015)

Etges, Saurin, & Bulhoes, (2013) presentan una propuesta de un protocolo de evaluación de la eficiencia del uso de 15 prácticas de construcción sin pérdidas (LC) en obras de construcción. Con el fin de determinar una medida de la calidad de la implementación de los principios LEAN.

En 2014, los mismos autores realizaron una segunda publicación con mejoras a la publicación realizada en 2013 ya que identificaron que las 15 iniciativas requerían ser enmarcadas en categorías de aplicación con el fin de mejorar la evaluación y requerían también mejorar el protocolo de recolección de datos (Etges, Saurin, & B.S.Etges, 2014)

Los documentos sobre replicas del pensamiento LEAN a otros sectores son tan diversas como abundantes, una de las mas extensivas es la que lideró la Environmental Protection Agency (EPA) de los Estados Unidos que ante la crisis de la economía de ese país en 2006 a 2011 implementó un programa de austeridad para todas las agencias del estado que consistía en la implementación de iniciativas LEAN para reducir los costos y mejorar la eficiencia del estado.

El éxito ha sido tal que casi en todas las paginas web de las agencias estatales y federales se puede ver información relacionada con los resultados de los proyectos LEAN. De la web del estado de Iowa (US-EPA, 2013) por ejemplo se puede obtener un listado de mas de 245 iniciativas LEAN con los resultados obtenidos.

Otro caso relevante corresponde al caso de Rusia que recoge el informe de Mckinsey Global Institute (abril 2009) sobre la implementación desde 1999, de una estrategia de crecimiento en 5 áreas de la economía mediante la implementación de iniciativas LEAN. En el informe se recogen las subestrategias desarrolladas con correspondencia a la aplicación de los Principios LEAN y como estos han sido tan exitosos que le permitieron a Rusia retomar un nivel de potencia mundial y lograr crecimientos sostenidos del 7% entre 1999 y 2007. (McKinsey Global Institute, 2009)

## **4 MARCO REFERENCIAL**

En este capítulo presentaremos la información sobre el estado del arte de los temas que nos pueden ayudar con el objetivo propuesto de producir y documentar una metodología de gestión de proyectos basada en las iniciativas LEAN que pueda ajustarse para ser aplicada en otras empresas del sector petrolero y de infraestructura industrial.

Para esto, en primer lugar nos esforzaremos por describir el ámbito cultural de desarrollo de los proyectos en el sector petrolero para los años 2013, 2014 y 2015 que corresponde a los tiempos en que se desarrolla el contexto de la crisis de petróleo y fuerza a la empresa P a optimizar sus procesos de gestión de proyectos. Esto nos permitirá conocer cuáles eran las prácticas tradicionales, las expectativas y restricciones propias de los proyectos en el sector petrolero para esa época.

A continuación, nos referiremos a las recomendaciones de los autores sobre la identificación y definición de los indicadores de productividad y eficiencia que se pueden tener en cuenta para evaluar el valor de la implementación de las iniciativas LEAN.

Seguido en la tercera parte presentaremos el marco teórico de lo que es la filosofía LEAN. Así mismo analizaremos el estado del arte de las herramientas, metodologías y marcos de referencia que se han construido para la gestión de proyectos y que nos pueden ayudar en la construcción de la metodología de gestión de proyectos que es el objetivo de esta tesis.

En la parte final del marco teórico compilaremos las teorías sobre las recomendaciones para construir una metodología de gestión de proyectos que cubra todos los aspectos necesarios para que sea útil, se alinee con los principios de la filosofía LEAN y sea sostenible en el tiempo para la organización de la empresa P.

### **4.1 EL CONTEXTO: GESTIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN EN EL SECTOR PETROLERO**

#### **4.1.1 Importancia del Petróleo en la Economía Colombiana**

La economía mundial se ha desarrollado con base en el comercio de petróleo durante ya más de 100 años desde que se inició su producción y explotación. Para el año 2014 representó el 2,5% del PIB mundial y un tercio del suministro total de energía que demandó la humanidad se generó con hidrocarburos. (ACP, 2015) (Gallego, Jaramillo, & Patiño, 2015) En el mismo año representó el 7% del Producto interno bruto (PIB) total del país. (Fedesarrollo, 2015)

Figura 1 Participación de la actividad petrolera en el PIB de Colombia

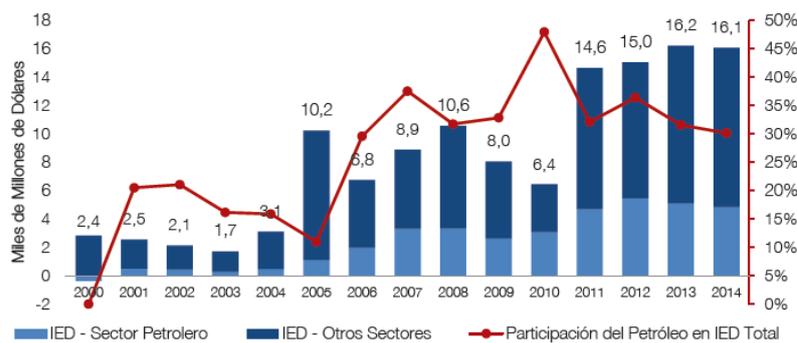


Fuente: (Fedesarrollo, 2015)

El Banco de la Republica de Colombia reportó que la IED en proyectos del sector petrolero, registró los más altos valores en la economía desde el año 2006, cuando la inversión fue de 1.995 millones de dólares que representaron el 29,6%, alcanzando su valor record en porcentaje en el año 2010 con un 47,8% del total de la IED con una inversión de 3.080 millones de dólares y alcanzando el record en valor neto de inversión en el año 2013 con un monto de 5.471 millones de dólares que para ese entonces representó el 36,4 % del total de la IED.

Para el corte a Diciembre de 2015 se registró una IED con un monto de 3.063 millones de dólares que corresponde a una participación del 25,3% del total de la IED y para el 2016 se esperaba una gran caída en las inversiones afectada principalmente por la reducción de la IED en el sector petrolero. (Fedesarrollo, 2015) (UPME, 2015)

Figura 2 Participación de la IED en petróleo en la IED total en Colombia



Fuente: (Fedesarrollo, 2015)

Estos datos nos demuestran que aún en tiempos de crisis las inversiones en proyectos del sector petrolero son las más elevadas y relevantes para el país a pesar de que son consideradas de alto riesgo.

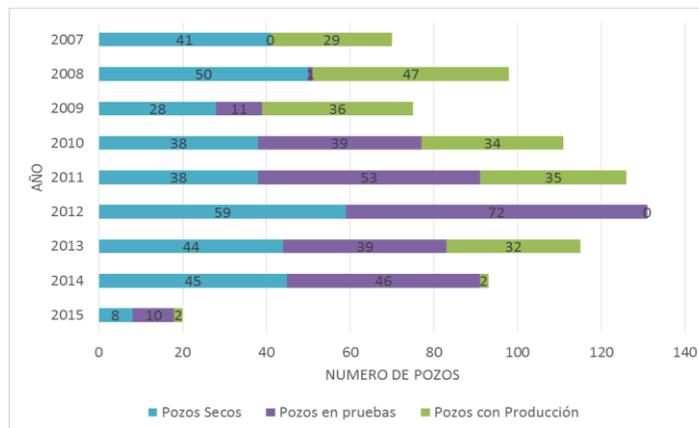
#### 4.1.2 Contexto de Proyectos en el Sector Petrolero en Colombia

El contexto en el cual se desarrollan los proyectos está definido por los factores de riesgo que pueden determinar la factibilidad de los proyectos de inversión del sector y la complejidad de los requerimientos necesarios para poder mitigar o evitar la materialización de esos riesgos.

Entre los factores de mayor relevancia contamos los siguientes:

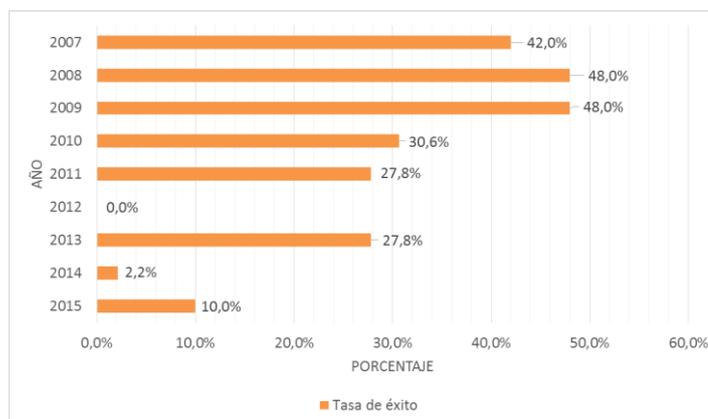
- El éxito de la inversión depende en gran medida de la tasa de éxito<sup>22</sup> de las actividades exploratorias. De acuerdo con el informe de 2015 de la Asociación Colombiana del Petróleo (ACP), los años de mayor tasa de éxito fueron 2009 y 2010 con un 48%, mientras que en 2012 la tasa de éxito fue de 0%.

Figura 3 Resultados de pozos exploratorios en Colombia desde 2007 a 2015



Fuente: (ACP, 2015)

Figura 4 Tasa de éxito de hallazgos en pozos petroleros en Colombia



Fuente: (ACP, 2015)

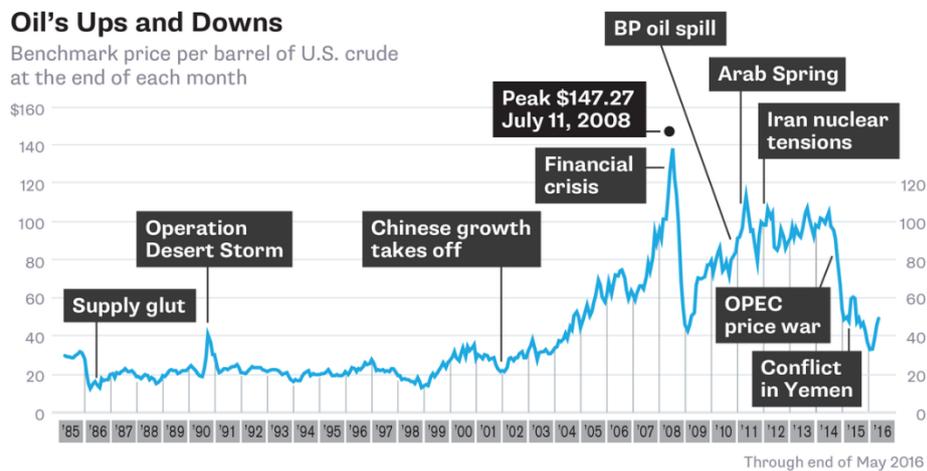
- La volatilidad en los precios del petróleo. En agosto de 2001 el promedio de precio era de 17,7 dólares por barril de referencia

<sup>22</sup> La tasa de éxito de hallazgos corresponde al número de pozos perforados con hallazgos importantes de petróleo en relación al número total de pozos perforados.

WTI, en el 2008 alcanzó el valor de 147 dólares por barril. En enero de 2009, tuvo una caída brusca hasta 42 dólares y se recuperó paulatinamente, sosteniéndose en valores entre los 75 y los 105 dólares, hasta octubre de 2014, cuando la OPEC<sup>23</sup> declaró la guerra de precios y forzó una caída a valores que se han sostenido entre los 30 y 50 dólares por barril. Ver figura 5.

- Las condiciones geográficas y sociales de los lugares donde se desarrollan los proyectos de exploración y producción (E&P). Los pozos de producción se ubican dispersos en lugares remotos de los llanos orientales colombianos en sitios de difícil acceso geográfico. (ACP, 2015) Los lugares son expuestos a amenazas de orden público.

Figura 5 Histórico de precios del petróleo vs efectos políticos y del mercado



Fuente: (Wingfield, 2016)

- Las comunidades de las zonas de influencia son de bajos recursos, normalmente campesinos o colonos o indígenas que ancestralmente han tenido posesión de las tierras. Para permitir el acceso a las empresas de E&P exigen inversiones en desarrollo, beneficios sociales y obligaciones comerciales. (ANH, 2016)
- La especialización tecnológica de los equipos necesarios para la perforación, extracción, producción y transporte de petróleo es del más alto nivel y complejidad. Esto a su vez implica la necesidad de realizar continuamente inversiones en capacitación de personal, investigación, desarrollo (I+D) e implementación de tecnología de vanguardia para lograr la reducción de costos en

<sup>23</sup> Organization of the petroleum Exporting Countries (OPEC), que es una liga de naciones productoras de petróleo que actualmente proveen más del 60% de la demanda mundial.

los proyectos para mantener la competitividad. (Fedesarrollo, 2015)

- La manipulación de los hidrocarburos y los productos asociados puede ser muy peligrosa por las características propias del producto y su estado natural. La producción de hidrocarburos es un proceso químico industrial que incluye la manipulación y control de variables como temperatura, presión, reacciones químicas y manejo de sustancias inflamables por naturaleza. (Arnold & Steward, 1999)
- La aplicación de estándares de seguridad industrial exigidos por las aseguradoras de activos y los entes de vigilancia de las bolsas de valores, exigen el cumplimiento de normas de construcción, especificaciones de materiales y requerimientos operaciones de control y supervisión de procesos que son tal vez las estrictas y detalladas de cualquier sector industrial. (Olivera , Zuleta, Aguilar , & Osorio, 2011)

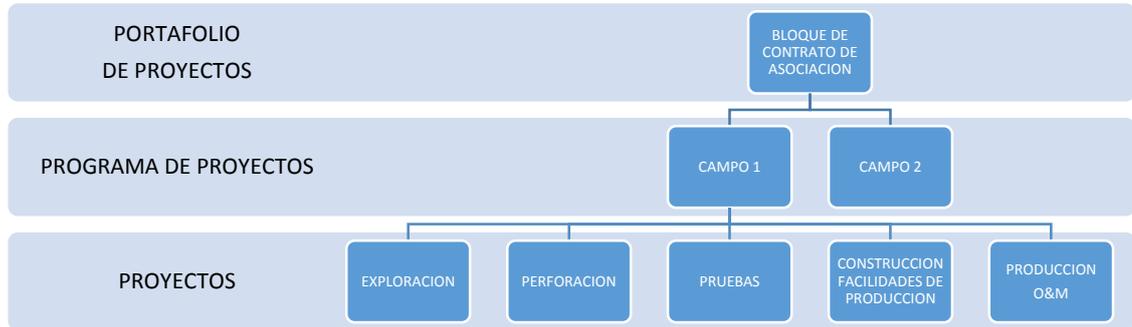
Esto genera varios problemas que van en contra de la planeación de los proyectos y en muchos casos ponen en riesgo la factibilidad de las inversiones. En todos los casos, las inversiones están sujetas a las expectativas que se determinen por los resultados de las exploraciones de sísmica y el tamaño de las reservas que se confirmen para cada bloque.

Una vez que en un bloque se determina el potencial de un pozo específico, se implementa una estrategia de desarrollo para la extracción y producción de los hidrocarburos que corresponde a un programa de proyectos de desarrollo.

Como lo afirma Olivera et al (2011), los trabajos necesarios como la construcción de las plataformas para el posicionamiento del taladro, el proceso de perforación, las pruebas de producción y la construcción de la infraestructura necesaria para la puesta en producción del pozo, se desarrollan como proyectos de inversión individual y segregada en muchos más sub-proyectos de acuerdo con la complejidad de las instalaciones necesarias.

Lo anterior nos permite asociar la siguiente estructura de gestión de proyectos del sector de hidrocarburos:

Figura 6 Estructura de Gestión de proyectos en el sector Petrolero.



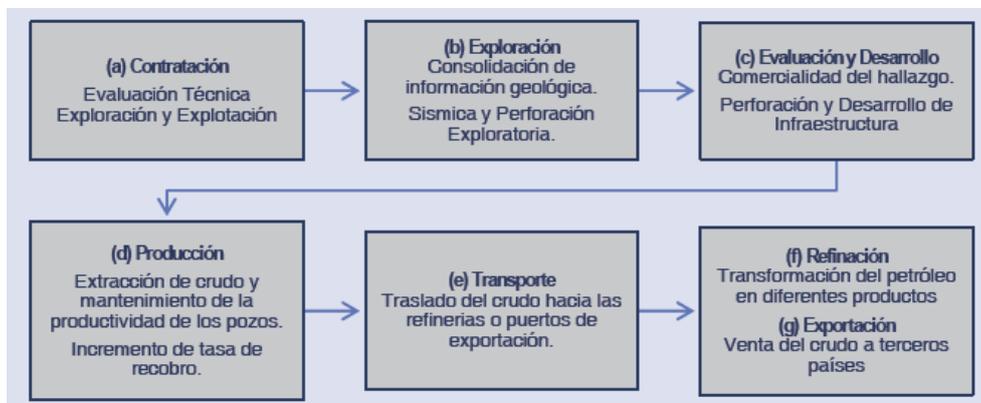
Fuente (propia)

#### 4.1.3 Cadena de Producción de Petróleo en Colombia

De acuerdo con la ANH, la cadena de producción del sector petrolero se refiere a todas aquellas actividades económicas ligadas a la exploración, producción, transporte, refinación y comercialización de los productos del sector. (Fedesarrollo, 2015) En general, la cadena se divide en dos áreas:

- **Upstream:** conformada por Sísmica, Perforación y Producción. Es decir incluye todas las actividades de búsqueda del petróleo y los trabajos necesarios para extraerlo, limpiarlo y entregarlo listo para ser transportado hacia las refinerías.
- **Downstream:** Conformada por Refinación, Transporte y Comercialización de los productos derivados del petróleo.

Figura 7 Estructura de la cadena de valor del petróleo

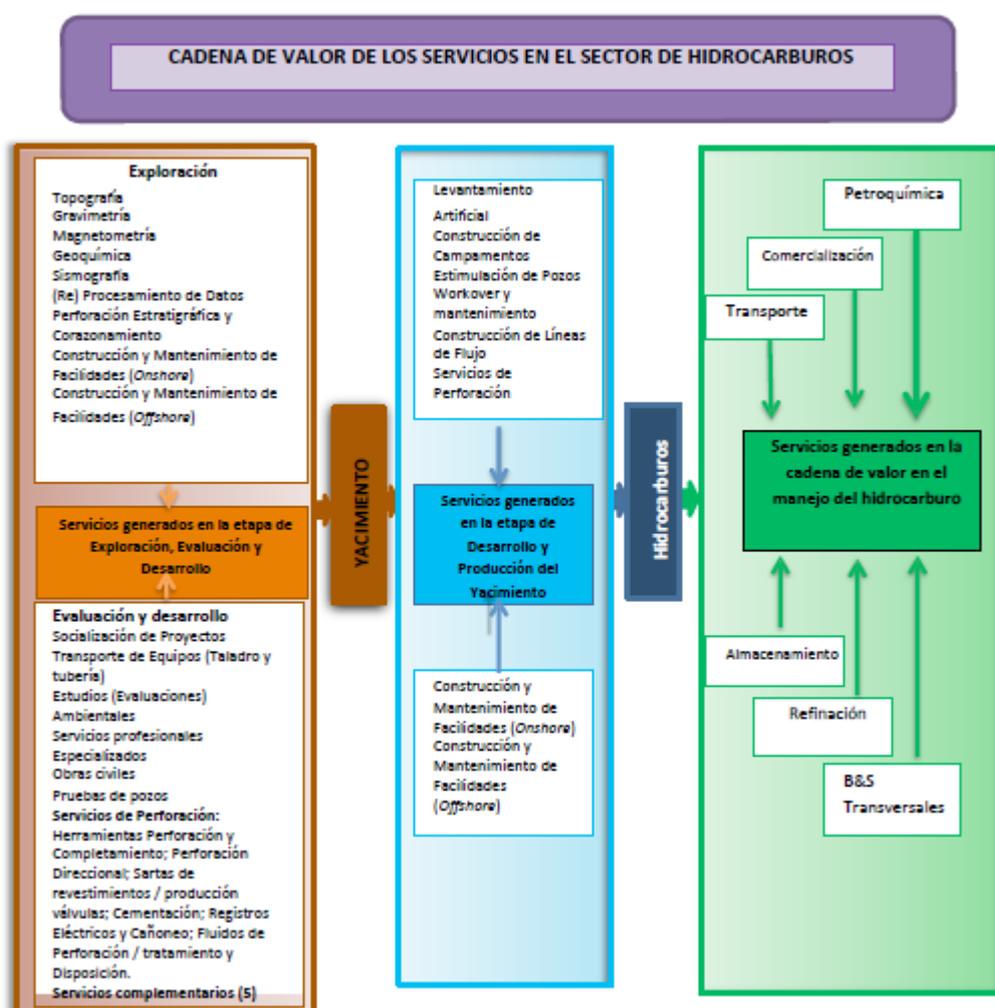


Fuente (Fedesarrollo, 2015)

Las actividades a, b, c y d son del área del Upstream y las actividades e, f y g son del área del Downstream.

En la cadena de valor de la industria petrolera en Colombia se identificaban 59 servicios ofrecidos por el mercado por un 47% de empresas extranjeras y un 57% de empresas de capital nacional. (Gallego, Jaramillo, & Patiño, 2015). El listado de servicios asociado con la cadena de valor la podemos revisar en la Figura 8.

Figura 8 Cadena de Valor de los servicios en el sector Hidrocarburos



Fuente: (Barrios Giraldo & Cárdenas Valero, 2005)

#### 4.1.4 Administración Estatal del Sector Petrolero

En Colombia el Ministerio de minas y energía es la entidad pública de nivel superior ejecutivo central que actúa a nivel nacional y tiene por objeto la administración de los recursos naturales no renovables de Colombia. En relación con el sector petrolero se encarga de dirigir y coordinar la política nacional bajo la cual se rige toda la cadena productiva petrolera. (ANH, 2016)

Mediante el decreto ley 1760 de 2003 se creó la ANH como una entidad con autonomía administrativa, técnica y financiera, adscrita al Ministerio

de minas y energía, encargada de la administración integral de la producción y reservas de hidrocarburos de Colombia. A esta entidad se le han otorgado los deberes de la administración de los contratos de asociación o de concesión de Exploración y Producción petrolera del país. (ANH, 2016)

En el capítulo 2.1.1 ya nos habíamos adelantado a exponer en qué consisten los contratos de concesión con el objetivo de contextualizar el problema que debió afrontar la empresa P entre los años 2012 y 2014. Recordemos que la ANH estableció los contratos de concesión, como parte de la estrategia de gobierno de 2003 para aumentar la IED en el sector mediante la ampliación de los incentivos para las empresas de E&P petrolera.

#### **4.1.5 La Gestión de Proyectos en el Sector**

La diversidad de servicios requeridos y la especialidad tecnológica de cada uno, hace que el sector petrolero se caracterice por liderar el desarrollo tecnológico de la industria en general, aportando en casi todas las áreas de la ingeniería en desarrollo e innovación de nuevas tecnologías, materiales y metodologías de gestión. De la misma manera los altos riesgos financieros de las inversiones y los peligros por la manipulación de los hidrocarburos hace que sea un sector altamente regulado y vigilado (Neal, 2007).

Las exigencias de autorregulación, integridad de las instalaciones y seguridad de las personas que laboran en el sector se han desarrollado por la iniciativa de organizaciones como el “American Petroleum Institute” conocido como API, que es una entidad que desde 1919 desarrolla y publica estándares y mejores prácticas para la regulación del sector petrolero.

El API, tiene su base en los Estados Unidos de Norteamérica pero sus normas y recomendaciones son casi ley en el sector a nivel global. El API representa o incluye entre sus miembros a los productores, proveedores, operadores de ductos, transportadores marinos, y compañías de servicios y suministros que soportan la industria. (Gourley, Bellora, Lauer, Schlachter, & Miller, 2013).

En cuanto a la gestión de proyectos no se logra establecer si hay una tendencia o recomendación directa de buenas prácticas de gestión que sea exclusiva para el sector a pesar del alto valor de sus inversiones. Gallego et al (2015) concluyen que las organizaciones vinculadas al desarrollo de proyectos y prestación de servicios del sector petrolero se administran de acuerdo con las directrices de las casas matrices cuando son extranjeras y de acuerdo con la experiencia específica en el sector cuando son empresas nacionales.

Ahora bien, por observaciones del autor de este documento, se evidencia que las empresas del sector tienen como referencia los estándares del Project Management Institute (PMI).

De acuerdo con la encuesta de salarios del PMI (2015) el 96% de los certificados como *Profesional Project Management (PMP-PMI®)*, en Colombia lo han hecho entre 1 a 10 años y el 39% labora en actividades de ingeniería, Consultoría, Construcción y Recursos mineros, las cuales también son actividades que se asocian con los servicios del mercado petrolero del país. Podemos inferir una relación entre el incremento en la inversión en proyectos del sector petrolero y el incremento en el interés por la obtención de las certificaciones como PMP-PMI® en Colombia.

## **4.2 INDICADORES DE DESEMPEÑO**

Flapper et al (1996), define el desempeño como la forma en que las organizaciones consiguen sus objetivos. Y en ese sentido, conocer la capacidad de rendimiento aporta información para orientar el proceso de planificación y control en el nivel organizativo, razón por la cual su adecuada medición aumenta su utilidad. (Diez, Perez, Gimena, & Montes, 2012)

Según Flapper et al (1996), los indicadores son importantes dentro de una organización puesto que dicen lo que debe medirse y cuáles son los límites de control dentro de los que debe estar dicho rendimiento. Y Neil et al (2005) afirma que el nivel de rendimiento que alcanza una organización está en función de la eficiencia y la eficacia de las acciones que realiza

Por su parte Radnor & Barnes (2007) afirman que la eficiencia se basa en la relación entre producción y entradas, con un enfoque de medidas de productividad del proceso y utilización de recursos, mientras que, la eficacia se basa en la idea de salidas apropiadas del proceso.

Después de revisar las fuentes literarias no es fácil determinar una diferencia entre los conceptos de eficiencia y eficacia, para asociarlos a la productividad. Para muchos incluso tienen la misma definición, por lo cual adoptaremos los conceptos que define Forbes & Ahmed (2011), teniendo en cuenta que su trabajo está asociado a la medición de la productividad en los proyectos organizados bajo la filosofía LEAN Construction.

### **4.2.1 Productividad**

De acuerdo a Forbes & Ahmed 2011 la productividad, es la medida con la cual se puede determinar que tan bien son utilizados los recursos en

su conjunto, en las organizaciones, para lograr el cumplimiento de los objetivos de una iniciativa. (Forbes & Ahmed, 2011)

Esta definición de Productividad nos permite entender que lo que se busca obtener es el máximo desempeño con la mínima demanda de recursos, lo cual se ajusta con el principio fundamental de la filosofía LEAN definida por Womack (1998) en la que recordemos describió la filosofía LEAN como un medio para “*Hacer más y más con menos y menos*”.

En general, definir indicadores de productividad en el caso de los proyectos, es mucho más complejo y limitado. Complejo porque los proyectos tienen una característica inherente de ser únicos e irrepetibles, lo que significa que si logramos definir unidades de productividad en un proyecto específico, esto no significa que podamos replicarlas exactamente de la misma manera en otro proyecto de características similares. (Diez, Perez, Gimena, & Montes, 2012)

Uno de los objetivos de establecer mediciones de productividad es que estas medidas sean comparables y repetibles para poder construir referencias y poder determinar por ejemplo si un contratista A es más productivo que otro contratista B. (Forbes & Ahmed, 2011)

Buscando una fuente más especializada, para tomar referencias de productividad, nos encontramos con el “*Bureau of Labor Statistics (BLS)*” que es una organización de investigación y desarrollo sobre el desempeño de la productividad en los sectores productivos de los Estados Unidos y en su página web encontramos que definen la productividad como “*el factor de relación entre el valor de las salidas de un proceso (bienes o servicios) con los insumos de entrada que pueden ser esfuerzos, trabajo, capital, energía, etc.*” (US - DEPARTMENT OF LABOR, 2016)

También dicen que estos insumos de entrada de la relación, pueden ser agrupados en cinco aspectos: suelo (área), materiales, capital, trabajo y tecnología.

#### **4.2.2 Efectividad y Eficiencia**

La productividad también puede ser entendida como la relación entre la efectividad y la eficiencia de la siguiente manera:

$$\text{Indice de productividad} = \frac{\text{salida obtenida}}{\text{entrada suministrada}}$$

$$\text{Indice de productividad} = \frac{\text{desempeño alcanzado}}{\text{recursos consumidos}}$$

$$\text{Indice de productividad} = \frac{\text{Efectividad}}{\text{Eficiencia}}$$

Así entonces si incrementamos la Efectividad, manteniendo los mismos recursos aumentamos la productividad y si aumentamos la eficiencia sin aumentar la efectividad la productividad se verá reducida. (Forbes & Ahmed, 2011). Por su parte Gerald (1997) nos aclara que hay cinco formas básicas de gestionar la productividad:

$$(1) \text{ Reducción de Costos} = \frac{\text{salida al mismo nivel}}{\text{entrada decreciendo}}$$

$$(2) \text{ Gestionando el crecimiento} = \frac{\text{Incrementando las salidas}}{\text{incrementando las entradas mas lentamente}}$$

$$(3) \text{ Reingeniería (optimización)} = \frac{\text{Incrementando la salida}}{\text{entrada constante}}$$

$$(4) \text{ Recorte} = \frac{\text{decrecimiento de salidas}}{\text{decrecimiento de entradas mas rapidamente}}$$

$$(5) \text{ Trabajo Eficaz} = \frac{\text{incrementar la salida}}{\text{reduciendo la entrada}}$$

En la práctica, el manejo de estas estrategias de productividad debe ser muy bien analizado para no tener resultados contradictorios. (Gerald, 1997)

### **4.3 EL CONCEPTO LEAN**

#### **4.3.1 Evolución Histórica del Concepto LEAN**

En el capítulo 3 nos extendimos ampliamente en los antecedentes históricos del concepto. En la figura 9 podemos ver un resumen cronológico del concepto LEAN hasta nuestros días.

Figura 9 Evolución histórica de iniciativas LEAN



Fuente: Construcción propia basada en el estudio de las fuentes literarias.

#### 4.3.2 Definición:

El significado de la palabra inglesa "LEAN" traducida al idioma español significa; esbelto, magro, sin grasa<sup>24</sup>. Este término se le atribuye a John Krafcik (1998), quien era investigador del "International Motor Vehicle Program (IMVP)"<sup>25</sup> del MIT.

Una producción sin desperdicios, sin pérdidas, sin inventarios, sin procesos que no agregan valor configuraron lo que se denominó LEAN Production System en los estudios que desarrollo el MIT. (Freire & Alarcon, 2002). En el capítulo 3 ampliamos suficientemente la información.

#### 4.3.3 Principios LEAN

De acuerdo con Womack et al (2012) El pensamiento LEAN se puede resumir en cinco principios para su implantación:

1. Especificar con precisión el concepto de valor para cada producto específico
2. Identificar el flujo de valor para cada producto
3. Hacer que el valor fluya sin interrupciones
4. Dejar que el consumidor atraiga a sí (Pull) el valor procedente del fabricante
5. Perseguir la Perfección.

<sup>24</sup> <http://www.wordreference.com/es/translation.asp?tranword=LEAN>

<sup>25</sup> El IMVP fue creado por el MIT en 1980, para estudiar la industria automotriz internacional y determinar porque el éxito de la industria Japonesa.

El punto de partida básico para el pensamiento LEAN es *el valor*. El valor solo lo define el consumidor (usuario) final y solamente es significativo cuando se expresa en términos de un producto específico (un bien o servicio) que satisface las necesidades del consumidor final. (J.P Womack et al 2012).

**El flujo** de valor es el conjunto de todas las acciones requeridas para transformar un producto o servicio específico para satisfacer las necesidades de un cliente o usuario final. Hay procesos que aportan valor, procesos que contribuyen a su generación y procesos que no aportan nada. Los que aportan y contribuyen, deben ser optimizados y los dos últimos deben ser depurados para construir el Flujo de valor efectivo. (Ballard & Howell, 2003).

De acuerdo con (Hernandez & Vizán, 2013) para lograr que el **valor fluya** es necesario actuar bajo las siguientes recomendaciones:

- Crear conocimiento
- Decidir tan tarde como sea posible, para tomar decisiones con el máximo de información disponible
- Empoderar al equipo
- Construir calidad
- Ver todo el panorama, no enfocarse e puntualidades
- Eliminar la basura en los procesos (Mudas)

Cuando en 1947 los ingenieros de Toyota visitaron las plantas de Ford en Estados Unidos determinaron que si bien el flujo continuo de manufactura era muy eficiente, este tenía muchos defectos o procesos basura que no agregaban valor al producto final y esto es lo que en Japonés se llama “muda”.

Los “mudas” son todas las actividades que consumen recursos sin crear valor. Traducido del japonés significa “despilfarro” y representan a los fallos que precisan rectificación. Estos mudas pueden corresponder a producción de artículos que nadie desea, pasos en procesos que no son necesarios, inventarios, movimientos innecesarios de empleados, transporte de productos sin ningún propósito y sub utilización del talento y competencias del personal. (Womack & Jones, 2012)

Shingeo Shingo los clasificó en siete fuentes de mudas, que aún hoy son válidas para enfocar la búsqueda de defectos en los procesos de gestión o producción.

- **Sobreproducción**, entendido como producir más de lo que el mercado o el cliente demanda.
- **Esperas** o tiempos muertos entre etapas de los procesos de producción o de servicio. Tiempos en los que toda la capacidad

productiva está detenida sin construir valor esperando que otros procesos terminen o que un insumo ingrese al proceso.

- **Transporte** improductivo o excesivo de productos entre diferentes lugares, bien sea como insumos de otros procesos o entre los puntos de venta y distribución.
- **Procesos ineficientes**, que demandan recursos pero que no agregan valor para el producto o el servicio final.
- **Inventarios improductivos** de materias primas, productos no terminados o productos terminados que ocupan espacio, generan gastos, y no aportan valor a los activos.
- **Movimiento innecesario** e improductivo del personal, los documentos, los productos e incluso la información.
- **Defectos** en la producción o los servicios que deben ser corregidos antes de sean pagados por el cliente o el consumidor final.

Womack et al en 2012 en su libro *LEAN Thinking* incluyó una octava fuente de mudas que es la **sub-utilización de las competencias** o la capacidad productiva del personal y los recursos de la organización.

Los mudas se complementan con otras fuentes de desperdicio o sub-utilización de recursos, que la filosofía define como sus objetivos primarios y son: i) Eliminar la sobrecarga (muri), ii) la inconsistencia (mura) iii) y el desperdicio (muda). (Fernandez, 2014)

#### **4.3.4 Herramientas LEAN**

El pensamiento LEAN permite obtener alta calidad, rapidez y bajo costo en los procesos de gestión en general. Es habitual asociar el concepto LEAN con el concepto Six Sigma, pero es importante aclarar que Six Sigma es un conjunto de técnicas y herramientas para mejora de procesos basado en la medición y el control estadístico. (Fernandez, 2014). Podemos usar dichas herramientas para complementar las fases de control y seguimiento de los implementaciones LEAN.

Presentaremos las herramientas LEAN en la tabla 4 en un resumen, tomado de las guías de métodos de gobierno LEAN de la EPA<sup>26</sup> (US-EPA, 2013)

---

<sup>26</sup> Environmental Protection Agency, U.S.

Tabla 1 Herramientas LEAN

Herramienta	Descripción
Just do It!	Una simple acción que debe ser tomada inmediatamente para solucionar un problema o reducir basura en un proceso. Se conoce también como “Kaikaku”
Caminata por el proceso /Treasure hunt	Un equipo funcional multidisciplinario y multirango de miembros del equipo, caminan a través del área de trabajo en un periodo corto de tiempo, identificando oportunidades para reducir basura e introducir mejoras.
5S	<p>Método para mantener limpio y ordenado el área de trabajo:</p> <p>Fuente: (Fernandez, 2014)</p>
Visual controls	Implementar señales o símbolos para comunicarles a todos los interesados sobre el estatus de la gestión, los procedimientos y los avances.
Standar Work	Establecer reglas y/o secuencia de actividades para hacer un determinado proceso y que se pueda medir consecutivamente.
A3	Es un formato para la identificación y comunicación de iniciativas de mejora que incluye toda la información necesaria.
Value Stream mapping - Event	Evento de identificación y rediseño de la cadena de valor de los procesos susceptibles de optimización.
Kaisen Event	Evento de mejora continua. En el cual se analiza toda la información disponible y se determinan los planes de acción a seguir para optimizar los procesos

Fuente: (US-EPA, 2013)

#### 4.3.5 LEAN Project Management

Si observamos los proyectos como sistemas de producción temporal y los estructuramos para generar un entregable, con una maximización del valor y con un mínimo de basura entonces se puede configurar un proyecto “LEAN” (Ballard & Howell, 2003).

La gestión de proyectos sin pérdidas (LEAN Project Management) difiere de la gestión de proyectos tradicional en los objetivos que persigue, en la estructuración de las fases del proyecto, la relación entre las fases y los participantes en cada fase. (Ballard G. , 2008).

Los proyectos de construcción, desarrollo de software, construcción de estructuras, construcción de barcos, filmación de películas y todas las formas de sistemas de trabajo que se asocian a procesos repetitivos desarrollados por paquetes de trabajo o iniciativas que tienen procesos estandarizados y en algunas fases son muy repetitivos emulándose a los procesos de producción en serie. (Forbes & Ahmed, 2011).

Por este contexto han surgido distintas iniciativas de gestión de proyectos entre las que podemos nombrar:

- LEAN Construction (LC)
- LEAN project delivery system (LPDS)
- Agile Management - Scrum (Beck & et al, 2001)
- Last planner (LP)
- Target Value Design (TVD)
- Responsibility – based Project Delivery (RbPD) (Malcomber & Bettler, 2011)

#### **4.4 INICIATIVAS DE GESTIÓN DE PROYECTOS LEAN**

##### **4.4.1 LEAN Construction (LC)**

*En principio “LEAN construction”, que traducido al español se entiende como “Construcción sin pérdidas”, se basa en la aplicación de técnicas y herramientas del área de la producción LEAN en los procesos de construcción de proyectos de obras civiles y arquitectónicas en masa.*

El “Construction Industry institute (CII)”, define *LEAN construction* ó construcción sin pérdidas como “el proceso continuo de eliminación de desperdicios, que cumplen o superan los requisitos del cliente, centrándose en toda la cadena de valor, y la búsqueda de la perfección en la ejecución de un proyecto de construcción.” (Construction Industry Institute, 2016)

Por su parte, Koskela (2002) lo describe como un medio para diseñar sistemas de producción (construcción) para minimizar los desperdicios de materiales, tiempo, y esfuerzo con el objetivo de generar la máxima cantidad de valor.

La propuesta de Koskela define dos tipos de actividades:

- **Actividades de flujo**, como inspección, esperas de materiales, alistamientos, movilizaciones de equipo, etc. En común tienen que ninguna agrega valor a la construcción y en el ideal de la filosofía LEAN deben ser eliminadas.
- **Actividades con conversión**, es decir todas aquellas actividades que implican un proceso de transformación de materiales para lograr la construcción de un bien. Estas actividades deben ser optimizadas y reducidas para ser más eficientes.

Koskela, demostraba en su estudio realizado en compañías de construcción de Europa y Estados Unidos que en proyectos de construcción, solo un 3 o 20% de las actividades eran actividades de conversión y que comparadas contra todo el ciclo de desarrollo de los proyectos, contando desde su concepción hasta su entrega, podían

están entre un 0,5 y un 5% del tiempo total. Y atribuyó esto a tres causas principales:

- **Los malos diseños**, debido especialmente a la subdivisión de las tareas en actividades cada vez más atomizadas, que al final implican que los tiempos de inspección, espera y movimientos se aumenten en defecto de las actividades de conversión
- **La falta de conocimiento**, que lleva a que los procesos se lleven adelante sin un análisis detallado de las actividades y que se ejecuten por inercia, casi como una tendencia del sector.
- **La inherente naturaleza de la producción**, porque hay una cultura acostumbrada lidiar con defectos, reparaciones, reprocesos y accidentes que causan actividades que no agregan valor, también conocidas como "NonValue-Added (NVA)

Ante este escenario Koskela definió los principios Heurísticos de LC:

- Reducir la cantidad de NVA
- Incrementar la salida de valor a través de la consideración sistemática de los requerimientos del cliente o usuario final
- Reducir la variabilidad en el ritmo de construcción
- Reducir el tiempo del ciclo. Es decir el tiempo total requerido entre la manifestación de requerimiento del cliente y el momento en que el cliente recibe a satisfacción su requerimiento.
- Simplificación por minimización del número de pasos, partes y enlaces de subprocesos (traspasos)
- Aumentar la flexibilidad de las salidas
- Aumentar la transparencia de los procesos
- Construir la mejora continua en los procesos
- Equilibrar al mejora del flujo con la mejora de las actividades de conversión
- Realizar Benchmark continuo.

#### **4.4.2 LEAN Project Delivery System (LPDS)**

Cuando consultamos las noticias de la gestión pública de los recursos económicos en cualquier parte del mundo, es evidente en todo tipo de proyectos y contratos se presentan problemas de sobre costos, demoras, defectos de calidad y pobre desempeño de los contratistas. Son muy pocos los casos de éxito que se pueden encontrar y el sector privado no está exento de este tipo de problemas.

De acuerdo con Forbes (2012), los pobres diseños y la poca calidad en la documentación de las ingenierías son identificados como los factores

de mayor impacto en la generación de problemas de bajo desempeño y eficiencia en la construcción. Estos problemas además de sobre costos y retrasos, también causan que los proyectos se llenen de reprocesos, órdenes de cambio, inventarios y conflictos entre los involucrados en los proyectos.

Ante esta situación Ballard (2000) construyó un proceso de gestión de proyectos que se basa en las iniciativas y principios de la filosofía LEAN. Como una evolución de la iniciativa de Koskela (1992).

Ballard desarrolló lo que se conoce como “LEAN Project Delivery System (LPDS)”, como un modelo de gestión de proyectos que integra los diseños a la generación de valor de los proyectos y propone herramientas y preceptos que permiten optimizar el proceso y hacer que este sea interactivo y se constituya en un medio que permita identificar y asegurar la generación de valor para el cliente o usuario final de los entregables de los proyectos.

El proceso de desarrollo de proyectos tradicional en el sector de construcción, separa las fases de Diseños o Ingeniería de la fase de construcción, mientras la propuesta del LPDS propone que estas actividades se desarrollen de manera continua de tal manera que se logren los tres objetivos fundamentales de la Filosofía LEAN. (Koskela, Howell, & Tommelein, 2002)

- Entregar el producto esperado por el cliente o usuario final
- Maximizar el valor de los entregables del proyecto
- Minimizar las pérdidas y desperdicios.

LPDS corresponde al despliegue de lo que se conoce como “Las 5 grandes Ideas”<sup>27</sup> propuestas por el “LEAN Project Consulting” (Macomber, 2016). Estas propuestas integran los procesos de diseño de los proyectos con los procesos de contratación, construcción, uso y abandono del entregable del proyecto. Las 5 grandes ideas son:

- Colaborar; Realmente colaborar, a través del diseño, planificación y ejecución
- Optimizar todo el proyecto y no por pedazos
- Acoplar estrechamente el aprendizaje con la acción
- Ver los proyectos como redes de compromisos
- Construir Relaciones entre todos los participantes en el proyecto

---

<sup>27</sup> En Ingles, “Five Big Ideas”. Sutter Health en 2004 presentó una conferencia sobre lo que llamó “Five Big Ideas that are Reshaping the Design and Delivery of Capital Projects” en el marco de unas conferencias promovidas por el “LEAN Project Consulting”. (Macomber, 2016)

La primera idea implica construir y empoderar a todas las personas y los recursos necesarios para desarrollar de manera conveniente las soluciones de diseño y explorar los impactos en los entregables de los proyectos.

Para entenderlo de una mejor manera podemos referirnos a la actualización sobre la aplicabilidad del LPDS que el mismo Ballard presentó en 2008, donde usó el ejemplo de un proyecto de construcción de un hospital. En este ejemplo, Ballard expone cómo todo parte de una necesidad específica, que es construir una unidad hospitalaria en un lugar específico con una capacidad determinada. Estos criterios son los primeros insumos del diseño.

En un esquema tradicional de gestión de proyectos como por ejemplo lo propuesto por el Project Management Institute (PMI) esto corresponde a la fase de Inicio, que es claramente definida y con una frontera marcada por la aprobación de la declaración del alcance del proyecto y permite pasar a una fase de planeación.

Para el caso del LPDS no es así, porque para este caso con los requerimientos y los criterios de diseño, se procede a diseñar un producto en el que se contemplan todos los principios de la filosofía LEAN para contemplar incluso cómo se construiría más eficientemente bajo el modelo LEAN CONSTRUCTION, y como se prestaría el servicio médico también aplicando LEAN HEALTH CARE<sup>28</sup>.

De acuerdo con Ballard (2008), LPDS permitió construir un edificio con las siguientes ventajas:

- Se construye lo que realmente se necesita
- No solo se cumple con el proyecto, sino que se optimizan los costos, el tiempo y los recursos.
- Se satisfacen los estándares de calidad de la construcción y los requerimientos legales y de regulación del sector.
- El edificio se diseña de tal manera que permite un costo de operación y mantenimiento optimizado durante toda su vida útil.
- El edificio es amigable para el personal que lo usa. Para el ejemplo de Ballard (2008) el hospital resultó más amigable para el personal médico y los pacientes.

---

<sup>28</sup> LEAN Health Care, es un modelo de gestión de la atención clínica que también se basa en los principios del Toyota Production System, para optimizar los procedimientos, los recursos, la infraestructura, la operación, el mantenimiento y en especial la prestación de los servicios médicos. Esta iniciativa fue promovida por el MIT y la Universidad de la Florida en el año 2000 y una de los primeros casos de éxito se reporta en el 2001 en el Virginia Mason Medical Center (Seattle, Washington).

- Las edificaciones normalmente se certifican más fácilmente bajo el esquema “*LEED U.S. Green Building Council*”<sup>29</sup>, también conocido como certificación de construcción sostenible.

## **Estructura del LPDS**

El modelo LPDS, se estructura por fases, de manera similar a otras metodologías o estándares de gestión de proyectos. La principal diferencia es que estas fases se traslapan unas con otras, mostrando la esencia de su propuesta que es indicar que los proyectos se construyen de manera interactiva y que por ejemplo los diseños deben ser desarrollados casi a la par con las necesidades de la construcción para lograr recoger las expectativas y necesidades de los clientes o usuarios finales.

El modelo LPDS está organizado en 5 fases:

- Definición del proyecto
- Diseño LEAN
- Suministro LEAN
- Ensamblaje LEAN
- Uso

Que dan lugar a 11 módulos o etapas que son:

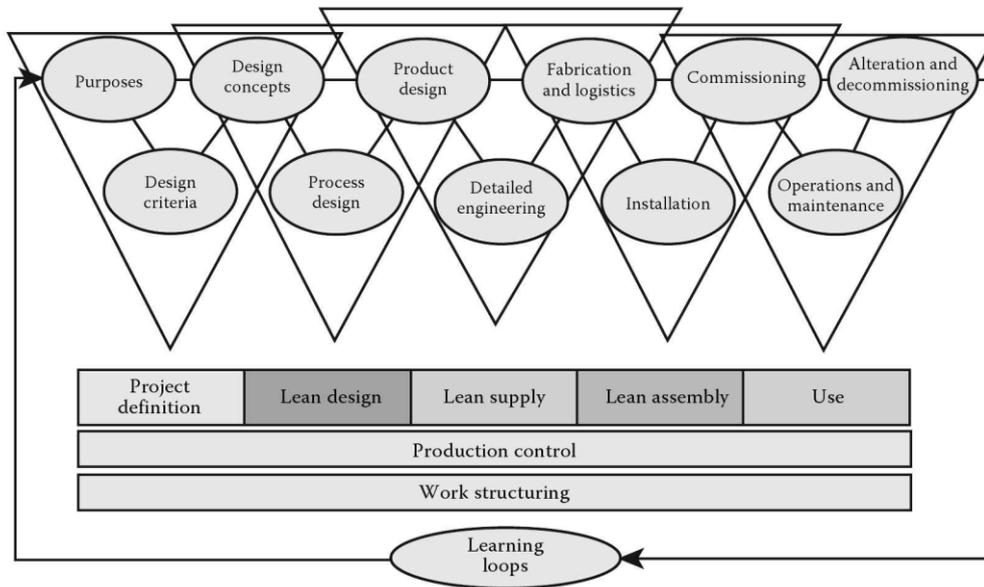
- Objetivos
- Criterios de diseño
- Conceptos de diseño
- Diseño de procesos
- Diseño de producto
- Ingeniería de Detalle
- Fabricación y logística
- Instalación
- Puesta en marcha
- Explotación y Mantenimiento
- Final de la vida útil

De manera similar a la fase de Monitoreo & control del PMBok (2016), existe un módulo de Control de la producción y un módulo de estructuración del trabajo, además de un módulo de evaluación Post-ocupacional que une el final de un ciclo con el siguiente generando un aprendizaje por retroalimentación. La figura 10, nos muestra los detalles del modelo del LPDS.

---

<sup>29</sup> LEED, or Leadership in Energy and Environmental Design, es una certificación otorgada bajo parámetros del U.S Green Building Council, que demuestra que las edificaciones cualquiera que sea su uso, cumplen requerimientos de respeto por el medio ambiente y uso eficiente de energía.

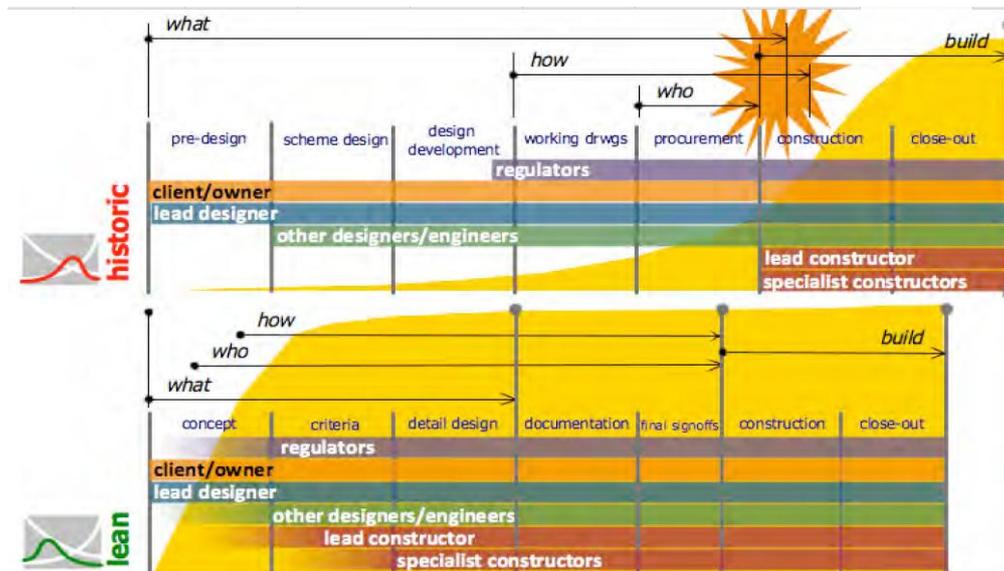
Figura 10 Modelo del LPDS (Ballard, 2000)



Fuente: (Ballard G. , The lean Project Delivery System: An Update, 2008)

En una explicación gráfica usada por él en 2003 y que mostramos en la Figura 11, podemos ver cuáles son las diferencias básicas del modelo LPDS versus el modelo tradicional de gestión de proyectos:

Figura 11 Comparación del modelo tradicional versus el modelo LPDS de la línea de tiempo de gestión de proyectos



Fuente: (Mossman, Ballard , & Pasquire, Lean Project Delivery - Innovation in integrated design & delivery, 2010)

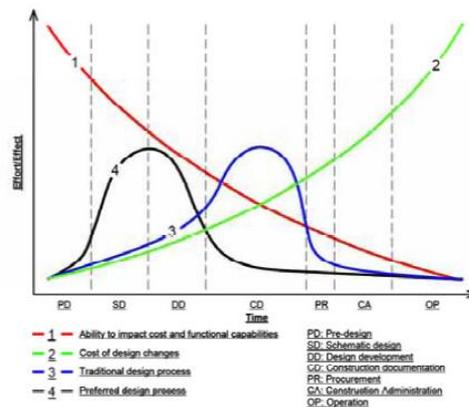
En la primera parte, vemos el modelo tradicional de desarrollo de los proyectos, donde la etapa de diseños y la de construcción actúan como

dos fases totalmente separadas, pero cuando se inicia la construcción se identifican todo tipo de problemas, por ejemplo:

- Los diseños no acogen las necesidades reales del cliente
- Por mucho esfuerzo, la documentación de la ingeniería no tiene todos los detalles y quedan muchos aspectos sujetos a la interpretación o a la solución emergente.
- Pueden haber problemas de materiales incompletos o fuera de especificaciones requeridas
- El tiempo y los recursos de construcción son muy limitados. Todo para última hora.
- El costo de los cambios en el momento de la construcción son demasiado altos y riesgosos.

En la segunda gráfica, se presenta lo que se propone con el modelo del LPDS, que es integrar los diseños con la construcción, y esto implica que muy tempranamente se involucren a los representantes del cliente, los diseñadores, los constructores, los entes de regulación y los especialistas en el desarrollo del proyectos para asegurar que los cambios en los diseños se adviertan tempranamente y los efectos negativos sean reducidos para que no generen sobre costos, demoras o cambios en el alcance requerido. La relación de diseños y construcción es progresiva y se ejecuta al final con menos tiempo y menos presupuesto.

Figura 12 Curva de MacLemy. Relación esfuerzo versus tiempo en el desarrollo de proyectos



Fuente: (EGLC - European Group for Lean Construction, 2016)

Las curvas de Mac Leamy colocadas al costado derecho inferior nos permiten observar la relación de esfuerzos y tiempo de cada situación. En el caso de gestión de proyectos tradicional (recordemos, Charvat (2003) también las denomina como metodologías de Peso Pesado) y que Mossman llama "histórico", es evidente que los costos y los riesgos de gestionar cambios son muy altos en comparación con los diseños

que se desarrollan en las fases tempranas en los cuales se evitan cambios innecesarios y que resultan muy costosos.

#### **4.4.3 Integrated Project Delivery (IPD)**

La integración de las iniciativas LEAN a la gestión de proyectos llevó a los que se conoce como IPD, que el American Institute of Architects (AIA) definió en 2007, de la siguiente manera:

*...un modelo de ejecución de proyectos que integra a las personas, sistemas, estructuras empresariales y las prácticas dentro de un proceso que toma ventaja mediante la colaboración de los talentos e ideas de todos los involucrados, para optimizar los resultados del proyecto, aumentar el valor para el propietario, reducir los residuos y maximizar la eficiencia a través de todas las fases del diseño, la fabricación y la construcción.*

(Forbes & Ahmed, 2011)

El desarrollo y uso del IPD, que se basó en el modelo del LPDS, también generó las necesidades de desarrollar nuevas herramientas de apoyo para la implementación de las iniciativas y para poder lograr los ideales de los principios del pensamiento LEAN.

Una de las herramientas que tomó más valor en el desarrollo de proyectos del sector es conocida como *Building Information Modeling (BIM)*, la cual se basa en el uso de herramientas informáticas de software y hardware para diseño en 2, 3 y 4 dimensiones, de lo que podemos llamar “maquetas virtuales” de los edificios o infraestructura a construir.

Estos modelos permiten integrar a todos los involucrados en el proyecto de manera temprana e interactiva en el diseño del proyecto y permite construir progresivamente las maquetas finales de “como construido” donde se integran los cambios detectados en la construcción y permite disponer de un modelo real para las fases de Operación y mantenimiento de la infraestructura. Lo anterior se alinea perfectamente con la intención del IPD.

#### **4.4.4 Last Planner System (LPS)**

Last planner System, es propuesto por Glenn Ballard en el año 2000 como su tesis de grado de Doctor en Filosofía de la facultad de ingeniería en la Universidad de Birmingham. LPS o “Sistema del Último Planificador (también SUP)” es una herramienta que propone Ballard que define un método de planeación y control de las actividades de los proyectos que usa los principios LEAN para realizar la programación de las actividades que realmente se pueden hacer con los recursos disponibles de tal manera que se eviten los problemas comunes de la

planeación de actividades de los métodos tradicionales. (Ballard G. H., 2000)

Bajo cualquier método de gestión los proyectos se retrasan porque en la planeación no se consideran todas las variables específicas del proyecto, ya que se planifica considerando supuestos con alto grado de incertidumbre. (Rodriguez, Alarcon, & Pellicer, 2011)

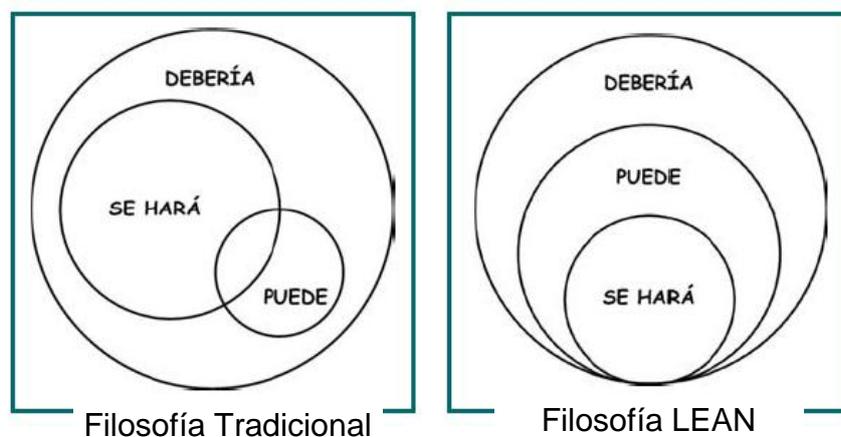
Algunas variables no valoradas habitualmente son:

- La disponibilidad de materiales
- La definición de diseños y requerimientos
- Los problemas de disponibilidad y calificación de competencias de mano de obra
- Los problemas de gestión administrativa
- Los rendimientos (productividad) incorrectamente estimados en la ejecución

Estos errores generan problemas comunes en todos los proyectos, muy a pesar de los esfuerzos y el uso de herramientas software para realizar la planeación. Si planificar consiste en determinar lo que “debería” hacerse para completar un proyecto y decidir lo que “se hará” en un cierto período de tiempo, debe reconocerse que debido a restricciones no todo “puede” hacerse, produciéndose retrasos de forma reiterada (véase la figura 13). (Rodriguez, Alarcon, & Pellicer, 2011)

En la mayoría de las obras lo que “puede” y lo que “se hará” son ambos subconjuntos de lo que “debería” hacerse; si el plan (“se hará”) se desarrolla sin saber lo que “puede” hacerse, el trabajo realmente ejecutado será la intersección de ambos subconjuntos.

Figura 13 Filosofía de planeación tradicional y la planeación LEAN



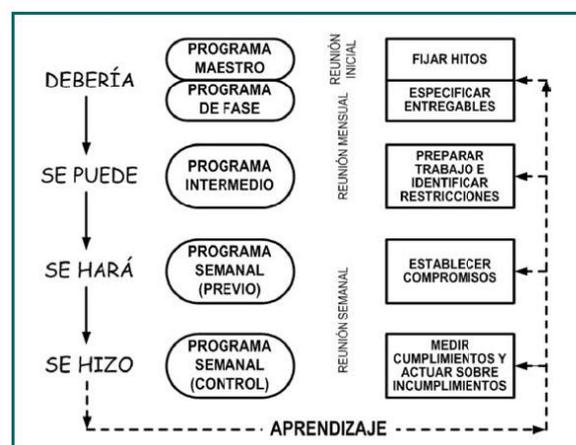
Fuente: (Rodriguez, Alarcon, & Pellicer, 2011)

La filosofía de planificación LEAN, definida en LPS, determina que solo “se harán” las actividades que se sabe que “se pueden” realizar, y a su vez solo se puede hacer todo aquello que la planeación macro del proyecto determinó que se “debería” realizar para lograr el objetivo del proyecto. Esto constituye una forma de depurar las actividades que se harán para construir los entregables del proyecto. En el caso tradicional, fácilmente se cae en “hacer” actividades que están fuera del alcance de lo que se determinó que “se haría”.

El proceso de aplicación del sistema se realiza de la siguiente forma de acuerdo con las definiciones de Ballard (2000):

- Elaboración del plan maestro por parte del equipo de planeación y gerencia del proyecto. Este plan maestro define los hitos del proyecto, es decir los entregables de valor para el cliente y las fechas en que se deben tener disponibles.
- Elaborar el programa de fase en el caso de proyectos complejos y extensos.
- Elaborar el plan intermedio, enmarcado dentro del plan maestro, para un periodo de uno a tres meses, realizando análisis de riesgos y restricciones para identificar el trabajo que se puede hacer, evitando cuellos de botella o pérdidas por falta de materiales, recursos o mano de obra.
- Elaborar un plan semanal interactivo, con la participación de coordinadores del proyecto, contratistas ejecutores, planificadores, encargados, proveedores, almacenistas, etc.. para lograr un detalle más amplio de la planificación intermedia. En este punto se asignan responsables, recursos y tareas específicas a completar.
- Realizar reuniones de “Los Últimos Planificadores” para verificar el cumplimiento del plan semanal, detectando las causas de no cumplimiento de lo planificado y estableciendo el plan de la siguiente semana.

Figura 14 Sistema del Ultimo Planificador (LPS)



Fuentes: (Rodriguez, Alarcon, & Pellicer, 2011)

La confiabilidad del plan se mide en términos del Porcentaje del Plan Completado (PPC), al final de cada semana. Las causas de los fallos de cumplimiento también se investigan semanalmente con el fin de evitarlas en el futuro. La confiabilidad de la planificación está directamente relacionada con la productividad. (Forbes & Ahmed, 2011) (Mossman, 2015)

#### **4.4.5 Target Value Design (TVD)**

En 2007, el término valor objetivo de diseño (TVD) fue adoptado por Hal Macomber, Greg Howell, y Jack Barbeiro para referirse al costo objetivo de ajuste de la construcción. El TVD se define por Ballard como gestión de la construcción que tiene como objetivo generar el máximo valor posible de acuerdo con un costo objetivo fijo. (Forbes & Ahmed, 2011).

El TVD es también un método para la mejora continua y reducción de pérdidas. Otra definición establece que "la idea principal de la TVD es hacer del valor del cliente el principal enfoque, para definir los diseños reducir los desperdicios y aumentar la satisfacción o incluso superar las expectativas del cliente". (Forbes & Ahmed, 2011)

La metodología implica realizar diseños en una colaboración cerrada con el cliente y el usuario final, en los cuales se determina un presupuesto o costo objetivo como techo de las inversiones y luego de manera progresiva se van definiendo los detalles de diseño del proyecto, determinando lo que es esencial para el proyecto y tratando de depurar todo aquello que puede considerarse innecesario o que no representa suma de valor para el cliente. El TVD es complementado por la ingeniería de costos de los proyectos.

## **5 DISEÑO METODOLÓGICO**

### **5.1 PROCESO DE INVESTIGACIÓN**

El autor de esta investigación participó como “Observador Participante Completo” de acuerdo con las situaciones del investigador, que define Gold (1958) y que Kawulich cita en 2005. El autor formó parte activa del grupo de gestión de proyectos de la empresa P, desde mediados del año 2011 y su rol como responsable de la coordinación de la calidad en los proyectos de la organización, implicaba la responsabilidad de identificar las oportunidades de mejora que el proceso de gestión de los proyectos podía implementar.

Así el autor, conoció de primera mano los problemas y el contexto de la situación que configura la necesidad de implementar cambios que corrigieran las debilidades y gestionaran los riesgos de los proyectos. La observación participante completa, le permitió al autor entre otros aspectos reunir la siguiente información:

- Conocer y caracterizar la cultura interna, los comportamientos y el lenguaje de los grupos de interesados que participan de la gestión de proyectos de la empresa y el sector.
- Identificar y conocer el contexto legal bajo el cual se rige el desarrollo de proyectos del sector petrolero en Colombia.
- Acceder a los Informes Financieros de la compañía
- Acceder a los presupuestos y los informes internos de la oficina de proyectos de la empresa P.
- Acceder al repositorio de lecciones aprendidas de la PMO
- Proponer y desarrollar un proyecto piloto experimental de implementación de iniciativas basadas en los principios LEAN. El proyecto incluyó el desarrollo de tres (3) eventos enfocados en la mejora de los procesos de:
  1. Gestión de requerimientos.
  2. Planeación, seguimiento y control de los proyectos.
  3. Control de obras de construcción mecánica en campo.
- Implementar los ajustes en los pilotos de acuerdo con las necesidades de productividad del proceso.

Adicionalmente se tuvo acceso a los informes financieros y presupuestos de la organización, sin embargo esta información se reservará de la publicación por solicitud de la gerencia de proyectos que hoy corresponde a la organización R después de haber adquirido la empresa P.

Por otro lado en el proceso metodológico, también nos basamos en las recomendaciones de Eisenhardt (1989) para desarrollar un análisis de

caso, teniendo en cuenta que la metodología a proponer se basa en el compendio de información colectada y presentada en este documento como un informe de aplicación de varias herramientas de la Filosofía LEAN para la mejora continua en los procesos de gestión de proyectos de la empresa P. En la tabla 2 se presentan los pasos de análisis del caso propuesto.

En el proceso de análisis del caso se incluyó la recolección y organización de los datos que nos permitieron establecer un antes y un después de la implementación de las iniciativas para definir factores de evaluación del impacto del proyecto piloto. Una vez organizados los datos de manera interactiva pudimos analizar los datos y definir las mediciones de productividad relevantes para la oficina de proyectos y la organización.

Cuando obtuvimos los resultados concluyentes se logró establecer un compendio de recomendaciones metodológicas que nos permitieron finalmente proponer una metodología de implementación de iniciativas LEAN que incluyó todas las fases de desarrollo de los proyectos, con procedimientos recomendados, técnicas y herramientas adaptadas para el contexto de desarrollo de los proyectos del sector petrolero colombiano. De acuerdo con lo anterior sintetizamos que el proceso de investigación se desarrolló en tres fases como se indica en la figura 15.

Figura 15 Fases de la investigación



Fuentes: Propia

Tabla 2 Pasos de análisis del caso. Según Eisenhardt (1989).

Pasos recomendados por Eisenhardt (1989)	Diseño del estudio de caso
(1) Definir pregunta de investigación con construcciones a priori	La pregunta que se resolvió fue: "Si una metodología de gestión de proyectos basada en las iniciativas LEAN podía ser replicada y sus beneficios mejorarían la eficacia de la gestión de proyectos en PMO's del sector petrolero?"
(2) Seleccionar el (los) caso (s) en función de la población y muestreo específico para replicar o extender la teoría emergente	Se analizó el caso específico del experimento piloto de replicación e implementación de las iniciativas LEAN, desarrollado en 3 eventos en la oficina de gestión de proyectos de la empresa P entre los años 2012 y 2013.
(3) Determinar el medio de colección de información para promover la triangulación entre las fuentes de datos y los investigadores	Se tuvieron varias fuentes de datos, las cuales definimos así: <b>Entrevistas:</b> Se realizaron entrevistas a tres miembros del equipo de gestión de proyectos que participaron en el piloto de replicación. Se entrevistaron personas que participaron en el proyecto y que para las fechas en que se desarrolló el estudio aún estaban vinculados con la empresa P. <b>Observación directa:</b> El autor de este documento fue el líder de las implementaciones de las iniciativas que son objeto de estudio. <b>Documentación:</b> Se analizó documentación de informes de gestión interna de la empresa P, de la oficina de proyectos. Respetando en todo caso las reservas de confidencialidad y manejando las cifras e información que la organización autorice. <b>Registros históricos de la oficina de proyectos:</b> Se tuvo disponible toda la información de los informes de desempeño de la oficina de proyectos, con registros de antes y después de la implementación de las iniciativas. Esto también incluyó los procedimientos internos de gestión y las estructuras organizacionales.
(4) Organizar la información para facilitar un mejor análisis y recopilación de datos	La información colectada se clasificó por su fuente y por su fecha de emisión. Esto quiere decir que se organizó en una matriz en la cual se pudo segregar el evento, contra la fuente de la información, y la fecha de emisión para determinar el antes y el después. Este proceso fue dinámico e iterativo durante todo el desarrollo del análisis de caso.
(5) Analizar los datos dentro y fuera del caso	Una vez completada la información esta se analizó de acuerdo a los aspectos que permitieron evaluar el impacto de las implementaciones de las iniciativas LEAN. Este proceso fue iterativo con el paso (3 y 4).
(6) Formulación de la hipótesis mediante la búsqueda de replicación;	Por ser un informe de aplicación, no se hizo realmente.
(7) Retomar la literatura mediante la comparación de los resultados con la literatura en conflicto y similares	Se retomó la literatura de otras experiencias y otras metodologías de gestión de proyectos basadas en la filosofía LEAN para enriquecer la propuesta de la metodología y presentar de una manera más estructurada lo que se alcanzó a lograr en la PMO de la empresa P.
(8) Alcanzar el cierre cuándo se dejar de iterar entre teoría y datos	El análisis de las fuentes y su uso en la construcción de la metodología llevó a la necesidad de no solo describir los logros de la empresa P sino a analizar e interpretar la estructura que finalmente se usó para presentar la metodología.

Fuentes: Adaptación de (Eisenhardt, 1989)

### **5.1.1 Descripción de las Fuentes de Información**

- 1. Fuentes Documentales:** se tuvo acceso a toda la información documental interna de la compañía y del departamento de proyectos, entre la información disponible están los informes de gestión y presupuestos que se catalogan como información reservada por la organización, y no podrán incluirse en este documento, pero se tomará información concluyente para poder contextualizar cuál fue la evolución de la organización en cuanto a la productividad de la inversiones antes y después de la implementación de la iniciativas LEAN.
- 2. Entrevistas:** Se realizaron entrevistas al Gerente de área de proyectos, al líder de planeación de proyectos y uno de los coordinadores de construcción en campo. Las entrevistas se desarrollaron en Octubre de 2016 con el objetivo principal de recoger los conceptos sobre la experiencia vivida en 2014, sobre los pilotos de implementación de Iniciativas LEAN para la mejora de los procesos de gestión de la Oficina de gestión de proyectos de la empresa P y determinar adicionalmente los siguientes aspectos:
  - Determinar si para los entrevistados, la implementación de la filosofía LEAN es válida para ser usada como metodología de gestión administrativa
  - Qué grado de impacto tuvo el uso de las iniciativas de la filosofía LEAN en la gestión de proyectos de la empresa P
  - Si las personas que participaron de manera directa en las iniciativas consideran que la metodología es útil y replicable para la gestión de proyectos en otros ambientes de trabajo.
- 3. Observación Directa:** Finalmente el impulsor de las iniciativas y autor de este documento participó como observador participante completo y en varios apartes se presentarán o se referirán notas de la observación directa del proceso de desarrollo de las iniciativas LEAN.

## **6 SITIO DE INVESTIGACION**

### **6.1 CONTEXTO GENERAL DE LA EMPRESA “P”**

La historia de la empresa P es un vívido ejemplo de la forma como se desarrollaron las empresas de Exploración y Producción (E&P) del país.

La empresa P inició operaciones en Colombia a mediados de los 90's, se sostuvo con una producción pequeña pero constante, de bajo costo y una estructura organizacional muy básica, en la que no existía una oficina de proyectos hasta el 2010 cuando logra un importante hallazgo, que obliga a la organización a redefinir su estrategia organizacional, implementando una oficina de proyectos para poder construir las facilidades necesarias para producir un volumen importante de petróleo. (ACP, 2015)

Desde el año 2008 la empresa inició la cotización de acciones en la bolsa de valores de Canadá que se mantuvo estable hasta diciembre de 2010 cuando tuvieron un hallazgo de crudos livianos que les permitió pasar de 5.000 Barriles por día de crudo a más 40.000 barriles. Este nuevo volumen estimulo los mercados y la acción se valorizó rápidamente llegando a cuadruplicar su valor en menos de un año. La valorización se logró también gracias al excelente precio del barril de petróleo en el mercado que superaba los 100 dólares por barril. (Granda, Vélez, & Zuluaga, 2012)

Sin embargo a pesar del buen precio y los grandes hallazgos de 2010 y 2011 para el año 2012 se presentó un estancamiento en los éxitos de exploración de todas las compañías del sector, en todo el año ninguna empresa tuvo éxito en al menos un pozo y esto incluyó a Ecopetrol. (ANH, 2016) Esta situación sumada a una reducción en el volumen de producción, creó una incertidumbre en los inversionistas de las bolsas de valores y llevó a una devaluación de todas las acciones de las empresas del sector. (Fedesarrollo, 2015)

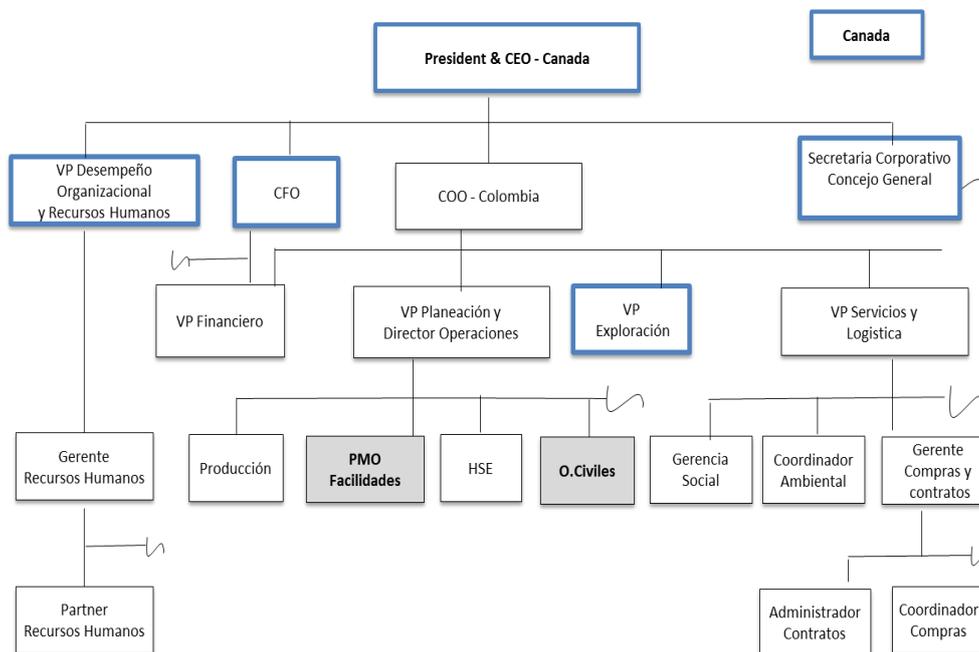
La situación del 2012 obligó a la empresa “P” a replegarse, teniendo que implementar medidas de control de gasto, que por ejemplo los llevaron a reducir el presupuesto de inversión en nuevos proyectos al 50% durante cuatro trimestres consecutivos. Esto llevó a reducir el presupuesto del 2013 a un 20% de lo planeado inicialmente en el 2012.

De otro lado se implementó una reestructuración organizacional donde se fusionaron la gerencia de proyectos de facilidades y la Gerencia de proyectos de Obras civiles, con lo cual la estrategia de coordinación de proyectos debió ser redireccionada. Recomendamos ver la figura 16 donde se presenta el organigrama corporativo de la organización.

Los cambios forzados, sumados a directrices estratégicas de la junta directiva de la compañía, llevaron a la PMO a replantear su estrategia de gestión y buscar oportunidades de mejora continua que le permitieran asumir los cambios y continuar cumpliendo sus objetivos a pesar de las circunstancias.

A finales del año 2013 la empresa es vendida a otra empresa de E&P, pero la estructura de la empresa "P" se mantiene estable por un año más, durante este tiempo se desarrollan las iniciativas LEAN en la organización de la PMO.

Figura 16 Organigrama corporativo de la PMO de la empresa "P"



Fuente: reportes internos de la PMO

## 6.2 ¿CÓMO ERA LA PMO DE LA EMPRESA "P" ANTES DE LA CRISIS?

La oficina de proyectos de la empresa "P" solo se organizó hasta el año 2010, como resultado del incremento de producción. En la figura 16, vemos cual era la estructura organizacional de la compañía donde existían dos gerencias de proyectos, una dedicada a la construcción de facilidades electromecánicas y otra dedicada exclusivamente a las obras civiles. La gerencia de facilidades a la postre prevalecería en la reestructuración del 2012 y a la adquisición del 2013, por lo cual nos enfocaremos en el contexto de esta área.

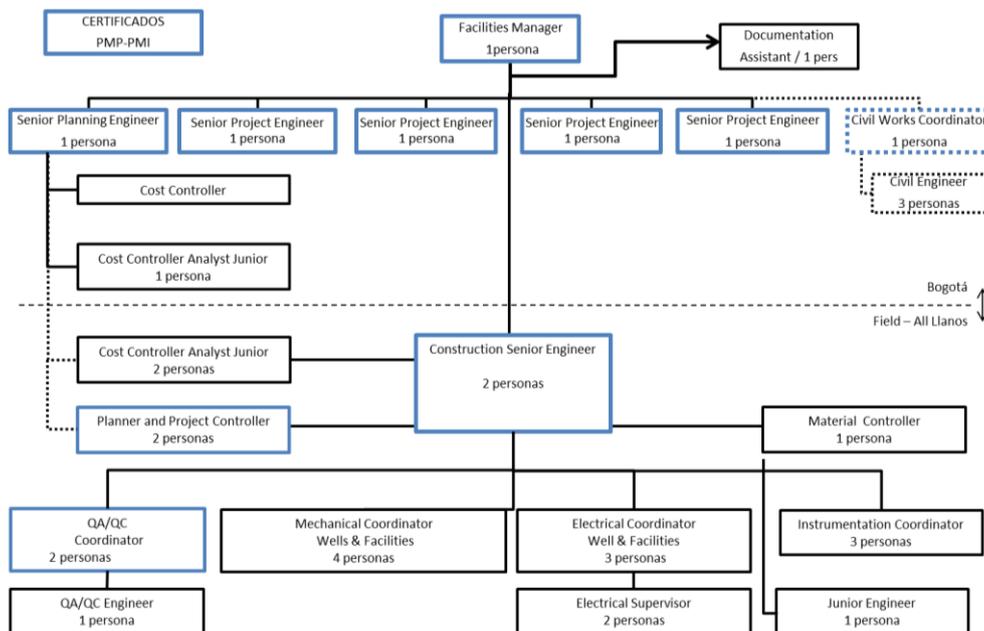
Como se observa, la estructura de la organización era funcional, donde la Gerencia de producción era el cliente final de toda la gestión de las

gerencias de Exploración, perforación, Testing, Facilidades, obras civiles y otras áreas centrales.

Por su parte la Dirección de la PMO que en el ámbito interno de la empresa P se conoce como la “Gerencia de facilidades” tenía una estructura dividida en dos escenarios (ver figura 17); el primer escenario que corresponde a la gerencia propiamente dicha de los proyectos ubicada en las oficinas centrales, desde donde coordina todas las fases de desarrollo de los proyectos, y por otro lado el escenario de la ejecución de los proyectos en los campos de producción ubicados en los llanos orientales (Casanare), en Neiva (Huila) y Orito (Putumayo).

Adicionalmente en el 2011 e inicios del 2012, esta estructura de personal estaba complementada por una nómina paralela de personal suministrado a través de contratos de interventoría en todas las disciplinas de construcción.

Figura 17 Organigrama de la PMO de la empresa "P"



Fuente: Informe final de Proyectos (2012)

### 6.2.1 Modalidades de Contratación

Las modalidades de contratación usadas en la PMO correspondían a procesos de licitación cerrada a oferentes con experiencia en construcción en el sector petrolero, de carácter nacional o internacional. Los servicios contratados eran entre otros los siguientes:

- Contratos de servicios de ingeniería para el diseño, cálculo y definición de especificaciones de los proyectos. Los contratos

- eran de suministro de personal especializado por horas hombre de esfuerzo con tarifas de precios fijos con ajustes por IPC anual.
- Contratos marco de construcción a todo costo por precios fijos, para obras mecánicas con vigencia a dos años.
  - Contratos de construcción a todo costo por precios fijos, para obras eléctricas y de instrumentación, con vigencia a dos años.
  - Contratos de construcción a todo costo por precios fijos, para obras civiles, con vigencia a dos años.
  - Los suministros de servicios específicos, en todo caso se hacían por demanda, a través de la gerencia de compras quienes se encargaban de buscar el mejor oferente disponible en el mercado.

### **6.2.2 Metodología de Gestión de Proyectos Antes de las Iniciativas**

Desde el momento que la empresa definió la necesidad de organizar una oficina de gestión de proyectos de facilidades y otra para las obras civiles, se dieron directrices para adoptar e implementar las mejores prácticas globales.

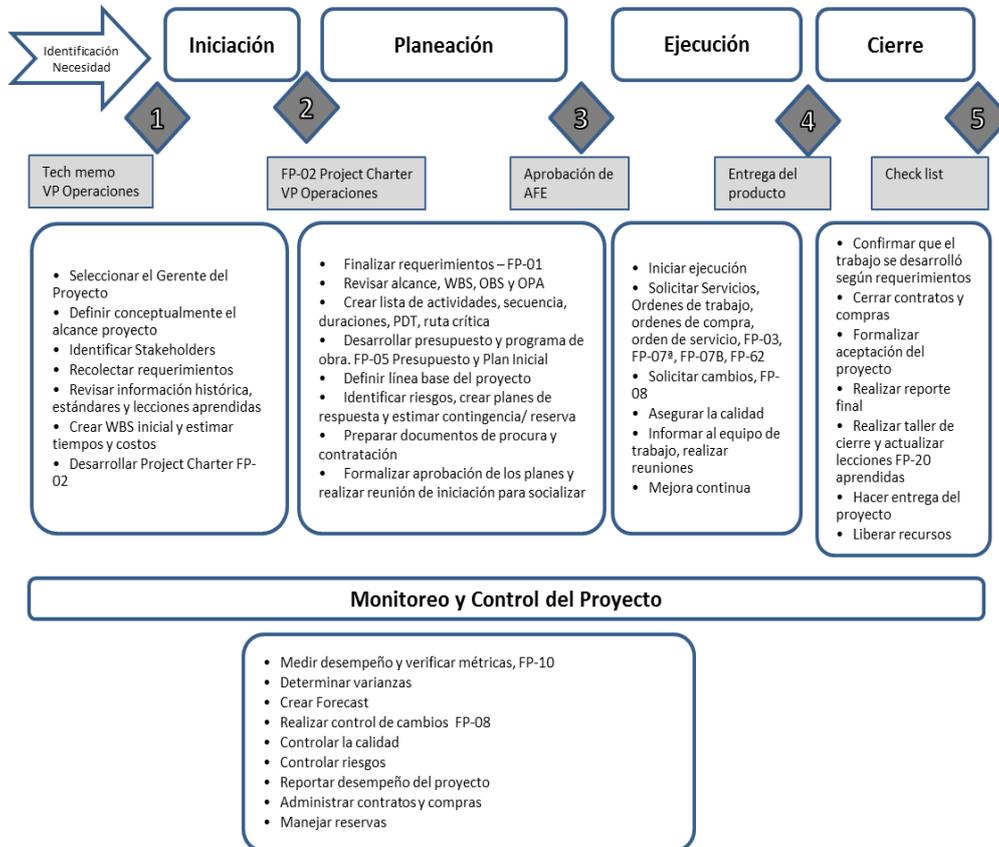
El primer objetivo de la gerencia de proyectos fue adoptar los estándares de gestión de proyectos del PMI mediante la formación del personal disponible en la empresa y la contratación de nuevos miembros con perfiles similares de postgrado en gerencia de proyectos y certificación como PMP's.

Para finales de 2011 el 100% de los cargos con funciones integrales como los Ingenieros Senior, los coordinadores de calidad (QA/QC) y el personal de planeación de los proyectos tenía la certificación como PMP o al menos había tomado el curso de preparación y había presentado el examen de certificación aunque hubiese fallado.

A los coordinadores de calidad (QA/QC) se les encargó liderar la elaboración y estandarización documental de la oficina de proyectos, sin embargo el ámbito de desempeño de los coordinadores estaba en campo y esto limitó su gestión con la estandarización de procesos en las oficinas centrales.

La iniciativa sin embargo, permitió que el equipo de trabajo se involucrara en la construcción de una metodología propia de gestión de proyectos para la PMO, lo cual se logró pero con algunas debilidades propias de la inmadurez del sistema de gestión. En la figura 18, podemos revisar un resumen del flujo de proceso de la metodología de gestión de proyectos de la PMO.

Figura 18 Road Map de gestión de proyectos de la empresa "P"



Fuente: Tomado del manual de gestión de proyectos de la empresa "P"

Figura 19 Modelo de madurez de la gestión de proyectos según Kerzner (2005)



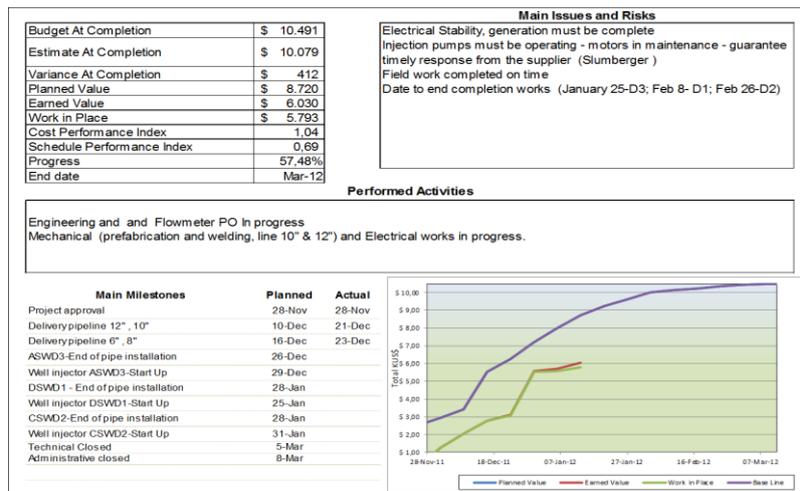
Fuente: tomado de [www.cmmi.com](http://www.cmmi.com)

Para inicios del año 2014, la PMO logró atributos que de acuerdo con las metodologías de evaluación del grado de madurez de Kerzner (2005), podemos decir que la PMO se ubicó entre un nivel 3. Adicionalmente la estructura organizacional era funcional por lo que la

estructuración de los procesos se desarrollaba como entidades independientes donde cada líder definía sus procedimientos.

Se adoptó la técnica del valor ganado para el reporte de todos los proyectos, podemos ver en la figura 20 un modelo del formato de reporte del desempeño. Sin embargo se presentaban muchas quejas por los retrasos y los sobrecostos, los proyectos normalmente se reprogramaban sobre la marcha y los retrasos en la entrega se volvió algo habitual y negociable.

Figura 20 Reporte de seguimiento semanal típico de la PMO

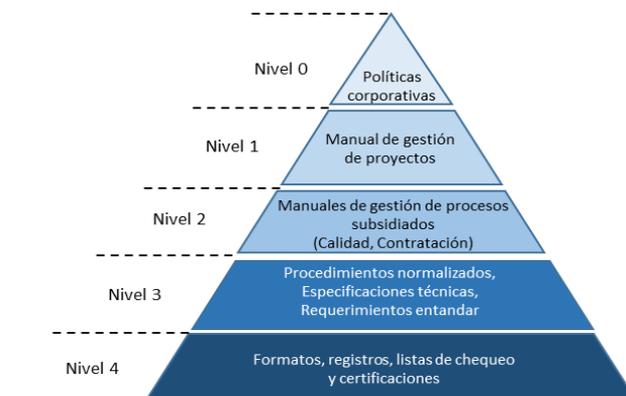


Fuente: Reportes internos de la PMO

### 6.2.3 Estructura Documental de la PMO

La estructura de documentación del sistema Integrado de gestión de la empresa "P" estaba compuesto por más de 350 documentos de los cuales 166 corresponden al proceso de gestión de proyectos. En la PMO la documentación se categorizó de acuerdo con lo indicado en la figura 21.

Figura 21 Estructura documental del Sistema de Gestión de la PMO



Fuente: Manual de Calidad de la PMO

**Nivel 0 – Políticas corporativas.** Las políticas corporativas se catalogan como el ápice de la estructura ya que de estas se derivan los objetivos estratégicos de la organización que a su vez establecían los requerimientos para la PMO.

**Nivel 1 - Manual de gestión de proyectos.** El manual de gestión de proyectos se elaboró bajo los lineamientos y recomendaciones del Project Management Institute (PMI).

**Nivel 2 – Manuales de gestión de procesos subsidiados.** el manual de gestión de proyectos se complementa con el Manual de calidad y el Manual de contratación de bienes y servicios.

**Nivel 3 – Procedimientos Normalizados.** Incluyen procedimientos específicos de gestión, las especificaciones técnicas de construcción, y los requerimientos de calidad estandarizados de materiales, equipos y obras de construcción.

**Nivel 4 – Registros y certificados.** Corresponden a la base de documentos normalizados en los que se documentan y registran todas las actividades de control de los proyectos que desarrolla la PMO.

### **6.3 ¿QUÉ SUCEDIÓ EN LA PMO DURANTE LA CRISIS?**

El recorte de más del 80% del presupuesto entre 2012 y 2013 obligo a definir un cambio de estrategia en la organización de la PMO y obligó a una reestructuración organizacional.

#### **6.3.1 Cambio de Estrategia**

Las necesidades estratégicas de la compañía cambiaron dinámicamente en muy corto tiempo, los proyectos grandes fueron cancelados y el enfoque se direccionó a la optimización de las facilidades de producción ya existentes con el objetivo de poder aumentar el volumen de la producción y bajar los costos al mínimo posible.

Ante la circunstancia, la PMO debió adaptarse a los ajustes, para lo cual definió una estrategia que se desarrolló de la siguiente manera:

- Se recortó la planta de personal directo en un 50% lo que implicó una reasignación de responsabilidades integrales en la dirección de los proyectos, las especialidades de formación se observaron como un valor agregado y se les demandó más movilidad entre proyectos
- Se suspendieron todos los contratos de apoyo al desarrollo de los proyectos, como Interventorías, inspección, ensayos no destructivos y auditorías.
- Se renegociaron los contratos de construcción, exigiendo una reducción del 20% en los costos.

- Se negoció con los contratistas para que el personal modificara el esquema de los turnos de trabajo pasando de 20x10 (20 días en campo y 10 en turno) a esquemas de 5x2, ó 21x7 según la conveniencia.
- Se implementaron talleres de mejora continua con el equipo de la PMO, donde se recopilaron lecciones aprendidas y se identificaron oportunidades de mejora.
- Se suspendieron contratos de consultoría para diseños, restringiéndolos a los proyectos de mayor valor. Para proyectos pequeños y repetitivos se desarrollaría ingeniería con recursos propios, a esto se le denominó “Ingeniería In-house”

### **6.3.2 Efectos de la Nueva Estrategia**

De las entrevistas realizadas a los miembros del equipo durante el desarrollo de este documento, se entiende que el cambio de estrategias tuvo efectos positivos y negativos para ambiente laboral del equipo de trabajo, porque su implementación fue progresiva pero implicó decisiones radicales. Los efectos negativos que se identificaron fueron:

- El personal se redujo, pero los procedimientos de reporte y control no se ajustaron, lo que generó una sobre carga de trabajo en personal que no estaba preparado.
- Los frentes de trabajo se aumentaron porque los proyectos de optimización se desarrollaron prácticamente en todos los campos y estos se ubicaban muy alejados geográficamente unos de otros.
- Se requirió mayor movilidad del personal, entre los frentes de trabajo, pero las restricciones de seguridad pública impedían que el personal directo de las compañías petroleras se movilizaran libremente por los riesgos de atentados y secuestros.
- Los procedimientos de compras y contratación no se modificaron, por el contrario se hicieron más restrictivos pues se le delegó a la gerencia de compras implementar iniciativas de reducción de costos que mejoraron los precios pero hicieron más lento el proceso de suministro de bienes y servicios.
- Las especificaciones de materiales, equipos y calificación de la mano de obra del sector petrolero exige altos estándares que son muy costosos y en otras industrias se consideran exagerados. Las ingenierías de los proyectos mantenían estos estándares como base para la especificación y presupuestación de los proyectos.
- La distorsión en los roles del equipo de trabajo generó problemas de comunicación entre los involucrados.
- La reducción en las inversiones restringió la contratación de mano de obra no calificada de las comunidades de las zonas de influencia, lo que causó un impacto social que generó bloqueos

frecuentes que restringió el acceso a campos alejados geográficamente, generando retrasos y sobre costos no previstos.

- Las ingenierías In-house carecían de detalles, listados de materiales y especificaciones.

Las medidas adoptadas como emergentes, no fueron del todo planeadas y el ambiente de gestión de la PMO se hizo complejo y generó varios conflictos entre todos los involucrados. La organización logró hacer una compilación de lecciones aprendidas que se agruparon, se clasificaron y se propuso un plan de gestión para implementar algunas medidas reactivas para solucionar problemas puntuales.

### **6.3.3 ¿Cómo Surge la Iniciativa de Implementar la Filosofía LEAN?**

Las evaluaciones del equipo de trabajo en los talleres de mejora continua que se organizaron por parte de la gerencia de la PMO, permitieron concluir que debían buscar una metodología de mejora que les permitiera entre otras cosas lo siguiente:

- Analizar todo el proceso de gestión de proyectos porque implementar medidas puntuales solucionaba problemas puntuales, sin tener efecto en las causas raíz de los problemas por lo que los efectos negativos solo eran contenidos pero no solucionados.
- Se determinó que la metodología debía permitir “hacer más gestión con menos recursos”.
- Las implementaciones debían permitir la integración del equipo de trabajo.
- Se debían involucrar a otras áreas de apoyo como la gerencia de compras y contratos.
- Delimitar el desarrollo de las ingenierías In-house.
- Optimizar el rendimiento de los contratistas y proveedores.
- El proceso de planeación de los proyectos debía mejorarse.
- El volumen de proyectos era muy alto pero se pudo evidenciar que muchas actividades de la construcción eran repetitivas, masivas y se podían estandarizar.

Esta última observación le indicó al equipo que el desarrollo de los proyectos de la empresa se estaba comportando como una línea de producción masiva en serie, donde se podrían evaluar las productividades y se podría ver la gestión de los proyectos como un macro proceso de transformación de valor en una cadena continua. Es decir con un flujo, un halado (Pull) y un valor definido (entregables).

El autor de este documento fue quien propuso la iniciativa de implementar la filosofía LEAN basado en experiencias similares vividas

con el uso de LEAN MANUFACTURING en una empresa del sector de producción masiva de productos eléctricos y con la implementación de LEAN OFFICE en otra empresa de prestación de servicios de inspección y certificación.

Se propuso inicialmente desarrollar un piloto con el proceso de visualización y desarrollo de Ingenierías para los proyectos, teniendo en cuenta que son actividades de la fase de inicio de los proyectos. Se desarrolló entonces la metodología, enfocándola puntualmente al proceso de gestión de los requerimientos como aspecto clave para determinar el valor que el proyecto debe satisfacer para el usuario final. Los resultados fueron muy satisfactorios y esto motivo al grupo para proponer otros dos talleres de mejora, aplicados al proceso de planeación integral del proyecto y al proceso de control de obra en campo.

Se desarrollaron entonces tres talleres LEAN o eventos KAISEN con los siguientes procesos:

1. Proceso de gestión de requerimientos.
2. Proceso de planeación, seguimiento y control de los proyectos.
3. Proceso de control de obras de construcción mecánica en campo.

Cada evento se realizó en momentos distintos entre enero y agosto de 2014. Veamos los detalles de cómo se desarrollaron.

#### **6.3.4 Evento LEAN al Proceso de Gestión de Requerimientos.**

Lo que la revisión de las lecciones aprendidas indicaba era que no se atendían los verdaderos requerimientos de la producción cuando se realizaba la definición del alcance de los proyectos, por ejemplo los problemas rondaban entre otros en los siguientes:

- Siempre faltaba algún equipo o sobraba algún instrumento
- No se atendían las prioridades para la producción sino lo que la planeación estimaba.
- Se presentaban sobredimensionamientos en varios equipos y en otros críticos se realizaban recortes de capacidad causando cuellos de botella.
- Las relaciones entre el personal de la gerencia de proyectos y el personal de la Gerencia de producción se estaban deteriorando.
- No había confianza por parte del personal de producción en cuanto a la calidad y estabilidad de los sistemas construidos.

Se definió entonces realizar el primer taller de mejora continua LEAN sobre el proceso de gestión de los requerimientos de los proyectos.

La metodología fue la siguiente:

- Definir por medio de entrevistas y con la dirección del Gerente de la PMO el alcance del taller
- Capacitar a los asistentes sobre la filosofía LEAN
- Definición de los aspectos de valor del evento
- Construcción de la cadena de valor (VSM<sup>30</sup>) del proceso de estudio
- Identificación de los documentos de cada proceso
- Identificación de los procesos basura, “mudas” de la VSM
- Identificación de los tiempos de proceso efectivo, de espera y de pérdidas de la VSM.
- Correlación de las causas raíz o de los orígenes de los mudas de la VSM
- Análisis y valoración de las oportunidades de mejora del proceso
- Definición de los indicadores de gestión para valorar la evolución del proceso
- Definición del plan de acción a seguir para implementar las oportunidades de mejora del proceso.
- Elaborar un informe final del taller

En el plan de acción se incluyeron acciones como las siguientes:

- Asegurar la participación temprana de los involucrados en los proyectos del área de producción, de los contratistas constructores y de los proveedores estratégicos.
- Solicitar la asignación de un líder de entrega de requerimientos del personal de producción.
- Revisar y ajustar el procedimiento de gestión de requerimientos. Simplificarlo y establecer un formato matriz para la documentación.
- Establecer reuniones de revisión durante la visualización, la planeación y las revisiones de las ingenierías con el personal de producción, para definir requerimientos y prioridades.
- Ajustar el procedimiento de gestión de cambios otorgando más autonomía a cargos medios.
- Elaborar un plan de gestión de los interesados.
- Identificar y eliminar o simplificar subprocesos basura que no agregaban valor

El plan de acción permitió establecer una línea base para la mejora del proceso y esto permitió aliviar las relaciones con el personal de producción y desarrollar los proyectos de una manera más colaborativa. El personal de producción manifestó una mayor satisfacción con los nuevos procedimientos de gestión de proyectos.

---

<sup>30</sup> (VSM): Value Stream Map: Mapa de la Cadena de Valor

### **6.3.5 Evento LEAN al Proceso de Planeación**

Los hallazgos del primer taller rápidamente permitieron inferir que no se podía hacer una correcta gestión de los requerimientos si no se podía definir un plan de implementación que asegurará la disponibilidad de las facilidades de producción en el menor tiempo posible.

Se detectó que los esfuerzos de planeación eran altos pero ineficaces, eran motivo de presión y generaban una sobre carga de trabajo en todos los cargos. El personal de producción seguía manifestando inconformidades, el ápice directivo de la compañía exigía mejores rendimientos y era necesario ver donde estaba el origen del problema.

Se organizó un segundo evento que abarcó los procesos de planeación, seguimiento y control de los proyectos. El evento se desarrolló con la misma metodología del primer evento. El plan de acción final, en este caso se hizo como una adición al plan de acción del primer evento, pues se pudo observar que tenían varias tareas en común y otras que se complementaban. Entre otras acciones se definieron las siguientes tareas:

- Implementar y estandarizar un plan de talleres de revisión de la planeación del proyecto, análisis de riesgos y socialización del proyecto.
- Estandarizar los diseños de ingeniería usando típicos de instalación.
- Modularizar y paquetizar sistemas de generación eléctrica, sistemas de control de bombas de pozos de producción, sistemas de bombeo y sistemas de almacenamiento de crudo y módulos para oficinas y alojamiento.
- Implementar las técnicas de planeación de Last Planner System (LPS).

### **6.3.6 Evento LEAN al Proceso de Control de Obra en Campo**

Para el caso de la iniciativa de control de obra en campo, el requerimiento surgió ante la necesidad de implementar acciones correctivas por las desviaciones encontradas en la facturación de uno de los proyectos. Se evaluó el caso y se detectaron los siguientes problemas:

- Deficiencias en la Ingeniería
- Deficiencias en la gestión del cambio
- Cambios de las necesidades del proyecto en medio de la construcción
- Errores humanos en la facturación.
- Fallas de control y supervisión en la obra.

- Los informes no tenían información completa
- Problemas con los procesos de compra y suministro de materiales para la obra

La técnica usada en este caso se adaptó a las recomendaciones de las técnicas LEAN y a la implementación de herramientas de gestión visual de los procesos como la mostrada en la figura 22.

Figura 22 Tablero de Control Visual implementado



Fuente: Registros fotográficos del evento Lean.

El proceso desarrollado tuvo las siguientes implementaciones:

- La planeación se realizaba semanalmente, pero el contratista debía detallarla a diario.
- Se construía solo los tramos de tubería con materiales e información completa.
- Todos los días a primera hora se revisaba y validaba el avance.
- Si habían consultas se usaban adhesivos de color con la pregunta sobre el isométrico correspondiente.
- El plano del tramo de tubería avanzaba en el tablero de izquierda a derecha en la medida que se completaba un paso del proceso constructivo. Y se reconocía el avance de acuerdo al estado del tramo de tubería construido.
- Todo el personal en campo tenía acceso a la información del estado de la construcción a través del cuadro de control visual de obra y las dudas que pudieran surgir de parte de los soldadores se resolvían de manera inmediata sin tener que esperar las reuniones de obra que antes se hacían semanalmente
- El ingeniero residente del constructor era la persona encargada de colocar los planos del tramo de tubería (Isométrico) en la primera columna, actividad que debía actualizarse todos los días

- El cuadro se complementó con un registro en hoja de cálculo de Excell, donde se llevaba el control de cantidad y peso de los materiales, estado de la construcción y contabilización de avances para definir la facturación real.
- Se implementó la herramienta 5's para organizar el área de trabajo del proyecto.

La implementación de estas herramientas, permitió a la PMO reencausar el proyecto, realizar correcciones sobre la facturación y normalizar el proceso de construcción mecánica como un proceso de producción en serie.

Tabla 3 Mediciones de productividad antes y después de la iniciativa LEAN

Mejora de la productividad		
Valoración	Desempeño Antes	Desempeño Después
Fecha de Inicio	23-oct-13	01-feb-14
Fecha de Finalización	20-ene-14	06-mar-14
Total días de construcción evaluados	89	33
Producción requerida por Ingeniería [Kg]	34034	22368
Total de Producción [Kg]	34034	18000
Productividad [Kg/día]	382	545
Optimización de diseños	0%	-20%

Fuente: Elaboración propia a partir de los reportes históricos de avance del proyecto.

### 6.3.7 Conclusiones del Caso

Las conclusiones se evidencian en las respuestas que dieron algunos de los integrantes de la PMO durante las entrevistas que se hicieron en el proceso de documentación de este trabajo. Donde se valoró que las condiciones de desarrollo de proyectos de la empresa "P" y las iniciativas de la gerencia de la PMO de establecer una metodología de gestión, permitieron que el desarrollo de los proyectos se asemejará a una industria de producción masiva y se evidencia que los problemas que se presentaron ante las crisis de presupuesto y de precios del petróleo son similares a los problemas en los que se enfocan las soluciones de las iniciativas LEAN.

La disposición y preparación del equipo de trabajo de la PMO, resultó ser muy relevante para poder tener conciencia de las necesidades de optimizar los procesos y poder visualizar las posibilidades de la metodología de gestión LEAN en la gestión de los proyectos de la organización.

El compendio de acciones que se definieron en los eventos LEAN para optimizar los procesos internos fueron complementándose en la medida que se desarrollaban los talleres dos y tres de la iniciativa y todo apuntaba a que cualquier cambio en la metodología de gestión de

proyectos debía evaluarse sobre el efecto que podía surtir a todo el proceso como un todo. Lo anterior se refiere al cumplimiento del llamado “Efecto mariposa” o teoría del caos, que define que si se modifica una variable en un sistema, esta variación puede dar lugar a la amplificación del efecto para todo su entorno. De la misma forma cualquier decisión aislada en el proceso de gestión puede generar efectos de caos en todo el proceso de gestión.

Es necesario entonces visualizar como un todo, la proposición de uso de las iniciativas LEAN en la gestión de proyectos de la empresa “P” y documentarla en una nueva metodología de gestión de proyectos que sea posiblemente replicable en otras empresas similares o en proyectos del mismo sector.

Esta metodología requiere la definición de técnicas y herramientas para la medición de los efectos y resultados que puede tener la implementación de las iniciativas. Lo más conveniente y que simplifica el proceso de evaluación del impacto de las iniciativas LEAN es registrar indicadores de productividad que nos midan la relación entre la producción y los recursos de entrada como lo definen Randor & Barnes (2007) y la US, Department of Labor (2016) y complementar con indicadores financieros para determinar el efecto de las iniciativas en los estados financieros de las organizaciones que adoptan la metodología.

La oficina de proyectos de la empresa “P”, observó y valoró los resultados casi inmediatos de la implementación de la técnicas y herramientas de la filosofía LEAN. Esto estimuló iniciativas que surgieron del propio equipo para implementar las técnicas como una metodología de gestión y pensamiento.

Entre las iniciativas de replica que el equipo de la PMO implementó podemos referir:

- Se implementó la técnica de las 5´s en la oficina de Bogotá, en un día en el que todo el personal de la oficina se puso una camiseta con la frase “Yo soy LEAN” y realizaron una actividades orden, aseo y depuración de archivos físicos de los puestos de trabajo y los almarios de almacenamiento de información.
- Se actualizó el manual de gestión de proyectos para incorporar algunas acciones de las que se definieron en el plan de acción como reglas de los procesos. Entre las reglas adoptadas podemos referir la adopción de “Last Planner System” como estrategia de planeación.
- Se extendió el plan de acción a otras áreas como el caso del proceso de gestión de las órdenes de servicio/órdenes de compra y el proceso de gestión de facturación y pago a los proveedores.

## **7 METODOLOGÍA DE GESTIÓN DE PROYECTOS LEAN**

Se construye una metodología de gestión de proyectos bajo el precepto de considerar el contexto de toda Oficina de Gestión de Proyectos (PMO) como un ambiente de alta competitividad, donde se desarrollan problemas de investigación de negocios para determinar cómo ser más productivos y oportunos para lograr los objetivos estratégicos de la organización.

Los principios del modelo de pensamiento LEAN, se toman como marco de referencia para definir los procedimientos de gestión, las políticas de calidad y el modelo de pensamiento organizacional que debe regir la metodología de gestión de proyectos de una organización.

Se establece el principio de que cualquier proceso de gestión administrativa, de proyectos o de construcción puede ser observado como un proceso repetitivo, asimilable a un proceso de producción y entonces los límites de las optimizaciones o mejoras solo son definidos por el grupo que los emprende y el nivel de estandarización y mejora solo depende de las barreras técnicas y de la verdadera intención del grupo.

El liderazgo de las directivas de la organización y su compromiso con todo el proceso es vital para el éxito de las iniciativas. Además del grado de compromiso que se logre generar desde los mandos medios, los líderes de los procesos observados y las personas que los ejecutan, depende el nivel de mejora y optimización de los procesos de gestión.

### **7.1 PRINCIPIOS DE LA METODOLOGÍA**

#### **7.1.1 Principios Culturales de una Organización**

Se tiene por principio fundamental el bienestar de las personas que participan y se ven involucradas en el desarrollo del ciclo de vida de los proyectos de la organización. Su correcta implementación tiene por requerimiento fundamental, un cambio en el modelo de pensamiento de los miembros del equipo de la PMO para entender, valorar y aplicar eficientemente las herramientas y técnicas de la filosofía LEAN.

En la tabla 4, se refieren los cambios necesarios en los principios culturales de una PMO, que son fundamentales para la implementación apropiada de la metodología de gestión de proyectos basada en los principios LEAN.

Tabla 4 Cambios fundamentales en los principios culturales de la organización

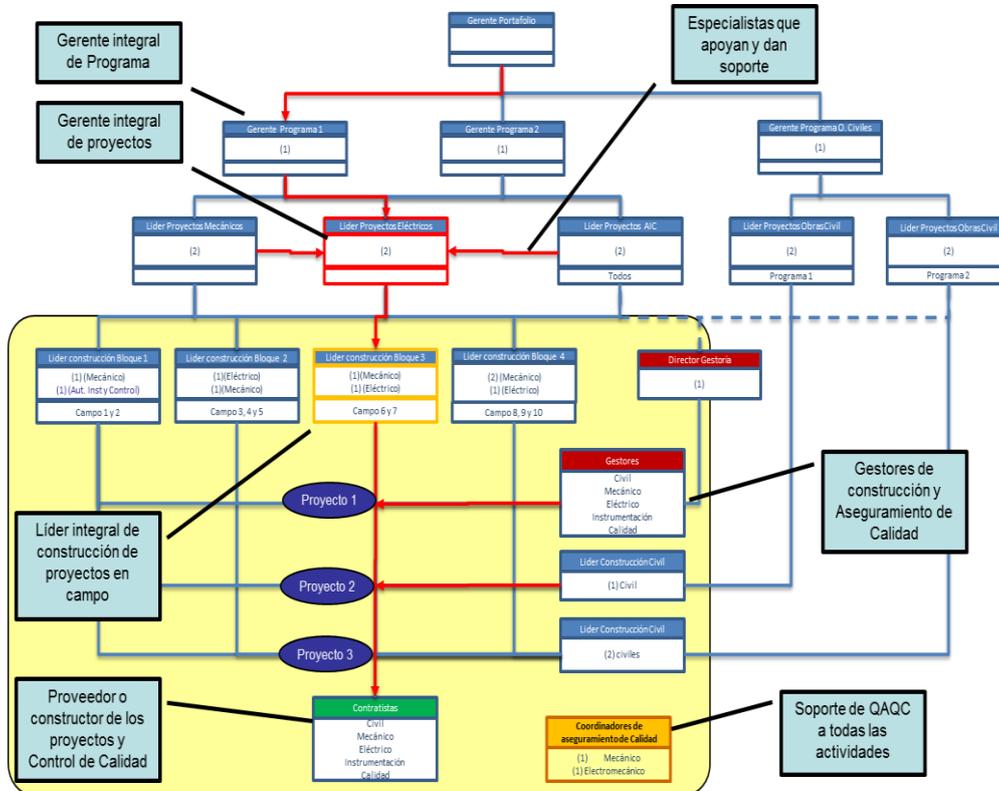
ANTIGUO MODELO DE PENSAMIENTO	ASPECTO CULTURAL	NUEVO MODELO DE PENSAMIENTO
GESTION TRADICIONAL DE PROYECTOS		GESTION LEAN DE PROYECTOS
Busqueda y señalamiento de responsables-culpables	Cultura	busqueda de las causas raíz para el aprendizaje continuo
Busqueda de optimizaciones por partes - "mi pedacito"		Mejora continua para optimizar el todo el proceso
Maximización de recompensas individuales		Maximización de recompensas para el equipo de trabajo
Aversión al riesgo		Evaluación, aceptación y gestión del riesgo
Comandos, control y reportes jerarquicos	Pensamiento	Pensamiento sistémico, un cambio afecta todo el proceso
Empoderamiento de esfuerzos individuales		Alentar el intercambio multilateral abierto y colaborativo
Estructuración de las actividades del proyecto por partes		Estructuración de la actividades del proyecto por sinergias y procesos
Se gestiona de manera jerarquica, funcional. Bajo instrucciones que vienen de la Gerencia hacia los cargos bajos	Gestión del comportamiento	Se gestiona de afuera hacia dentro, con mayor autonomía, con polifuncionalidad y en estructura matricial.
Se gestiona en su orden, la gestión del contrato, gestion del programa, gestión de los presupuestos y gestión del personal		Se actua como un sistema que tiene por objetivo mejorar todo para los clientes o usuarios finales. La gestión es transversal, todos son responsables del contrato, del programa, de los presupuestos y de la gestión del personal según su rol.
Se toman desde Bogotá muy lejos del sitio donde se desarrolla el trabajo	Toma de decisiones	Se toman de manera integrada, basados en datos del sitio de trabajo
Mediciones de desempeño de la gestión del proyecto basadas en valores de presupuesto con la técnica de Valor Ganado del PMI.	Mediciones	Continuan mediciones de Valor ganado pero se complementan con mediciones ajustadas al proposito del proceso en desarrollo, determinando valores de capacidad y variación del trabajo
Funcional especializada, rígida	Diseño Organizacional	Matricial, simplificada, flexible y Basada en la demanda, el valor obtenido y el flujo de los activos
Fragmentada, basada en silos, fuertemente jerarquizada y controladora		Equipo de trabajo abierto, colaborativo que actua por sinergias, donde asumen responsabilidades integrales de proyectos y la especialización es un valor agregado para la PMO
Constructores no involucrados hasta la ejecución de la construccion		Los interesados se integran de manera temprana al proyecto. Los constructores participan en la planeación del proyecto.
Lineales, distintos, segregados (sobre mapa de procesos)	Procedimientos	Concurrentes y de multinivel. Basados en la Confianza, el respeto y la autonomía.
Reunido "justo como se necesite", atesorado en silos	Conocimiento y experiencia	Compartido abiertamente y de manera temprana.
Manejados individualmente, transfiriendolos tanto como sean posibles	Riesgos	Manejados colectivamente, compartidos apropiadamente.
Asignados individualmente, mínimo esfuerzo para obtener el máximo retorno. Usualmente basado en los costos.	Compensación y recompensa	El éxito del equipo de gestión esta atado al éxito del proyecto Basados en el valor de los activos obtenidos.

Fuente: Basado en (Mossman, Ballard , & Pasquire, 2010)

### 7.1.2 Estructura Organizacional

No hay una estructura específica o requerida para que la metodología se implemente con éxito. Los resultados de una implementación dependen de la capacidad de integración de una nueva cultura de pensamiento en cada miembro del equipo de trabajo de la PMO, sin embargo la implementación se hace más difícil cuando se tienen estructuras funcionales fuertes, por la formación de sub-áreas no integradas totalmente, mientras que en una estructura predominantemente matricial es más fácil integrar polifuncionalidades y las comunicaciones se hacen más transversales.

Figura 23 Organigrama de la PMO recomendado bajo los principios LEAN



Notas:

- (1) En la línea roja se resalta el flujo de información y jerarquía de autoridad para el desarrollo de un proyecto
- (2) La gestoría es flexible de acuerdo con las necesidades de apoyo en los proyectos.
- (3) Las áreas de planeación, ingeniería, control de costos y compras & contratación pasan a ser áreas de soporte integral.

En la figura 23 se muestra un ejemplo de una estructura organizacional matricial aplicable para una PMO del sector petrolero o de proyectos industriales. Las características de la estructura organizacional que se pueden resaltar como las más favorables son:

- La nueva estructura es predominantemente matricial, sin líneas jerárquicas definidas
- La dirección de la PMO queda en una Gerencia de Portafolio de proyectos. El gerente es el encargado de direccionar el departamento de proyectos y dirigir la PMO.
- Se incluyen las gerencias de programas de proyectos, que son cargos en los que se les distribuyen los portafolios de proyectos para el desarrollo de los bloques de exploración y producción. Cada gerente de programa debe liderar y definir las estrategias de desarrollo que se requieren para atender los requerimientos de producción de la compañía.

- Las obras civiles que normalmente son una gerencia independiente en las PMO del sector petrolero o industrial se integran como una Gerencia de programa de proyectos civiles con funciones de servicio transversal y que debe atender los requerimientos de todos los proyectos.
- Se incluyen los cargos de Líder de Proyectos mecánicos, Líder de Proyectos Eléctricos, Líder de Proyectos AIC<sup>31</sup>, y Líderes de Programa de Obras Civiles. Estos cargos son más especializados, tienen la responsabilidad de atender y gestionar todos los requerimientos de su especialidad para todos y cada uno de los proyectos que desarrollen por la PMO. Ellos están ubicados la oficina central y desde allí tienen la responsabilidad de coordinar y gestionar el desarrollo de las Ingenierías, la gestión de contratación, la gestión de suministros y todo lo necesario para los proyectos.
- Se recomienda incluir líderes de construcción por especialidad, pero con funciones de apoyo transversal en los proyectos. Pueden ser responsabilizados de la dirección integral de un proyecto de construcción en los frentes de obra pero deben aportar su especialidad para el apoyo en otros frentes. Es decir que no importa que por ejemplo sea un especialista mecánico, si está emplazado en un bloque donde hay un proyecto eléctrico debe prestar todo el apoyo posible y administrar los contratos en ejecución.
- No se recomienda incorporar cargos que se asocian más con otras áreas de apoyo de las compañías. Por ejemplo los auxiliares de compras y contratos deben ser dependientes de una Gerencia de compras.
- Los procesos de control de calidad en la construcción deben ser totalmente delegados a los contratistas constructores y/o proveedores.
- El equipo de trabajo debe cumplir funciones de aseguramiento de los procesos, la calidad y el cumplimiento de los objetivos de los proyectos. Pueden existir apoyos de coordinación de calidad para asuntos de documentación y seguimiento pero no con funciones de auditoría o inspección interna, porque son actividades que no es fácil determinar su aporte de valor a los objetivos.
- El coordinador de aseguramiento de calidad debe cumplir funciones de líder de iniciativas de mejora continua.

En términos generales, todos los cargos asumen responsabilidades integrales, deben ser poli-funcionales, con posibilidades de mucha rotación y su preparación profesional específica es un valor agregado para su labor.

---

<sup>31</sup> Automatización, Instrumentación y Control (AIC)

Todo el equipo es responsable de desarrollar actividades de aseguramiento de calidad, es decir que deben realizar todas las actividades preventivas necesarias para garantizar que los trabajos se hacen bien desde la primera vez, cumpliendo todos los parámetros, especificaciones y requerimientos del cliente/usuario final, la legislación, la normatividad y las buenas prácticas.

Es recomendable apoyarse con un contrato consensuado, de suministro de personal tercerizado que sea por llamado y que se puede denominar "contrato de gestoría". El objetivo de este contrato es poder contratar personal especializado adicional para reforzar el equipo de trabajo cuando sea necesario, según la complejidad del portafolio de proyectos. Las personas de la gestoría asumen también roles integrales de coordinación de proyectos en cualquier fase de los proyectos y deben cumplir los parámetros de la metodología de gestión de proyectos.

### **7.1.3 Activos de los Procesos de la Organización**

Los activos de los procesos de la organización son los planes, los procesos, las políticas, los procedimientos y las bases de conocimiento específicos de la organización ejecutora y utilizados por la misma. (PMI, 2013)

Toda organización tiende a sostener una gran cantidad de archivos físicos impresos y digitales de ingenierías superadas, contratos, fichas técnicas, información comercial, procedimientos y documentos que tienen un valor en el momento que se desarrollan pero que con el tiempo se hacen obsoletos y pierden su valor.

Esta información normalmente se archiva en cajas, estantes, escritorios y en los computadores personales, en direcciones aisladas de los servidores que se disponen para la PMO y en medios portátiles como USB's, CD's, DVD's, y discos duros portátiles. Además cuando toda esta información carece de una estructura de orden y formato, se hace incluso muy difícil administrarla y compartirla por los mismos dueños y pierde su valor aún más rápido.

Se requiere implementar la herramienta 5's en el orden del espacio de trabajo de las oficinas, y también en la estructura de archivo de documentos digitales de la organización. Apoyados en las referencias del PMI, la información se clasifica en dos grandes grupos:

- Procesos y procedimientos.
- Bases de conocimiento corporativa

#### **Procesos y Procedimientos**

Son muy diversos y su volumen y complejidad depende también del grado de madurez de la PMO, normalmente una PMO madura tiene una

estructura voluminosa pero con una organización estructurada mientras que una PMO inmadura puede tener un bajo volumen de documentos pero sin una estructura documental lo que puede ser más complejo. Los archivos básicos por procesos de proyectos, que se recomiendan para una PMO interesada en implementar la metodología deberían ser al menos los siguientes:

*Inicio, Planeación:*

- **Manual de gestión de proyectos**
- **Matriz de requerimientos** de los proyectos que registre las necesidades del cliente/usuario final y que se use para todo el ciclo de vida de los proyectos
- **Especificaciones estandarizadas** de equipos y suministros
- **Matriz de presupuestos estandarizada.** Hoja de cálculo organizada de acuerdo a una estructura típica de desglose de los trabajos para los proyectos de la PMO
- **Project Charter.** Documento con la información más relevante del proyecto que eviten incluir análisis económicos y financieros que no agreguen valor y constituyan reprocesos.
- **Matriz de registro y gestión de riesgos** de los proyectos, que registre las los riesgos históricos de los proyectos, los nuevos detectados durante el proyecto y que se use para todo el ciclo de vida de los proyectos
- **Plantilla de plan de proyecto** estandarizada y simplificada. Documento adaptado para diligenciarse progresivamente de acuerdo con las recomendaciones de las técnicas del “Ultimo planificador” y “Scrum”.
- **Macro de control de proyectos.** Hoja de cálculo diseñada para realizar la planeación progresiva del proyecto sobre una plantilla
- **Procedimientos de desarrollo de las ingenierías** que incluye estandarización de tuberías y accesorios según normas internacionales (“piping class”)
- **Requerimientos de calidad de contratistas.** Documento generado para establecer acuerdos consensuados con los contratistas y proveedores que se ajusten a los requerimientos de la metodología LEAN.
- **Especificaciones técnicas estándar** para el suministro de materiales, equipos y sistemas paquetizados en contenedores.
- **Especificaciones estándar de montaje y puesta en servicio** de sistemas de producción.
- **Contratos marco estandarizados.** Se requiere establecer modelos estándar de contratación de suministros y servicios para los proyectos con vigencias de hasta 3 años. Estos contratos incluyen el alcance del suministro de materiales y/o servicios por la modalidad de precios fijos, con suministros llave en mano y con servicios de postventa como el suministro de mano de obra y

repuestos para el desarrollo del mantenimiento y garantías por hasta 2 años.

- **Ordenes de trabajo.** Documento que contiene las especificaciones, el alcance y los términos contractuales para autorizar la ejecución de una actividad específica.

*Ejecución, Monitoreo y control:*

- **Procedimiento de control de cambios.** Procedimiento que sea flexible, empoderando a los miembros del equipo para asumir la responsabilidad de realizar cambios de ajuste y escalar de manera ágil los cambios que involucren riesgos mayores.
- **Procedimiento de control de obra.** Procedimiento de control de obra que integre las herramientas de gestión de la filosofía LEAN para las autorizaciones de trabajos, el registro de avances, el reporte de avances y la liquidación de lo ejecutado. Se recomienda hacer uso de las herramientas de Control Visual, Poka Yoke, 5's, Justo a Tiempo y Kanban.
- **Procedimiento de control de presupuesto.** Se recomienda implementar un procedimiento basado en TVD (Target Value Design) para conceder autonomía a los ejecutores para tomar decisiones que favorezcan la reducción de costos durante la construcción.
- **Macro de control de proyectos.** Se recomienda la implementación de macros de programación, control y reporte de actividades de contratación para estandarizar indicadores y optimizar los criterios de monitoreo y control.
- **Procedimiento de gestión de riesgos.** Se recomienda estandarizar plantillas de registro y gestión de riesgos.

*Cierre:*

- Se recomienda elaborar una lista de **chequeo de cierre de proyectos** para simplificar y agilizar el procedimiento.
- Es necesario disponer de un formato simplificado para **registro de lecciones aprendidas** y organizar un repositorio.
- Es necesario un **repositorio de riesgos y oportunidades**.
- En los contratos de Ingeniería se recomienda el desarrollo de un **análisis de mejora continua** donde se analizan los repositorios de lecciones aprendidas y de riesgos para presentar acciones que permitan optimizar los procesos de contratación.
- Se recomienda disponer de un **procedimiento de entrega de proyectos** de la PMO al cliente/usuario final.
- **Repositorio de productividades**, donde se registra los resultados de los indicadores de productividad del proyecto en cierre.

## **Bases de conocimiento corporativas**

Es necesario que la PMO estandarice el método de almacenamiento y recuperación de la información corporativa en un esquema que permita ser consultada rápidamente por cualquier miembro del equipo de trabajo y de tal manera que nadie ubique información en archivos fuera los medios autorizados. Las bases de conocimiento recomendadas a tener en cuenta son:

- **Archivos físicos de información impresa.** Organizados aplicando la herramienta 5's para organizar la información física.
- **Bases de datos del Sistema Integral de Gestión,** donde se archivan todas las versiones del sistema integrado de gestión de la PMO, incluyendo manuales de gestión, procedimientos, especificaciones técnicas, plantillas, formatos, guías, etc. agrupadas en dos clasificaciones definidas como **vigentes** y **superadas**. Las superadas conteniendo todos los documentos obsoletos pero importantes y los vigentes con todos los activos de los procesos de la organización que son aplicables en el marco de la metodología.
- **Bases de datos financieras,** donde se registran datos históricos financieros, incluyendo los archivos del caso de negocio y la información que sustenta la factibilidad de los proyectos. También se incluyen las versiones superadas y aprobadas de los presupuestos de los proyectos, tarifas de los contratos usados, valores históricos de los equipos, informes económicos de liquidación de los proyectos y otra información financiera que sea importante según el proyecto.
- **Repositorio de Lecciones Aprendidas.** Clasificado por tipo de proyecto y actualizado mensualmente por los Gerentes de programa.
- **Repositorio de Riesgos y Oportunidades.** Clasificado por tipo de proyecto y actualizado mensualmente por los Gerentes de programa.
- **Repositorio de Productividades.** Se requiere una tabla de indicadores de productividad, rendimientos y costos por unidades específicas para ser tenidas en cuenta en la planeación de los proyectos. Clasificado por Tipo de proyecto y actualizado mensualmente por los Gerentes de programa.
- **Archivo Central de Proyectos.** Se recomienda la implementación de una estructura de almacenamiento de documentos digitales para disponer la información de los proyectos. El siguiente esquema es un ejemplo de la estructura:

Figura 24 Ejemplo de una estructura del “Archivo central de proyectos”

- ▼  ARCHIVO CENTRAL DE PROYECTOS
  - ▼  PROGRAMA - NOMBRE DEL BLOQUE -
    -  PROYECTO ## 2
    -  PROYECTO ## 3
  - ▼  PROYECTO ##1
    - ▼  1. Inicio
      -  1. Requerimientos
      -  2. Restricciones - Normatividad
      -  3. Licencias del proyecto
      -  4. Presupuestos
      -  5. Equipo de trabajo
      -  6. Project Charter
    - ▼  2. Planeación
      - ▼  1. Ingenierías
        -  1. Ingeniería Conceptual
        -  2. Ingeniería Básica
        -  3. Ingeniería de Detalle
      - >  2. Plan de proyecto
      -  3. Plan de Aseguramiento de Calidad
      -  4. Plan de compras y contratos
      -  5. Plan de costos
      -  6. Plan de riesgos
  - ▼  3. Ejecución
    -  1. Reporte de avances
    -  2. Gestión del cambio
    -  3. Registros de calidad y precomisionamiento
    -  4. Planos AS-BUILT
    -  5. Registros de presupuestos
  - ▼  4. Cierre
    -  1. Lecciones aprendidas
    -  2. Liquidación de contratos
    -  3. Informe final
    -  4. Actas de entrega a operaciones
    -  5. Documentos de Comisionamiento y servicio

Fuente: Propia

Figura 25 Estructura del “Archivo central de proyectos” (Continuación)

- ▼ 5. Monitoreo y Control
  - 1. Reportes de gestión
  - 2. Informe de Auditorías
  - 3. Desviaciones y No conformidades - RNC's
  - 4. Consultas técnicas - TC's-
  - 5. Evaluación de Desempeño
  - 6. Registro de productividades

Fuente: Propia

## 7.2 DIRECTRICES DE GESTIÓN DE LOS PROYECTOS

### 7.2.1 Gestión de Integración de los Proyectos

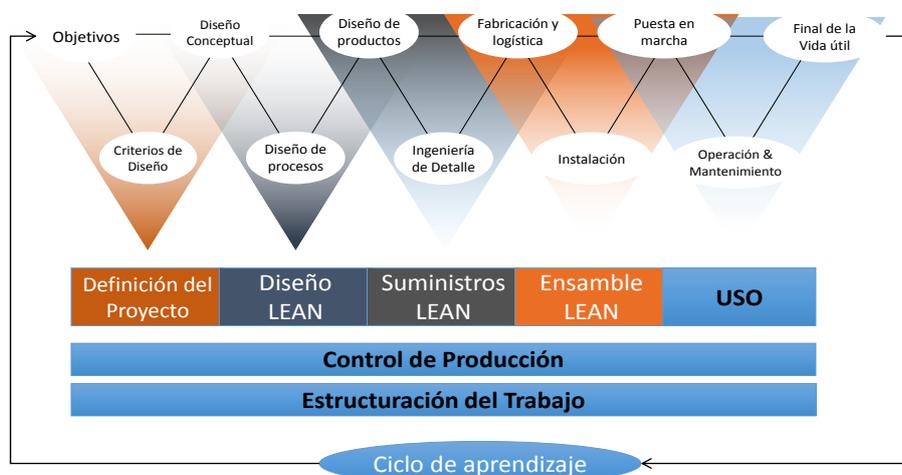
#### Acta de Constitución de Proyecto

El acta de constitución debe estar estandarizada con campos definidos para poder tener la información completa de los proyectos para su evaluación y registro una vez que se logre su aprobación. La información es compatible con lo necesario para elaborar el plan maestro de la técnica del “Ultimo Planificador”.

#### Desarrollar el plan para la dirección de los proyectos

La metodología propone adoptar la técnica de gestión de proyectos conocida como “Lean Project Delivery System” (LPDS) propuesta por A. Mossman (2008), como referencia para la estrategia de dirección de proyectos. Sin embargo la metodología también se propone tener como referencia las buenas prácticas de gestión del PMI pero con menor rigurosidad.

Figura 26 Modelo de gestión LPDS



Fuente: [www.leanconstruction.org](http://www.leanconstruction.org)

Figura 27 Ejemplo de una Acta de constitución de proyectos estandarizada

FP-02 PROJECT CHARTER ACTA DE CONSTITUCIÓN DEL PROYECTO					
<b>INFORMACIÓN GENERAL</b>					
Unidad de Negocio:	Departamento:				
Proyecto:					
Preparado por:	Fecha:				
Wilson Ortiz Bayona	Incluido en BOD? Si No				
<b>CLASIFICACIÓN DEL PROYECTO</b>					
Oportunidad:	<input type="checkbox"/> Oportunidad de Negocio Pequeño Menor a 500k USD <input type="checkbox"/> Continuidad del Negocio <input checked="" type="checkbox"/> Legal, Políticas <input type="checkbox"/> Estudios <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/> Medio Entre 500k y 5MM USD <input type="checkbox"/> Grande Mayor a 5MM USD				
Tamaño:					
<b>EJECUTOR / RESPONSABLE DEL PROYECTO</b>					
Ejecutor					
Responsable					
<b>DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO</b>					
Objetivo (s): SMART					
Justificación:					
Beneficios:					
Evaluación Económica:					
Alineación Estratégica:					
Antecedentes:					
Alternativas:					
Alternativa Seleccionada:					
Alcance / Entregables:					
Supuestos:					
Restricciones:					
Interferencias:					
Permisos:					
Tierras:					
<b>LECCIONES APRENDIDAS IDENTIFICADAS</b>					
Lección Aprendida	Categoría				
<b>IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS</b>					
Causa	Riesgo	Plan de Gerenciamiento del Riesgo			
<b>STAKEHOLDERS</b>					
Nombre	Cargo	Influencia	Interés	Soporta Proyecto	Recomendación
<b>ESTRATEGÍA DE COMPRAS Y CONTRATOS</b>					
Descripción	Valor Aprox. US\$	Estrategia			
<b>RECURSOS ESPECIALES Y/O EXTERNOS</b>					
Recurso	Descripción				
<b>ORGANIGRAMA DEL PROYECTO</b>					
<b>PLAN INICIAL</b>					
Inicio:	Fin:	Duración (días):			
<b>WBS y Presupuesto:</b>					
<b>Flujo de caja:</b>					
<b>Hitos importantes:</b>					
Aprobación de proyecto					
Creación de AFE					
Generación de OTS					
Movilización e inicio de construcción					
pruebas y arranque					

Fuente: Activos de la empresa P

El modelo LPDS se alinea con el objetivo de desarrollar un ciclo de vida de los proyectos ajustado a las necesidades de construcción de valor de los entregables del proyecto, permitiendo establecer como objetivo la optimización permanente de los procesos, de los activos de la organización y de las facilidades de producción construidas.

La adopción del LPDS implica la inclusión de requerimientos de mantenimiento en operación y condiciones de abandono como parte del ciclo de vida de los productos y los procesos, y por lo tanto en adelante se consideran como parte del alcance de los proyectos en la metodología propuesta.

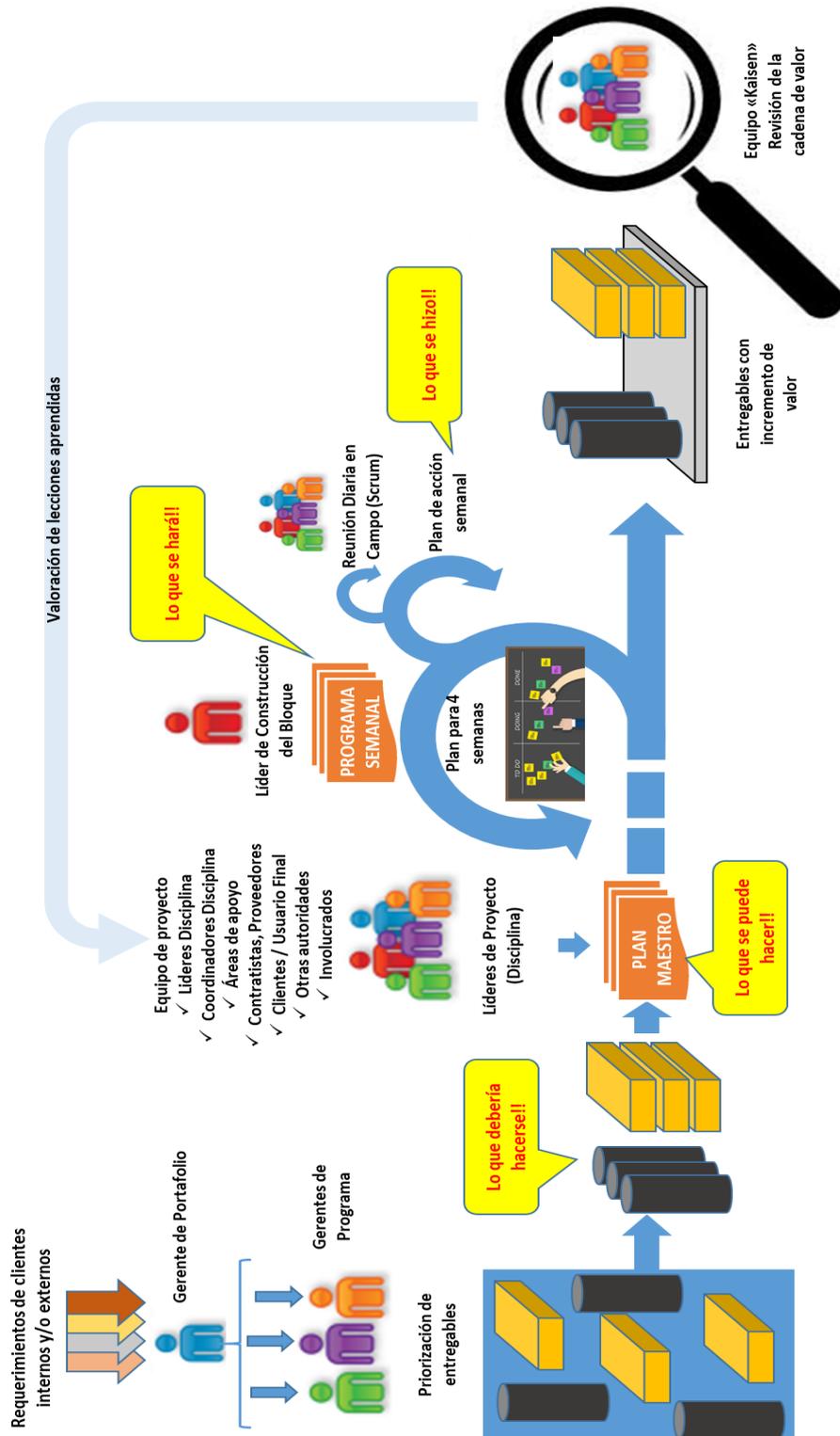
Los compromisos establecidos en el acta de constitución del proyecto se deben enfocar en priorizar la maximización de productividad de la vida útil de los entregables de los proyectos y los requerimientos del cliente/usuario final.

### **Dirección y Gestión del Trabajo del Proyecto**

Para la dirección y gestión del trabajo del proyecto se integran las técnicas de gestión ágil conocidas como SCRUM y último planificador, con algunos ajustes, propuestos por el autor, para poder aplicarlas con una estructura organizacional parecida a la observada como ejemplo en la figura 23. La técnica SCRUM es un método ágil para la ejecución del ciclo de vida de los proyectos y se desarrolla de la siguiente manera:

- **Los requerimientos estratégicos y los lineamientos corporativos** de la compañía son comunicados por el Gerente de portafolio de proyectos.
- Los requerimientos son asignados a un Gerente de programa, quien integra las necesidades y estructura los proyectos, asignándolos a los líderes de proyectos según la disciplina, definiendo las prioridades, los hitos y estableciendo el “**Plan maestro**” donde se lista lo que “**Se debería hacer**”. Este plan maestro se presenta por fases o procesos.
- Los líderes de proyectos reciben los lineamientos de este plan maestro y apoyándose en todas las fuentes de información, es decir involucrando al cliente final, los proveedores, los contratistas, los ejecutores y los desarrolladores de la ingeniería elaboran un “**Plan de acción**” donde definen lo que “**Se puede hacer**” en la ejecución del proyecto. Las técnicas de planeación que se desarrollen pueden ser variadas dependiendo del ámbito y complejidad del proyecto.
- Este “**Plan de acción**” es tomado por los líderes de construcción en campo quienes se responsabilizan de complementarlo para definir “**lo que se hará**”, para hacer seguimiento y gestionar lo necesario para favorecer el éxito del proyecto. Para esto se definen acciones de seguimiento y reporte de gestión como parte del plan semanal de actividades.

Figura 28 Desarrollo de la técnica “Scrum” para la gestión de proyectos de la PMO.



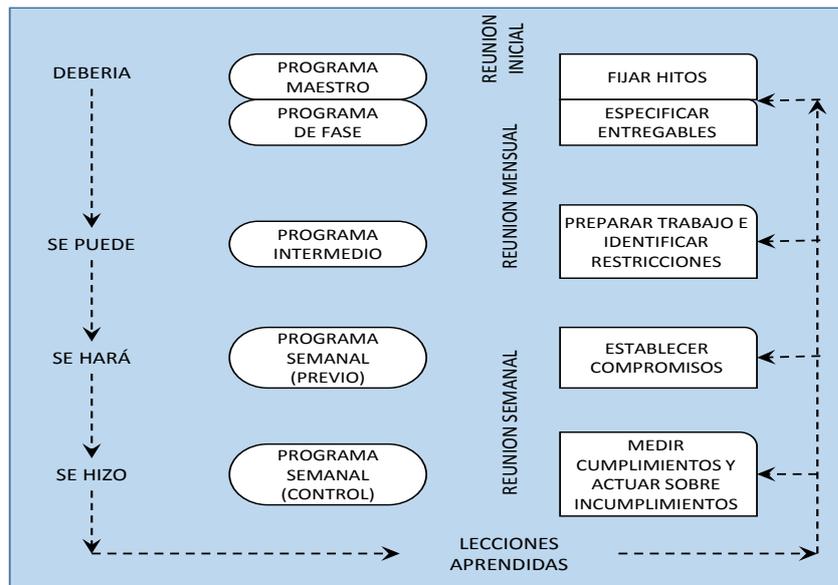
Fuente: Propia

- A diario se deben realizar revisiones rápidas de la implementación de las actividades del plan de acción para asegurar el control del proyecto y evitar afectaciones negativas. Para esto se pueden implementar técnicas LEAN de control visual, Kanban, 5's, A3, etc. De estas revisiones debe salir el reporte de **“Lo que se hizo”**. Las reuniones diarias deben durar entre 10 o 20 minutos como máximo.
- **Lecciones aprendidas.** Las experiencias o eventos positivos o negativos que sean relevantes para otros proyectos deben ser registrados y socializados en la base de conocimiento de la PMO.

### Desarrollar la planeación y control de los proyectos

Se adopta la técnica “Last Planner” o “Ultimo planificador”, para desarrollar la planeación y control de los proyectos:

Figura 29 Esquema de desarrollo de la técnica del “Ultimo Planificador”



Fuentes: (Rodriguez, Alarcon, & Pellicer, 2011)

Cuando ya se han definido las prioridades del portafolio de proyectos, se han estructurado los programas de desarrollo por bloques de producción y se han definidos los proyectos a ejecutar, la técnica del “Ultimo Planificador” se desarrolla con la siguiente secuencia:

1. **Elaboración del plan maestro.** Este plan maestro analiza el contexto general e identifica las prioridades estratégicas del portafolio, de los programas y de los proyectos. Se hace un análisis de valor de los entregables en contraste con los requerimientos del proceso, los beneficios y las políticas de la compañía para establecer los Hitos de los proyectos, es decir se define el **“Debería”** de la metodología del “Último planificador”.

2. **Plan de Gestión de riesgos por fases o plan intermedio.** Este es el segundo nivel de gestión enmarcado en el plan maestro y se realiza para un periodo de uno a tres meses, definiendo las acciones que **“Se Pueden”**. Siempre con el objetivo de eliminar los “mudas”, evitando cuellos de botella o pérdidas por fallas de materiales, recursos o mano de obra. Este plan de gestión está al nivel de los programas de proyectos
3. **Plan semanal** de gestión del proyecto enfocado en la gestión del riesgo y las oportunidades. Se realiza con la participación de coordinadores del proyecto, contratistas ejecutores, planificadores, encargados, proveedores, almacenistas, etc. para lograr un detalle más amplio de lo que **“se hará”**. En este punto se tiene totalmente clara la asignación de responsables, recursos y tareas específicas a completar.
4. **Revisiones diarias.** Realizar reuniones de “Los Últimos Planificadores” para verificar el cumplimiento del plan semanal, detectando las causas de no cumplimiento de lo planificado y estableciendo el plan de la siguiente semana. Esta reunión se puede realizar a diario o semanalmente dependiendo de la complejidad de los proyectos.

#### **Plan integrado de cambios**

En la metodología LEAN, el estudio y la aprobación de cambios en los proyectos, son procesos que tienden a ser más ágiles en la medida que se aumenta el grado de madurez de la PMO. Las recomendaciones LEAN para la gestión de cambios a tener en cuenta son:

- Implementar **“Poka Yoke”**. Si se detecta un problema o una oportunidad de mejora que no tiene impacto negativo sobre el alcance, costo o tiempo, la persona puede convocar en el mismo sitio a otros miembros del equipo, analizan el problema y definen las soluciones para ser implementadas de inmediato (**Just do it**), siempre asegurando que se documente la decisión y para esto se usa el formato A3 de las herramientas LEAN. Ver figura 30.
- Los cambios complejos se recogen en la reunión diaria, se pueden escalar de inmediato y el seguimiento se debe hacer en la reunión semanal de Scrum.
- Por principio toda la información y los entregables del proyecto deben tener un flujo continuo, sin represamientos y sin demoras en la solución. Por lo tanto todos los miembros del equipo son responsables que una gestión de cambio se resuelva en el menor tiempo posible.
- Las estandarizaciones de las instalaciones y los equipos promueven la eliminación de la incertidumbre y los errores humanos en cada diseño de ingeniería, minimizando la emisión de solicitudes de cambio.

Figura 30 Formato Para el manejo de cambios ajustado a la técnica A3 de LEAN

Logo Empresa P	FP xx Formato para el Manejo de Cambios Proyectos						
<b>Información general</b>							
Unidad de Negocio:	<input type="text"/>		Departamento:	<input type="text"/>			
Proyecto:	<input type="text"/>						
No de proyecto:	<input type="text"/>	Fecha solicitud:	<input type="text"/>	% Avance:	<input type="text"/>		
Objeto de proyecto:	<input type="text"/>						
Descripción del cambio (Qué):	<input type="text"/>						
Justificación (Por qué):	<input type="text"/>						
<b>Selecciones el impacto previsto:</b>							
Alcance		<input type="checkbox"/>	Tiempo		<input type="checkbox"/>	Costo	<input type="checkbox"/>
<b>Evaluación económica del cambio</b>							
Descripción	COSTO APROBADO PROYECTO			NUEVO COSTO PROYECTO			
	Cantidad	Valor unitario	Valor total	Cantidad	Valor unitario	Valor total	
Logística							
Ingeniería							
Comisionamiento							
Ambiental							
Tierras							
RSC							
Equipos y Materiales							
Obras Civiles							
Obras Mecánicas							
Obras Eléctricas							
Reserva							
IVA			\$ -			\$ -	
Valor total estimado. AIU + IVA incluido			\$ -			\$ -	
* ADJUNTAR WBS ACTUALIZADA							
Valor inicial:	\$ -	Valor proyectado:	\$ -	Valor adicional:	\$ -		
<b>Tiempo</b>							
Fecha de inicio:	_____		Fecha de finalización inicial:	_____		Fecha de finalización estimada:	15-Feb-16
	Presupuesto 2015			Presupuesto 2016			_____
<b>Anexos</b>							
Presupuesto	<input type="checkbox"/>	Reprogramación	<input type="checkbox"/>	Planos	<input type="checkbox"/>	Especificaciones	<input type="checkbox"/>
Otros	<input type="checkbox"/>						
<b>Análisis de la solicitud: Sección a ser diligenciada por Gerencia de Proyectos Bogotá</b>							
Aprobada	<input type="checkbox"/>	Rechazada	<input type="checkbox"/>				
Comentarios:	<input type="text"/>						
Lider Proyecto	Planeación Bogotá		Gerente PMO				
Nombre:	Nombre:		Nombre:				
Fecha:	Fecha:		Fecha:				
Firma:	Firma:		Firma:				
FP-98	PROCESO: FACILIDADES			VERSION 4 (18/07/2014)			

Fuente: Activos de la empresa P



## Cierre de los proyectos

El uso de la técnica del último planificador, en la cual el control de los avances se hace por hitos y entregables permite simplificar el cierre de los proyectos.

Se recomienda implementar una plantilla que integre la información relevante y organizada en una sola hoja. Ver figura 31.

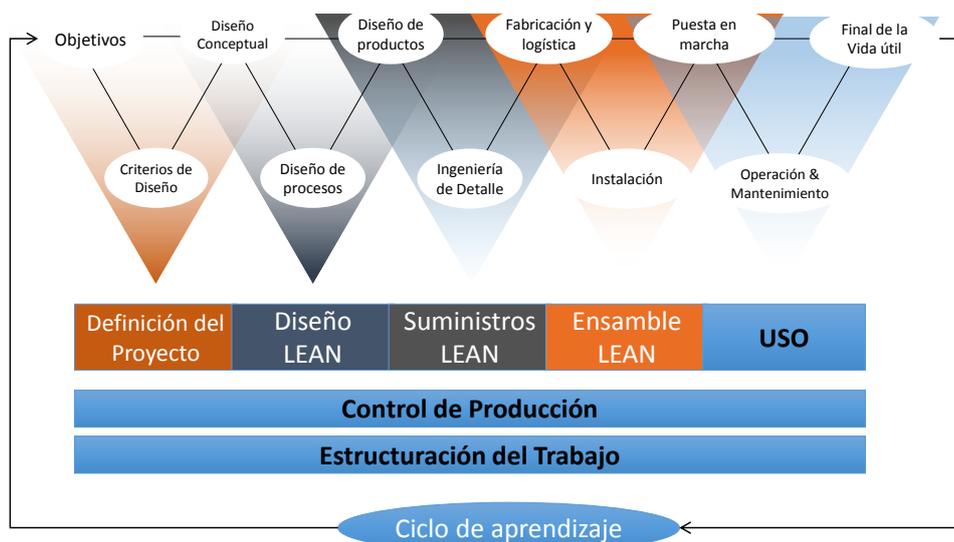
Por otro lado, es necesario tener claramente definido con el cliente/usuario final el flujograma de gestión de proyectos con el objetivo de tener total claridad de los requerimientos para hacer la entrega de responsabilidad y uso de los entregables construidos en los proyectos. Ver numeral 7.3.1 de esta metodología.

## 7.2.2 Gestión del Alcance de los Proyectos

### Plan de gestión del alcance

Los esfuerzos, tiempo y recursos para la definición del alcance de los proyectos se enfocan como principio de la filosofía LEAN en la definición del concepto de valor que cada uno de los entregables tienen para los clientes/usuarios finales. Entendiendo como cliente/usuario final al personal que debe operar, mantener y abandonar apropiadamente los sistemas construidos en el desarrollo de los proyectos. Para lograr este propósito se aplica la técnica de gestión LPDS, y se desarrolla de la siguiente manera:

Figura 32 Modelo de gestión LPDS



Fuente: [www.leanconstruction.org](http://www.leanconstruction.org)

### Definición del proyecto LEAN:

- El gerente de portafolio comunica los requerimientos estratégicos de la compañía, asignándolos a un gerente de programa quien

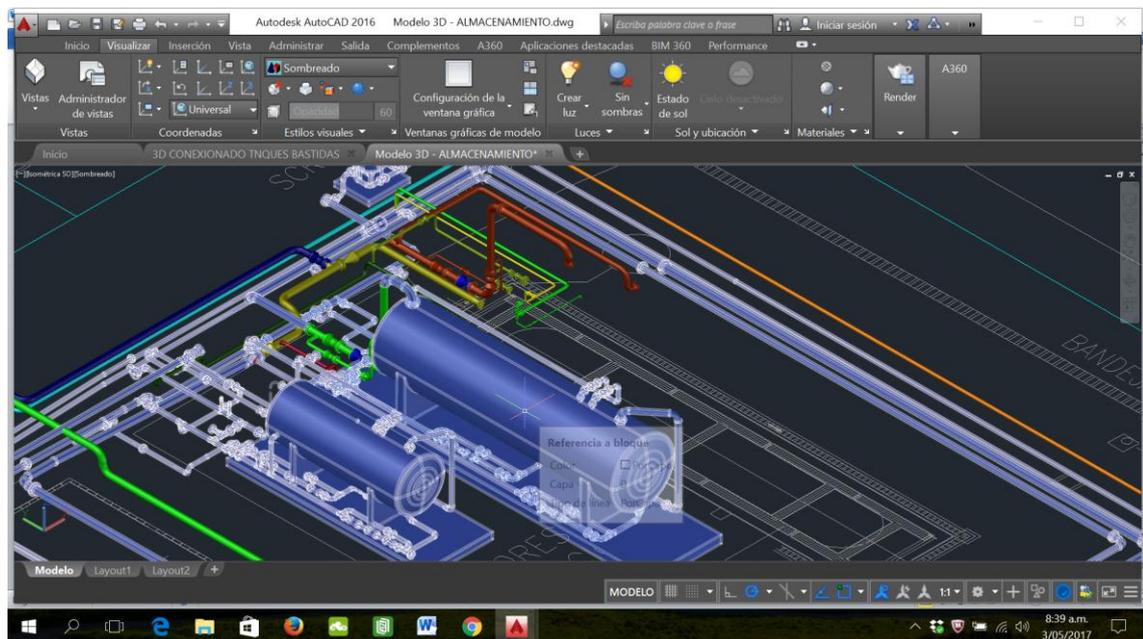
inicia el desarrollo del alcance apoyándose en los líderes de proyecto por disciplina y en el representante del cliente/usuario.

- Con las empresas de ingeniería se desarrollan estudios técnicos en campo para determinar el concepto de valor de los proyectos de la compañía. Estos se realizan con la participación de personal de la PMO, clientes/usuarios finales, contratistas de construcción, proveedores de equipos y expertos en diseño de ingeniería.

#### *Diseño LEAN:*

- El concepto de valor se plasma en la elaboración o revisión de especificaciones técnicas estandarizadas para sistemas, equipos y materiales.
- La estandarización de sistemas permite el diseño bajo los principios LEAN de típicos de montaje y sistemas completos paquetizados en estructuras o contenedores que deben tener en cuenta todas las consideraciones y expectativas de los clientes/usuarios finales, simplificando los equipos y bajando costos al mínimo posible.
- Con la estandarización de sistemas se implementa la Técnica “Building Information Modeling” (BIM) promovida por la metodología Lean Construction. Donde se detalla el alcance mediante maquetas digitales en 3D.

Figura 33 Modelo BIM para un sistema de almacenamiento de crudo



Fuente: archivos de la PMO

#### *Suministros LEAN:*

- Los sistemas paquetizados se incluyen en el plan de compras y contratación bajo la modalidad de suministros llave en mano.

Reduciendo inmensamente la demanda de recursos, esfuerzo, y tiempo para la compra de materiales y agilizando su suministro.

- Las actividades de sistemas no paquetizados se gestionan con proveedores con contratos marco de suministro, pre negociados en la modalidad de precios fijos.

#### *Ensamble LEAN:*

- Los sistemas paquetizados se construyen en lugares con todas las facilidades y recursos para agilizar la construcción, minimizar los costos, facilitar la logística y transporte al lugar de montaje.
- Los sistemas paquetizados minimizan los costos de montaje y agilizan el desarrollo de los proyectos.
- Los sistemas paquetizados se reciben probados (precomisionados) y el proveedor se desplaza a campo para la puesta en marcha (comisionamiento)

#### *Uso LEAN:*

- Los sistemas paquetizados se emplazan convenientemente para asegurar un orden adecuado y una ocupación inteligente del espacio de tal manera que se aplique la herramienta 5's y seguridad industrial.
- Los sistemas paquetizados se adquieren con servicios de entrega en el sitio de montaje, capacitación de uso y servicio de mantenimiento, suministro de repuestos y reparación por hasta varios años del ciclo de vida del equipo, reduciendo los recursos y costos de mantenimiento y operación.
- Los sistemas paquetizados se diseñan para poder movilizarlos a bajo costo y poder reutilizarlos muchas veces en muchos proyectos, con lo cual se minimizan los costos de abandono de los proyectos

#### **Recopilación de requisitos:**

Los requisitos o necesidades del proyecto y de los clientes/usuarios finales se recopilan en una matriz de requerimientos que unifica los requerimientos en un solo documento y que se utiliza desde el inicio del proyecto y se sigue usando hasta el final de proyecto manteniendo trazabilidad de cumplimiento. En la figura 34 se presenta un modelo del documento.

#### **Definir el alcance y crear la WBS**

Para definir el alcance aprovechando las estandarizaciones de los sistemas, se propone crear una Estructura de Desglose de Trabajos (WBS) estandarizada donde se clasifican los sistemas en subsistemas y equipos para facilitar la presupuestación y el entendimiento del alcance de los proyectos. En la WBS se incluyen los detalles de presupuestación la cual se desarrolla aplicando la técnica TVD.



Figura 35 Ejemplo de una Plantilla de la WBS estandarizada

FP-106		WBS & PRESUPUESTO - FACILIDADES DE PRODUCCIÓN			PROCESO: FACILIDADES		VERSIÓN: 9 (06/10/2014)	
				Fecha Inicio:		TRM:		Fecha Fin:
Unidad de negocio:				Departamento: Gerencia de Proyectos				
NOMBRE PROYECTO/AFE:								Presupuesto total
ALCANCE DEL PROYECTO:								
Contingencia (%)								
Sub - Total								
Nivel		Descripción	Unidad	Cantidad	USD / Un	Total USD		
1L	ESPECIALIDAD	LOGÍSTICA						
2LT		TRANSPORTE	Unidad	Cantidad	USD / Un			
2LH		HOSPEDAJE Y ALIMENTACIÓN	Unidad	Cantidad	USD / Un			
1S	ESPECIALIDAD	SUPERVISIÓN , INGENIERÍA, COMISIONAMIENTO Y OTROS						
2SS		SUPERVISIÓN	Unidad	Cantidad	USD / Un			
3SS	SUPERVISIÓN	Supervisión Mecánica	Mes					
3SS	SUPERVISIÓN	Supervisión Eléctrica	Mes					
3SS	SUPERVISIÓN	Supervisión Instrumentación y Control	Mes					
3SS	SUPERVISIÓN	Supervisión Civil	Mes					
3HS	HS	Supervisión HS	Mes					
2SI		INGENIERÍA	Unidad	Cantidad	USD / Un			
2SC		COMISIONAMIENTO	Unidad	Cantidad	USD / Un			
1C	ESPECIALIDAD	COMPRA DE EQUIPOS Y MATERIALES						
2CC		MANEJO DE CRUDO	Unidad	Cantidad	USD / Un			
2CA		MANEJO DE AGUA	Unidad	Cantidad	USD / Un			
2CG		MANEJO DE GAS	Unidad	Cantidad	USD / Un			
2CSC		SISTEMA CONTRAINCENDIOS	Unidad	Cantidad	USD / Un			
2CS		SISTEMAS AUXILIARES	Unidad	Cantidad	USD / Un			
2CP		POWER SYSTEM	Unidad	Cantidad	USD / Un			
2CO		OTROS EQUIPOS	Unidad	Cantidad	USD / Un			
2CF		LÍNEAS DE FLUJO	Unidad	Cantidad	USD / Un			
2CE		LÍNEAS DE ELÉCTRICAS	Unidad	Cantidad	USD / Un			
2CFA		FACILIDADES ADMINISTRATIVAS	Unidad	Cantidad	USD / Un			
2CM		MATERIALES OBRAS CIVILES	Unidad	Cantidad	USD / Un			
1F	ESPECIALIDAD	CONSTRUCCIÓN CLUSTER ELÉCTRICO Y MECÁNICO						
2FR		OBRAS ELECTRICAS	Unidad	Cantidad	USD / Un			
2FC			Unidad	Cantidad	USD / Un			

Fuente: Activos de la empresa P

### Validación del alcance

El tener claro el concepto de valor apoyado con el uso de las técnicas SCRUM y Ultimo Planificador, permiten optimizar el proceso de monitoreo y control del alcance, facilitando la validación de cumplimiento de la construcción y puesta en servicio de los entregables de los proyectos, porque en primer lugar prioriza las actividades del proyecto y luego se enfoca en balancear el uso de los recursos disponibles del proyecto para mantener un flujo continuo en la construcción.

La técnica del último planificador se asegura de definir lo que “se puede hacer” y luego define lo que “se hará” de manera concreta con seguimientos y validaciones semanales de lo que finalmente “se hizo” en periodos cortos de una semana.

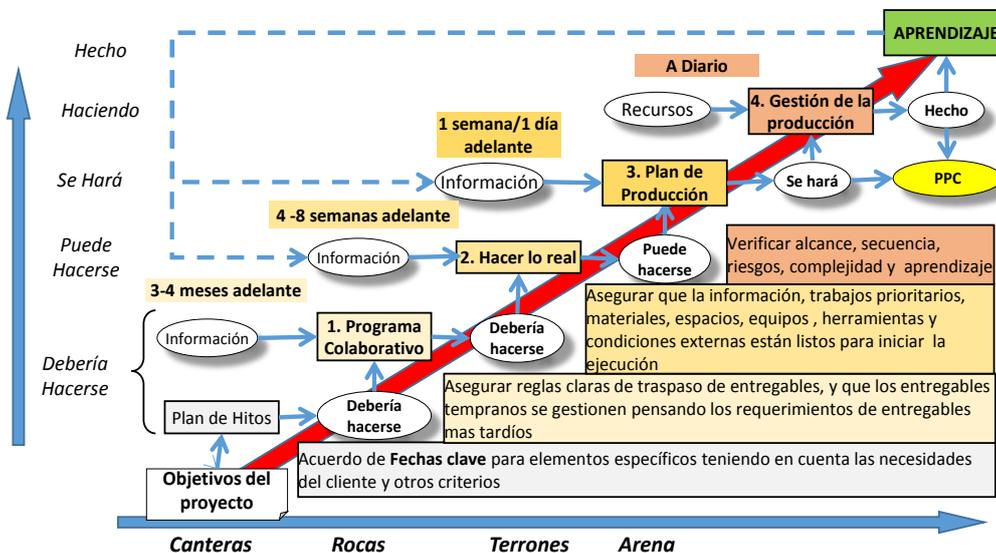
La metodología LEAN promueve el mantener las expectativas de los clientes/usuarios finales siempre visibles y presentes por lo cual las actividades programadas semanalmente permiten asegurarse de satisfacer los requerimientos y cumplir tempranamente los objetivos de los proyectos. Esto minimiza o elimina los conflictos para validar el cumplimiento del alcance de los proyectos.

### 7.2.3 Gestión del Tiempo de los Proyectos

#### Planificar la gestión del tiempo

La técnica LEAN de programación recomendada es la del Último Planificador. Esta técnica no sustituye ni compite con los sistemas de programación de barras y redes sino que los enriquece y permite optimizar su uso. *“Mientras que los métodos de redes manejan el camino crítico, el Último Planificador se preocupa por manejar la variabilidad; mientras los métodos de redes manejan fechas, el Último Planificador maneja flujos de trabajo.”* (Alarcon, Rodriguez, & Pellicer , 2011)

Figura 36 Técnica del Último planificador como diagrama de flujo



Fuente: (Mossman, 2015)

#### Definición y secuenciamiento de las actividades

Tal como se presenta en la figura 36, la técnica del Último Planificador es un proceso de planeación escalonado de flujo continuo en el que todos los miembros del equipo participan de acuerdo a la necesidad de información y los requerimientos del cliente.

El objetivo fundamental es asegurar un flujo continuo de información y una construcción permanente de valor.

- **El plan de hitos** es definido desde el acta de constitución del proyecto que ya conocemos en esta metodología.
- **El plan colaborativo** también conocido como el Plan Maestro define lo que se debería hacer en el nivel 1 de la planeación de la estructura de desglose del trabajo y en un diagrama de Gantt. El desglose por fases de proyectos complejos pueden incluir en esta fase llegar a un nivel 2 de planeación en el diagrama de Gantt. El plan se visualiza entre 3 a 4 meses y las fases se organizan en periodos entre 4 a 6 semanas.

- **El Plan intermedio** permite llegar a un nivel dos de la planeación donde se define lo que realmente “se puede hacer”. En esta fase se desglosan las actividades, estableciendo restricciones basados en la disponibilidad de los grupos de recursos del proyecto y sus respectivas capacidades de producción. Este plan se realiza para cada semana en un periodo no superior a 4 o 6 semanas.
- **El Plan de Producción** define lo que se hará, permite llegar a un nivel tres de desglose de las actividades y se realiza para cada semana de un periodo no superior a 4 o 6 semanas. El desglose de actividades es muy detallado y siempre se hace basado en las restricciones de disponibilidad de los recursos y la optimización de su uso.
- **Gestión de la producción**, corresponde al control de la ejecución del plan de producción semanal. Las revisiones de lo que se hizo se validan a diario para generar los reportes de avance del proyecto y gestionar anticipadamente los riesgos y aprovechar las oportunidades.
- El ciclo se complementa manteniendo una actitud de aprendizaje y mejora continua permanente.

### **Estimación de los recursos y las duraciones**

Ponz Tienda, José (2008) establece 4 pasos para realizar la estimación de la duración de los recursos y las duraciones dentro de la metodología LEAN, que son:

- Determinar La Producción y la Productividad.
- Tener presente las Curvas de Aprendizaje
- Calcular la duración de las actividades.
- Identificar los ciclos: Estandarización de actividades y zonificación de áreas.

#### *Paso 1: Determinar La Producción y la Productividad.*

En la metodología LEAN los recursos deben estar balanceados, sin variabilidad, sin tiempos improductivos, deben mantener la filosofía del mínimo costo con la mayor productividad asegurando un flujo de valor continuo y sin pérdidas.

Para nuestro método entenderemos **la Producción** como la creación, procesamiento de bienes, mercancías y servicios. La producción se mide en cantidades de obra ejecutadas que por ejemplo pueden ser las siguientes entre muchas:

- 1200 metros cuadrados de superficie pintada.
- 3450 metros cúbicos de excavación en terreno de sabana.
- 1345 Kilogramos de tubería de 6” montada.
- 4500 Metros cúbicos concreto vaciado

**La productividad** la adoptamos para la metodología como la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción (ml, m<sup>2</sup>, m<sup>3</sup>, Kg, Ton, etc.) y los recursos (personas, equipos ó herramienta) utilizados para obtenerla en un lapso de tiempo (hora ó día)

- 95 m<sup>2</sup> de tubería pintada / 1 día hombre
- 250 m<sup>3</sup> excavación / 1 hora máquina
- 545 Kg tubería montada / 1 hora cuadrilla
- 120 m<sup>3</sup> concreto vaciado / 1 día mezcladora

También usaremos los **Coefficientes de Intervención**, que son la relación entre las unidades de recursos por unidades de producción, por ejemplo:

- 0,4 horas hombre por m<sup>2</sup> de superficie de tubería pintada
- 1,6 m<sup>3</sup> de tierra removida por metro lineal de zanja de 1,7x0,9m
- 26,7 Kg por m lineales de tubería de 6"
- 1,01 m<sup>3</sup> de Hormigón por m<sup>3</sup> de placa

Y de la misma forma definimos el rendimiento, como la unidad de producción por unidad de recurso, es decir el inverso de los coeficientes de intervención:

$$\text{Rendimiento} = 1 / \text{Coeficiente de Intervención}$$

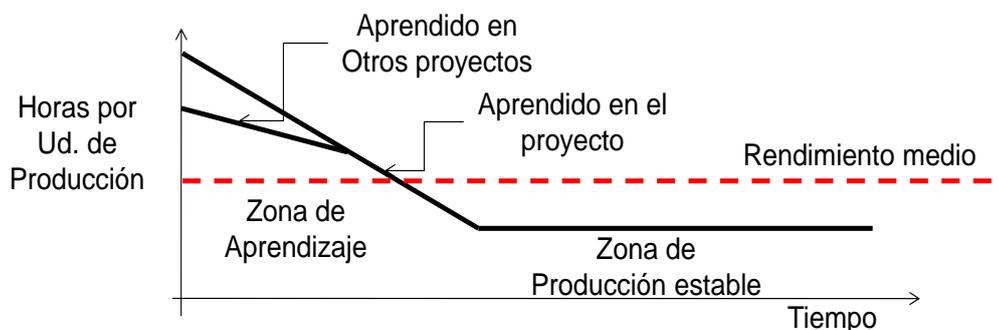
Veamos una aplicación sobre los mismos ejemplos:

- 2,5 m<sup>2</sup> de superficie pintada por 1 Hora hombre
- 0,625 m lineales de zanja de 1,7x0,9m por m<sup>3</sup> de excavación
- 0,03745 m lineales de tubería de 6" por Kg de tubería tendida
- 0,99 m<sup>3</sup> de placa por m<sup>3</sup> de hormigón

*Paso 2: Curvas de Aprendizaje.*

Una **curva de aprendizaje** describe el grado de éxito obtenido por el aprendizaje en el transcurso del tiempo.

Figura 37 Curva de aprendizaje

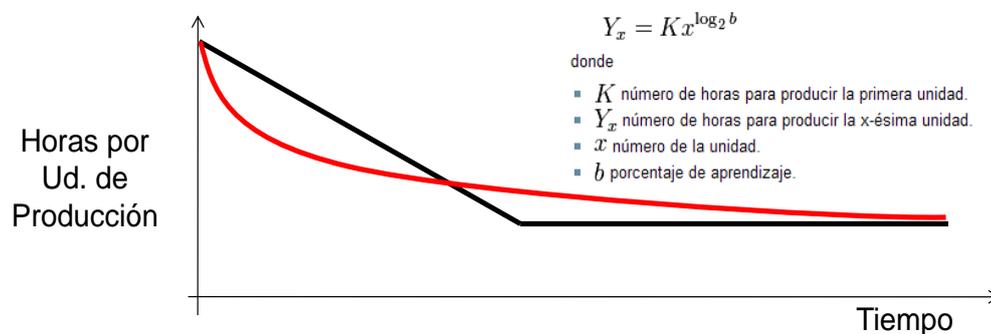


Fuente: (Ponz Tienda, 2008)

Cuando iniciamos un proyecto sin aprovechar el aprendizaje de experiencias de otros proyectos previos, la demanda de horas hombre por unidad de producción es muy alta. El aprovechamiento correcto de las lecciones aprendidas genera una reducción de horas hombre por unidad de producción, permitiéndonos llegar a una zona de producción estable donde la productividad se optimiza, minimizando los esfuerzos por unidad de producción y manteniéndonos por debajo de la línea del rendimiento medio.

Un ajuste más realista se puede obtener de la curva de aprendizaje logarítmica y con el apoyo de hojas de cálculo se puede llegar a obtener una mejor aproximación a la realidad.

Figura 38 Curva de aprendizaje Logarítmica



Fuente: (Ponz Tienda, 2008)

El uso de las curvas de aprendizaje no se debe aplicar como un replanteo de las estimaciones en el desarrollo del proyecto, sencillamente se debe observar como el potencial de las ventajas de aprender de tareas repetitivas que se pueden hacer cada vez mejor.

*Paso 3: Calcular la duración de las actividades*

Los técnicas y herramientas de las metodologías tradicionales no se hacen obsoletas en una metodología ágil, por el contrario se potencian porque se simplifica su aplicación, como por ejemplo lo hace la técnica del Último planificador que permite hacer una planeación por fases, y de manera evolutiva, evitando reprocesos y exceso de esfuerzos.

Bajo los principios LEAN, la metodología se centra en el producto y la continuidad del flujo de creación de valor. Por esta razón los factores importantes que influyen en la estimación de las duraciones son:

- La Cantidad de Unidades a Producir.
- Los Recursos utilizados para su Producción.
- **El Recurso “Cuello de botella”.**
- La jornada de trabajo de los Recursos.
- El entorno (recurso espacio, clima, accesos).
- El aprendizaje.

Todos los factores enunciados son igualmente importantes en una metodología tradicional, pero en una ágil las restricciones de recursos que puedan ser cuello de botella tienen un mayor valor y se usan para definir la planeación.

Los recursos pueden clasificarse en Renovables y No Renovables. Los recursos renovables, son de uso continuo y su productividad puede mejorarse durante su uso. Normalmente medimos su rendimiento en unidades de tiempo sobre unidades de producción (horas/m<sup>2</sup>) y están asociados al personal, equipo y herramienta. Un ejemplo de cálculo de la duración de una actividad con un recurso renovable es el siguiente:

$$Duración = \frac{Medición \times Coeficiente \ de \ Intervención}{Jornada \ de \ trabajo \times \# \ Operarios}$$

$$Días / \cancel{hombres} = \frac{\cancel{m^2} \times (Horas / \cancel{m^2})}{(Horas / días) \times \# \ Hombres}$$

Para el caso de los no Renovables, solo se tiene una oportunidad de uso y si no se aprovecha correctamente se generan pérdidas que son costos directos a los proyectos. Normalmente se asocian al rendimiento de materiales, insumos o energía con relación a unidades de producción (Kg/m<sup>2</sup>). Para calcular la duración de una actividad con un recurso no renovable se procede así:

$$Duración = \frac{Medición \times Coeficiente \ de \ Intervención}{Disponibilidad}$$

$$Días = \frac{\cancel{m^2} \times (Kg * \cancel{m^2})}{Kg / Día}$$

Cuando se tienen las primeras estimaciones de duración, se procede a determinar los recursos necesarios y luego a partir de los recursos disponibles se determina la duración posible.

**Paso 4: Identificación de ciclos: Estandarización y Zonificación.**

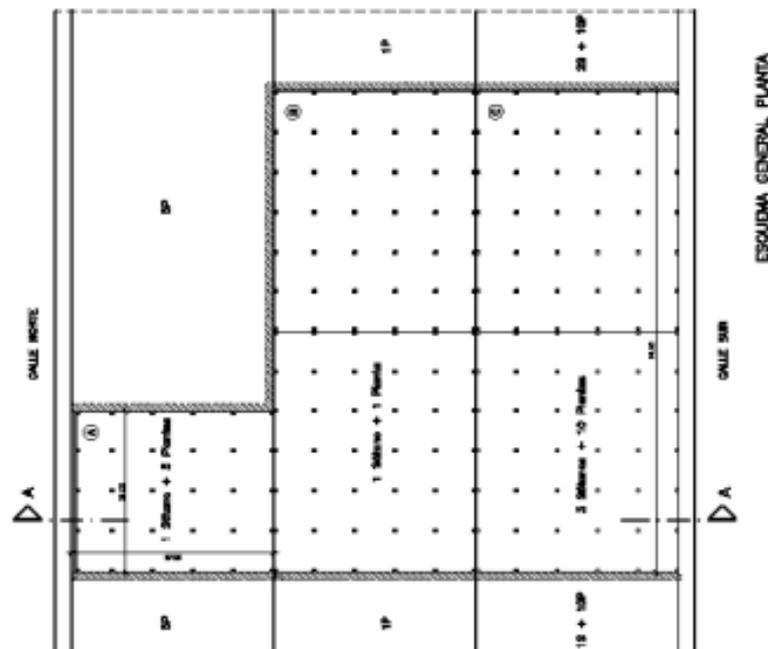
Para poder asimilar el desarrollo de un proyecto a un proceso de fabricación de un producto, se debe buscar siempre la estandarización de subsistemas y la zonificación de áreas para que tengan características comunes, y su construcción o fabricación se asimilen a la manufactura de un producto con procedimientos repetitivos y comparables.

Para el caso de una PMO del sector petrolero es posible estandarizar entre otros los siguientes componentes de un pozo de producción típico:

- Sistemas de generación eléctrica, en trailers containerizados que incluyen tanques de combustible de consumo diario, generador eléctrico, sistemas de protección eléctrica y sistemas de sincronismo que permiten conectar más de tres generadores en paralelo.
- Subestaciones eléctricas en patines petroleros para la energización y control de las bombas de pozo.
- Sistemas de tuberías (manifolds) pre-ensamblados con juegos de válvulas para direccionar el flujo de hasta 5 pozos a un solo sistema de producción de crudo.
- Sistemas de tratamiento de crudos
- Sistemas de tratamiento de agua
- Sistemas de control y dosificación de Químicos.

Las zonificaciones se hacen para determinar la orientación y posición de los pozos y los equipos en una plataforma. De esta manera se estandarizan también los diseños de las obras civiles de tal forma que el área se distribuye en cantidades de obra similares.

Figura 39 Ejemplo de zonificación en áreas iguales



Fuente: (Ponz Tienda, 2008)

### Control del tiempo del proyecto

Los controles de tiempo en la metodología LEAN son más simples, pues en primer lugar el proyecto se divide en fases de máximo 6 semanas, y el control exhaustivo se enfoca en las tareas del plan de producción semanal que tiene asignaciones diarias y que simplifican los esfuerzos al tener paquetes de trabajo más pequeños de tareas que se tienden a estandarizar y se hacen repetitivas.

Las técnicas de control del tiempo se apoyan en las técnicas y herramientas LEAN como Control Visual y Kanban para evidenciar públicamente cual es el avance de las obras.

Para esto se implementa el Tablero de Control Visual en todas las obras de campo donde se presentan las actividades programadas de manera visual y se permite la participación de todos los involucrados de manera abierta. Como medio de integración a la PMO se desarrolló un procedimiento de control de obra donde se especifica en detalle las metodologías a seguir.

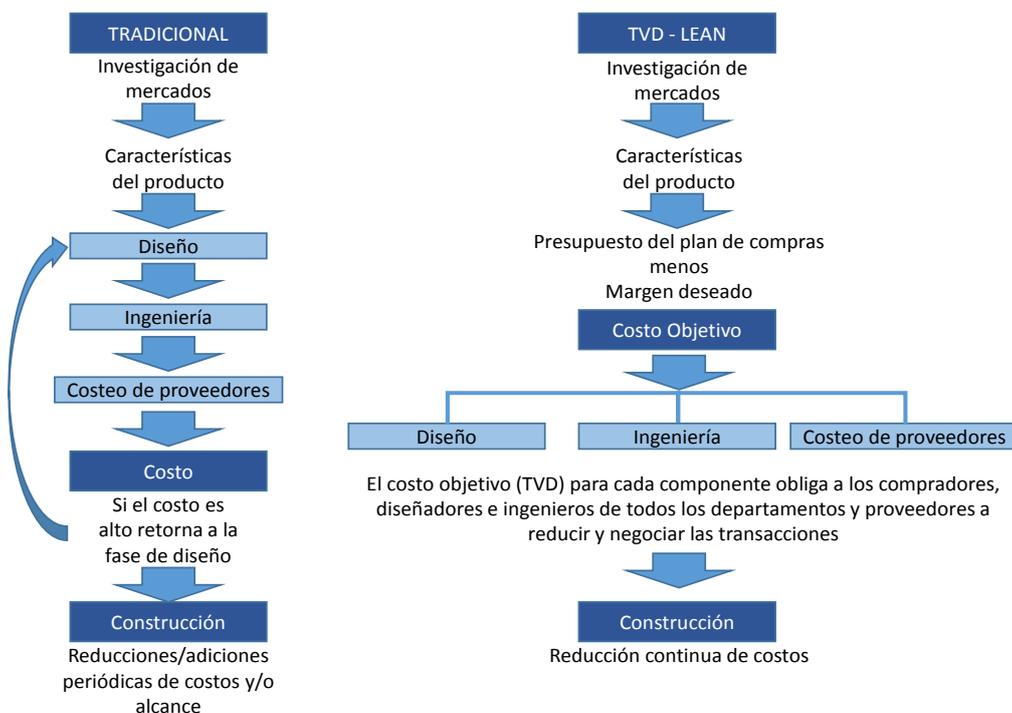
### 7.2.4 Gestión de los Costos de los Proyectos

#### Planificar la gestión de los costos

Para el control de costos se aplican las técnicas de valor ganado como medio de control del proyecto y se integra la técnica del “Target Value Design (TVD)” como estrategia de planeación. El TVD consiste en diseñar para un presupuesto fijo y no presupuestar para un diseño específico.

Como se ve en la figura 40, el cambio fundamental está en la definición de un costo objetivo a partir de la identificación de los requerimientos del proyecto.

Figura 40 Gestión de costos tradicional vs Gestión de costos TVD-LEAN

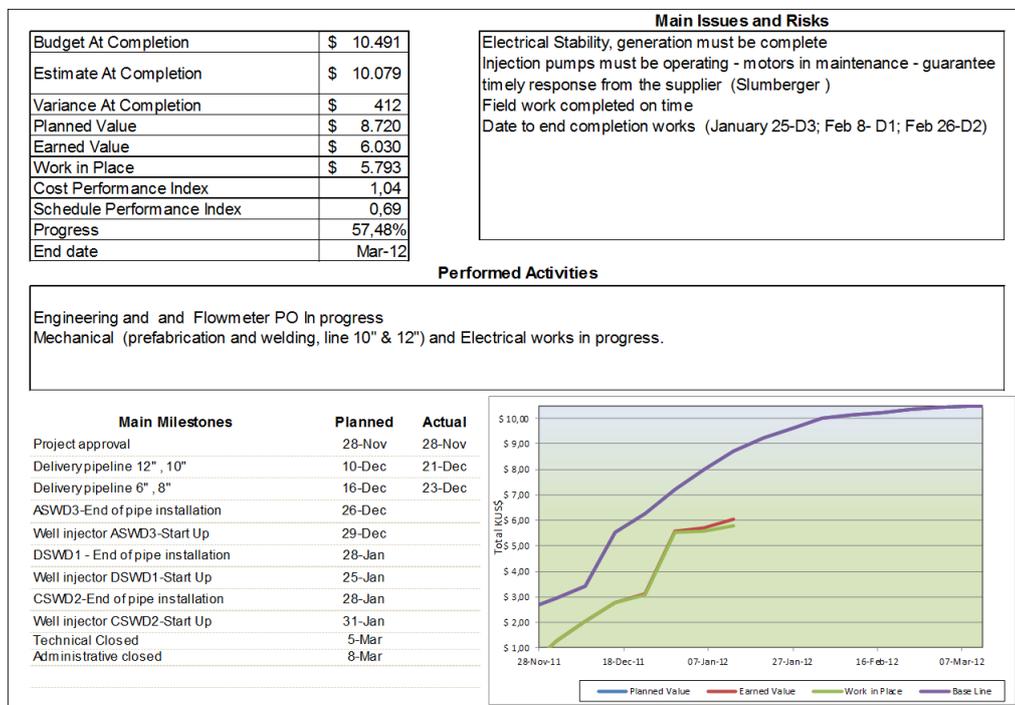


Fuente: Adaptación (Feil, Yook, & Kim, 2004)

Una vez lograda la definición del alcance se desarrolla un trabajo interactivo entre el diseño, la ingeniería y los proveedores para definir las estrategias para cumplir el “Costo Objetivo”. Durante todo el ciclo de vida del proyecto se deben mantener los esfuerzos por reducir el costo del proyecto sin modificar el alcance del proyecto, enfocándose en que las inversiones en todo caso agreguen valor a los entregables.

El método de reporte de la gestión de costos de los proyectos de la PMO sigue basado en la aplicación de la Técnica de Valor ganado, pero con una menor tolerancia a las desviaciones en el indicador de “Cost Performance Index (CPI)”, y se recomienda que no debe superar para ningún proyecto el 1,05.

Figura 41 Reporte semanal de estado de proyectos incorporado al macro de Excell de control de proyectos de la PMO

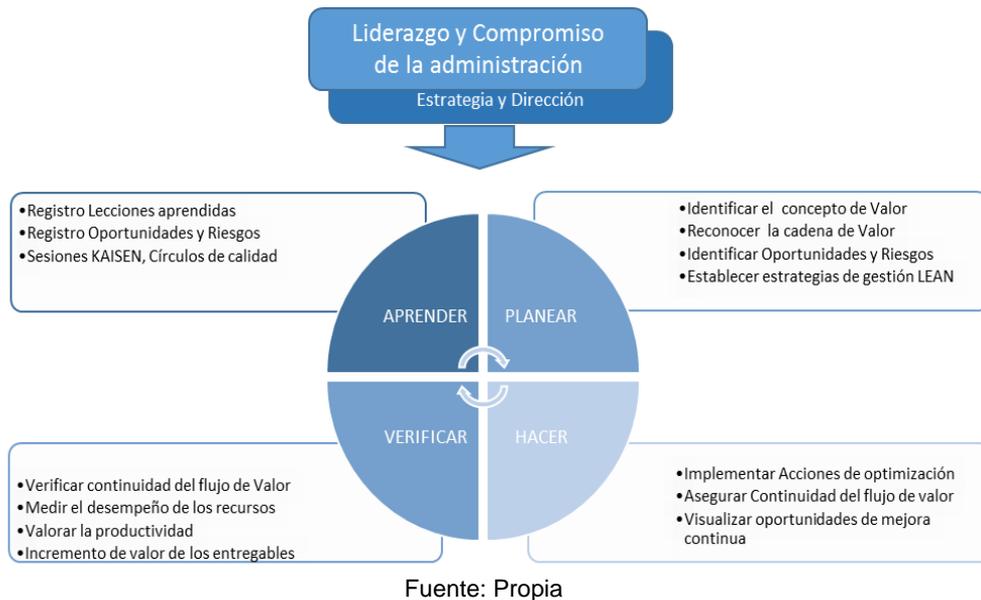


Fuente: Base de conocimiento de la PMO

### 7.2.5 Gestión de la Calidad de los Proyectos

Los principios LEAN están ligados a los principios del ciclo de mejora continua de la Calidad Total, que implica seguir el proceso estratégico de Planear, Hacer, Verificar y Actuar; también conocido como PHVA que se muestra en la figura 42.

Figura 42 Ciclo de calidad PHVA alineado a requerimientos LEAN



En el marco de la adaptación a la filosofía LEAN, se asocia "El planear" con la determinación del concepto de valor de todos los proyectos. En función de la percepción del valor que tiene la organización, se debe determinar cuál es la mejor cadena de valor (VSM) para poder lograr los objetivos del proyecto dentro de las necesidades de la organización. No todos los proyectos requieren los mismos procesos de gestión, estos se diferencian por su complejidad y el contexto de riesgos propios del proyecto.

En el "Hacer" se requiere garantizar que las actividades de los proyectos construyan valor, tengan un flujo continuo y no generen pérdidas de recursos, tiempo o alcance. Aquí se deben implementar las herramientas LEAN necesarias para asegurar el correcto y óptimo funcionamiento del proyecto.

En el "Verificar" se realizan las actividades de monitoreo y control de los proyectos y es aquí donde se deben medir y evaluar continuamente los indicadores de productividad de los recursos, para poder determinar el nivel de desempeño.

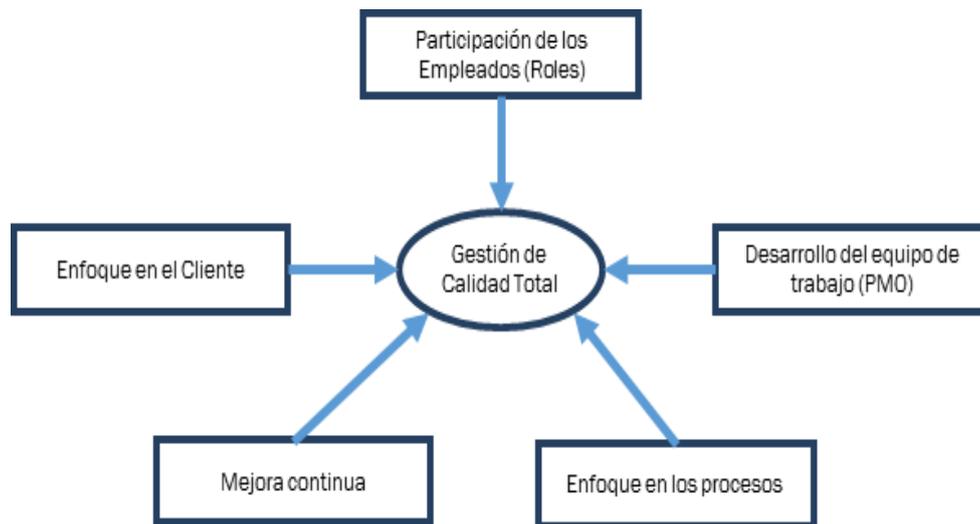
Para tener una verificación adecuada a la filosofía LEAN se debe promover el uso del Control Visual, la estandarización de procesos y autonomizar las actividades, es decir aplicar el principio "Poka Yoke" que implica que ante la detección de un problema, el proceso se debe suspender para analizar la causa raíz, implementar soluciones y retroalimentar al grupo de trabajo.

En el “Aprender”, finalmente se deben tener disponibles todas las lecciones aprendidas y retroalimentaciones de los clientes/usuarios finales que permitan mejorar continuamente los procesos de gestión.

### **Gestión de Calidad Total**

En la figura 43 se presentan los cinco principios de la Gestión de Calidad Total aplicable a la gestión de proyectos basada en principios LEAN, los cuales se adoptan como parte de la filosofía de gestión de proyectos de la organización.

Figura 43 Principios de la Gestión Total de Calidad



Fuente: Forbes (2011)

#### *Enfoque en el cliente*

Los principios de gestión de proyectos LEAN, tienen por enfoque principal el satisfacer los requerimientos del cliente/usuario final del producto, bien o servicio, con la maximización de eficacia de los recursos usados para tal fin.

#### *Participación de los empleados (Roles)*

La designación de roles y responsabilidades tiene por objetivo fundamental servir de medio formal para delegar el liderazgo en la organización en cada uno de los miembros del equipo de trabajo.

La organización adopta los principios de gestión del talento humano de la filosofía LEAN que tienen como fundamento el bienestar y la satisfacción de cada una de las personas que colaboran en el equipo de trabajo. Las políticas de gestión del personal recomendadas entonces son:

- Flexibilidad en el número de colaboradores en cada sección para adaptarse a los requerimientos de nuevos proyectos. Esto se logra con:

- Formación y capacitación (aptitud) en varias tareas de su área.
  - Trabajar la motivación del personal (actitud)
  - Coordinación y balanceo de las actividades de cada colaborador
  - Gestionar con equipos humanos de trabajo
  - Polivalencia de los colaboradores a cargo de varios procesos, lograda mediante la rotación de tareas.
- Construcción de círculos de calidad, que son equipos de trabajo para resolver problemas y gestionar la calidad en los proyectos de manera autónoma.
  - Implementación de un sistema de sugerencias y recompensas al equipo de trabajo
  - Construcción de equipos de trabajo de alto desempeño y sistemas de ayuda mutua.
  - Sincronización de actividades entre los puestos de trabajo.
  - Amplia comunicación entre el equipo de dirección de las oficinas y el equipo de construcción de los proyectos en campo.
  - Respeto por la dimensión humana, elevando la moral de los trabajadores
  - Liderazgo e involucramiento total por parte de la Dirección de la organización

Para lograr todo lo anterior es necesario que entre los roles y responsabilidades generales de los colaboradores en el sistema LEAN se incluyan los deberes de:

- Controlar su propio trabajo
- Adquirir competencias varias
- Aprender a resolver problemas de la gestión de los proyectos
- Implementar mejoras en el proceso de gestión de manera coordinada con su círculo de calidad
- Tener una actitud proactiva y propositiva permanente
- Debe tener concentración intensa en la tarea (tensión creativa permanente)
- No debe dejarse distraer por otras actividades o tareas
- Debe mantener una retroalimentación clara e inmediata de cómo avanzar hacia el objetivo estratégico del proyecto.
- Debe involucrarse y formar equipos capaces y competentes en varias tareas, con cantidad de colaboradores variable de acuerdo con las necesidades de los proyectos.

#### *Desarrollo del equipo de trabajo (PMO)*

El equipo de trabajo debe adquirir competencias permanentemente para colaborar en la mejora continua de los procesos de gestión de la organización, debe tener una actitud de trabajo en equipo permanente

y debe aprender a desarrollar sus actividades en línea con la filosofía LEAN de gestión sin pérdidas.

#### *Enfoque en los procesos*

Se establecen tres Macroprocesos para el desarrollo de proyectos en una PMO, dentro de los cuales se incorporan todas las actividades que se deben asegurar y controlar para la gestión de la calidad en la cadena de valor de los proyectos. Estos macroprocesos son definidos por el concepto de valor definido en los eventos KAISEN desarrollados por la PMO. Los procesos de gestión de la calidad son:

- Gestión de la Calidad en procesos de Ingeniería
- Gestión de la Calidad en procesos de Contratación Compras y Servicios
- Gestión de la Calidad en procesos de Construcción

#### *Mejora continua*

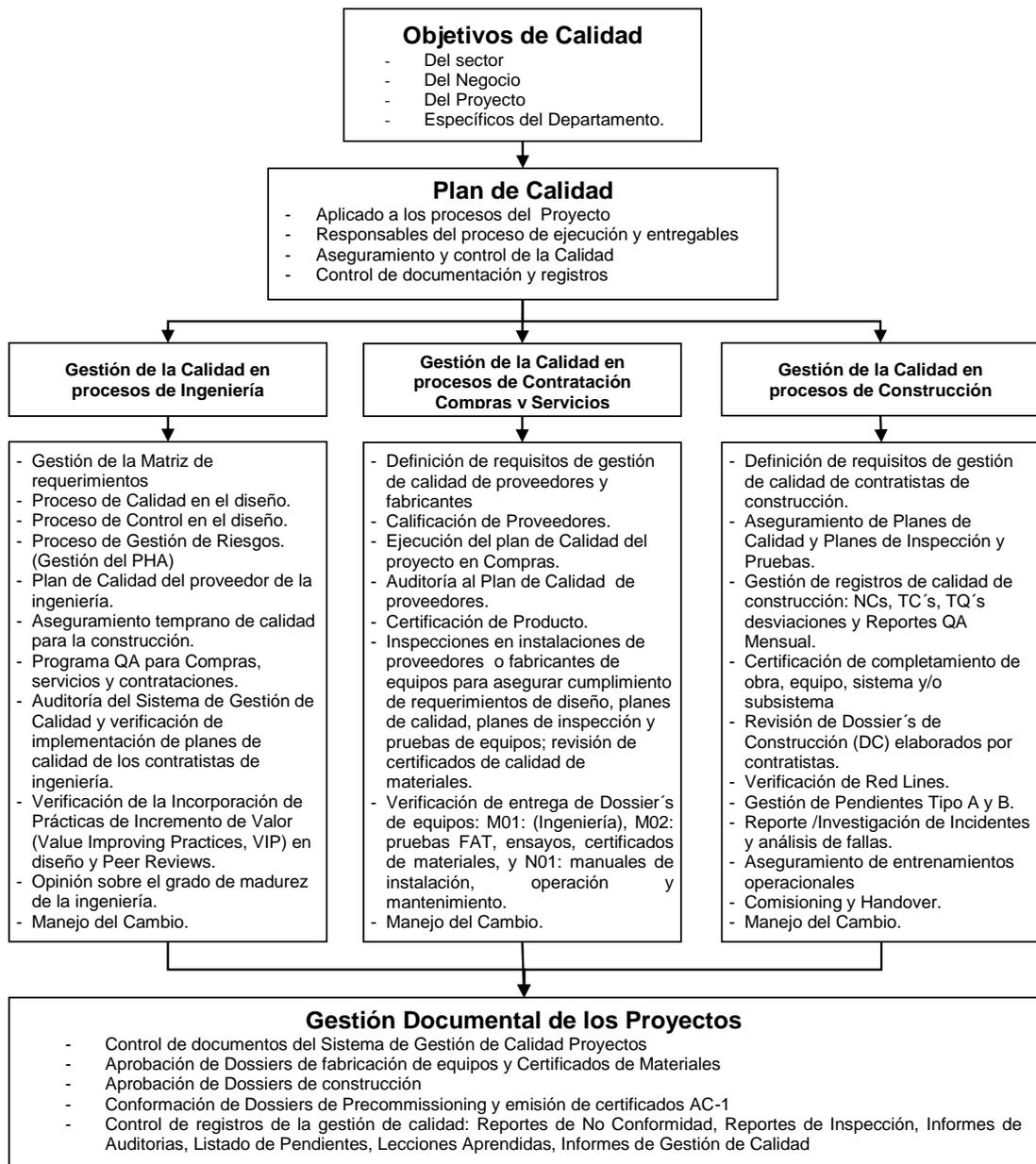
La mejora continua es el arte y razón de ser de la Filosofía LEAN, por lo tanto en este aspecto se fundamenta el uso de las herramientas y técnicas LEAN para cumplir las políticas de calidad. Los esfuerzos de mejora continua son un deber de todos los miembros del equipo de la PMO, como principio fundamental, todos son responsables de la cadena de valor de la gestión de proyectos de la organización.

Es un deber de las directivas promover y generar conciencia a todas las áreas de la importancia de su rol para el cumplimiento de los objetivos, esto incluye proveedores internos de la organización y contratistas/proveedores externos. Las estrategias de mejora continua se pueden desarrollar de tres modos dependiendo de la complejidad de los problemas o retos que se visualicen:

- **Equipos de Mejora Continua – KAISEN.** Este equipo es conformado por el mayor número de personas involucradas en un proceso que debe ser optimizado. Su alcance es únicamente limitado por la dirección de la PMO y puede generar reformas profundas e incluso afectar la estrategia de gestión. Es un ejercicio que se puede hacer al menos cada tres meses bien sea para evaluar un proceso o presentar informes de datos de resultados de una implementación.
- **Círculos de Calidad.** Son grupos de personas de la organización que voluntariamente y de manera permanente trabajan para mejorar y perfeccionar sus procesos de trabajo. Son grupos pequeños de una sub área o sub proceso donde se reúnen los directamente involucrados en una sesión que puede ser 1 o 2 veces por semana para revisar posibles oportunidades de mejora. Habitualmente sus actividades incluyen detectar problemas, analizarlos, proponer soluciones y llevarlas a la práctica. Los círculos de calidad se forman con la idea de perdurar en el tiempo.

- **Liderazgo Individual – LEAN Leaders.** Todos los miembros del equipo deben ser formados permanentemente en el uso e implementación de herramientas y técnicas de mejora continua con el objetivo de que sean parte activa en la visualización de oportunidades y la implementación de iniciativas coordinadas. La filosofía LEAN otorga autonomía en la gestión de los procesos pero obliga a la implementación de acciones para prevenir defectos o errores anticipadamente.

Figura 44 Ejemplo de la estructuración de los Procesos de gestión de la calidad



Fuente: Documentos internos de la PMO

## **7.2.6 Gestión de los Recursos Humanos**

El enfoque principal de la filosofía LEAN está enfocada en el bienestar y en la maximización de la productividad de las personas que integran el equipo de trabajo. Sin embargo el incremento de productividad implica la reducción de recursos y la asignación de un esquema de gestión matricial en el que la funcionalidad del cargo es transversal a procesos internos. Esto lo evidenciamos en la estructura organizacional que se explicó en el numeral 7.1.1 y 7.1.2 de esta metodología.

### **Incentivos**

Normalmente las empresas tienen un plan de compensación salarial adicional por resultados individuales de cada uno de los empleados y solo incluyen a personal directo, es decir no se incluye personal subcontratado, contratistas o interventores externos. En pro de estimular la adopción de la filosofía LEAN, es recomendable que la dirección de la PMO establezca objetivos colectivos y no individuales en los que se incluye a personal de los contratistas y proveedores externos.

Para el personal directo se sostiene la compensación salarial con una ponderación muy superior para objetivos colectivos. Y para el caso de personal externo, se promueve la generación de incentivos y reconocimientos por su colaboración activa en los procesos de implementación LEAN.

### **Formación**

Las empresas normalmente tienen planes de capacitación y formación técnica para reforzar las capacidades del personal pero no se desarrolla un conocimiento colectivo para el equipo de trabajo. Ante esta condición y basados en la filosofía LEAN se recomienda desarrollar un plan de capacitaciones de replicación que son dirigidos por los mismos miembros de la PMO, en temas en los cuales se detectaron debilidades o muchas diferencias de criterio.

## **7.2.7 Gestión de Comunicaciones de los Proyectos**

Se requiere desarrollar un plan de comunicaciones basado en los principios de simplificación de procesos y de integración de roles en la organización. Los planes de comunicación comúnmente se basan en niveles de autoridad y la aprobación/reprobación de decisiones. El plan de comunicaciones LEAN tiene por objetivo minimizar los puntos de inspección, revisión y aprobación; sostener un flujo claro y continuo para toda la información que tiene valor o agrega valor en el sistema de gestión e implementar un sistema cooperativo entre los roles de los involucrados en el proceso.

Tabla 5 Ejemplo de un Plan de comunicaciones estandarizado y Simplificado

NOMBRE O IDENTIFICACION DEL DOCUMENTO		RESPONSABLE DE ELABORAR EL DOCUMENTO	QUIEN SOLICITA A CONTRATISTA	QUIEN RECIBE DE CONTRATISTA	QUIEN ENVIA SOLICUESTA DE CONTRATISTA	QUIEN RECIBE DE PCL	FRECUENCIA	COMENTARIOS Y NOTAS
DOCUMENTOS CONTRACTUALES No Conformidades, Cambios en condiciones del Contrato, Comunicaciones Oficiales, etc.		PCL (Nombre y Apellido) Teléfono Correo electrónico	GERENTE DE CONTRATO (Nombre y Apellido) Teléfono Correo electrónico	TO: CARGO CONTRATISTA (Nombre y Apellido) Teléfono Correo electrónico	FROM: CARGO CONTRATISTA (Nombre y Apellido) Teléfono Correo electrónico	TO: GERENTE DE CONTRATO (Nombre y Apellido) Teléfono Correo electrónico	DIANTE VIGENCIA DEL CONTRATO	
SOLICITUD DE SERVICIO FP-03 Solicitud de servicio		GERENTE DE PROYECTO (Nombre y Apellido) Teléfono Correo electrónico	FROM: GERENTE DE PROYECTO (Nombre y Apellido) Teléfono Correo electrónico	TO: CARGO CONTRATISTA (Nombre y Apellido) Teléfono Correo electrónico	TO: CARGO CONTRATISTA (Nombre y Apellido) Teléfono Correo electrónico	TO: GERENTE DE PROYECTO (Nombre y Apellido) Teléfono Correo electrónico	SEGUN SOLICITUD	
COTIZACION INICIAL FP-07A Cotización Inicial		CARGO CONTRATISTA (Nombre y Apellido) Teléfono Correo electrónico	FROM: GERENTE DE PROYECTO (Nombre y Apellido) Teléfono Correo electrónico	TO: CARGO CONTRATISTA (Nombre y Apellido) Teléfono Correo electrónico	TO: CARGO CONTRATISTA (Nombre y Apellido) Teléfono Correo electrónico	TO: GERENTE DE PROYECTO (Nombre y Apellido) Teléfono Correo electrónico	SEGUN SOLICITUD	Se entregará en un periodo de (3) días después de recibida la solicitud de PCL. (Especificaciones Técnicas 4.1.13)
SOLICITUD DE ORDEN DE CAMBIO FP-08 Manejo de cambios		CARGO CONTRATISTA (Nombre y Apellido) Teléfono Correo electrónico	FROM: GERENTE DE PROYECTO (Nombre y Apellido) Teléfono Correo electrónico	TO: CARGO CONTRATISTA (Nombre y Apellido) Teléfono Correo electrónico	FROM: CARGO CONTRATISTA (Nombre y Apellido) Teléfono Correo electrónico	TO: GERENTE DE PROYECTO (Nombre y Apellido) Teléfono Correo electrónico	SEGUN SOLICITUD	Se entregará en un periodo de (3) días después de recibida la solicitud de PCL. (Especificaciones Técnicas 4.1.13)
ACTA PARCIAL DE OT		CARGO CONTRATISTA (Nombre y Apellido) Teléfono Correo electrónico	FROM: CARGO CAMPO (Nombre y Apellido) Teléfono Correo electrónico		FROM: CARGO CONTRATISTA (Nombre y Apellido) Teléfono Correo electrónico	TO: CARGO CAMPO (Nombre y Apellido) Teléfono Correo electrónico	SEGUN AVANCES	Se entregará Acta parcial con los soportes completos para revisión de Coordinador PCL. El acta revisada debe entregarse en Bogotá para ingreso a SAP.
ACTA FINAL DE OT		CARGO CONTRATISTA (Nombre y Apellido) Teléfono Correo electrónico	FROM: CARGO CAMPO (Nombre y Apellido) Teléfono Correo electrónico		FROM: CARGO CONTRATISTA (Nombre y Apellido) Teléfono Correo electrónico	TO: CARGO CAMPO (Nombre y Apellido) Teléfono Correo electrónico	SEGUN AVANCES	Se entregará Acta parcial con los soportes completos para revisión de Coordinador PCL. El acta revisada debe entregarse en Bogotá para ingreso a SAP.
APOYO PLANEACION Y CONTROL						TO: GERENTE DE PLANEACION (Nombre y Apellido) Teléfono Correo electrónico	SEGUN SOLICITUD	
INFORME DE AVANCE DE TRABAJOS SEGUN OT		CARGO CONTRATISTA (Nombre y Apellido) Teléfono Correo electrónico			FROM: CARGO CONTRATISTA (Nombre y Apellido) Teléfono Correo electrónico	TO: GERENTE DE PROYECTO (Nombre y Apellido) Teléfono Correo electrónico	DIARIO	Se entregará informe con conte del día anterior a las 11:00am.

Logo Contratista

FECHA: xx JULIO 2014

CONTRATO PC-004-13 PLAN DE COMUNICACIONES DOCUMENTAL  
DEPARTAMENTO DE PROYECTOS CONTRATISTA  
UNIDAD DE NEGOCIO: P

TO: A. CC. CON. COPA. TROM. DE. TRO. P. DE. DE. NIE.  
REVISIÓN: XX

Fuente: Activos empresa P

Tabla 6 Ejemplo de un Plan de comunicaciones estandarizado y Simplificado (Continuación)

NOMBRE O IDENTIFICACION DEL DOCUMENTO	RESPONSABLE DE ELABORAR EL DOCUMENTO	QUIEN SOLICITA A CONTRATISTA	QUIEN RECIBE DE CONTRATISTA	QUIEN ENVÍA RESPUESTA DE CONTRATISTA	QUIEN RECIBE DE P	FRECUENCIA	COMENTARIOS Y NOTAS
INFORME SEMANAL DE AVANCE DE TRABAJOS SEGÚN OTS	CARGO CONTRATISTA (Nombre y Apellido) Teléfono Correo Electrónico			From: CARGO CONTRATISTA (Nombre y Apellido) Teléfono Correo Electrónico	To: LIDER DE PROYECTO (Nombre y Apellido ) Teléfono Correo Electrónico To: ING. PLANEACIÓN (Nombre y Apellido ) Teléfono Correo electrónico To: LIDER DE CONSTRUCCION (Nombre y Apellido ) Teléfono	SEMANAL	Se entregará informe el día jueves con corte de la semana.
INFORME DE CALIDAD DESARROLLO DE OTs	CARGO CONTRATISTA (Nombre y Apellido) Teléfono Correo Electrónico	From: COORD. DE CALIDAD (Nombre y Apellido ) Teléfono Correo Electrónico	To: CARGO CONTRATISTA (Nombre y Apellido) Teléfono Correo Electrónico	From: CARGO CONTRATISTA (Nombre y Apellido) Teléfono Correo Electrónico	To: COORD. DE CALIDAD (Nombre y Apellido) Teléfono Correo Electrónico To: LIDER DE PROYECTO (Nombre y Apellido ) Teléfono Correo Electrónico	SEGÚN AVANCES	Se entregará según Plan de Calidad
INCLUSIÓN DE NUEVOS APUS	CARGO CONTRATISTA (Nombre y Apellido) Teléfono Correo Electrónico	From: GERENTE DE CONTRATO (Nombre y Apellido ) Teléfono Correo Electrónico	To: CARGO CONTRATISTA (Nombre y Apellido) Teléfono Correo Electrónico	To: CARGO CONTRATISTA (Nombre y Apellido) Teléfono Correo Electrónico	To: LIDER DE PROYECTO (Nombre y Apellido ) Teléfono Correo Electrónico To: LIDER DE CONSTRUCCION (Nombre y Apellido ) Teléfono Correo electrónico	SEGÚN NECESIDAD	Los APUS deberán entregarse con especificación técnica y unidad de medida y pago para ser aprobados.
INFORME DE HS DE DESARROLLO DE OTs	CARGO CONTRATISTA (Nombre y Apellido) Teléfono Correo Electrónico		To: CARGO CONTRATISTA (Nombre y Apellido) Teléfono Correo Electrónico	To: CARGO CONTRATISTA (Nombre y Apellido) Teléfono Correo Electrónico	To: SAFETY HSE (Nombre y Apellido ) Teléfono Correo electrónico	SEMANAL	Se entregará un resumen según desarrollo de OTs, y las inspecciones del caso ( equipos, andamios, etc).
LECCIONES APRENDIDAS	To: CARGO CONTRATISTA (Nombre y Apellido) Teléfono Correo Electrónico	From: LIDER DE CONSTRUCCION (Nombre y Apellido ) Teléfono Correo electrónico	To: CARGO CONTRATISTA (Nombre y Apellido) Teléfono Correo Electrónico	To: CARGO CONTRATISTA (Nombre y Apellido) Teléfono Correo Electrónico	To: LIDER DE PROYECTO (Nombre y Apellido ) Teléfono Correo Electrónico To: LIDER DE CONSTRUCCION (Nombre y Apellido ) Teléfono Correo electrónico	SEMANAL	Se entregará semanalmente las lecciones aprendidas de la semana inmediatamente anterior.
PLAN DE GESTIÓN SOCIAL	To: CARGO CONTRATISTA (Nombre y Apellido) Teléfono Correo Electrónico		To: CARGO CONTRATISTA (Nombre y Apellido) Teléfono Correo Electrónico	To: CARGO CONTRATISTA (Nombre y Apellido) Teléfono Correo Electrónico	To: LIDER SOCIAL (Nombre y Apellido) Teléfono Correo Electrónico To: LIDER SOCIAL (Nombre y Apellido) Teléfono Correo Electrónico	AL INICIO DEL PROYECTO	
INFORME DE SEGUIMIENTO PLAN DE GESTIÓN SOCIAL	To: CARGO CONTRATISTA (Nombre y Apellido) Teléfono Correo Electrónico		To: CARGO CONTRATISTA (Nombre y Apellido) Teléfono Correo Electrónico	To: CARGO CONTRATISTA (Nombre y Apellido) Teléfono Correo Electrónico	To: LIDER SOCIAL (Nombre y Apellido) Teléfono Correo Electrónico	MENSUAL	Se entregará la primera semana de cada mes.
INFORME SEMANAL DE GESTION SOCIAL	To: CARGO CONTRATISTA (Nombre y Apellido) Teléfono Correo Electrónico		To: CARGO CONTRATISTA (Nombre y Apellido) Teléfono Correo Electrónico	To: CARGO CONTRATISTA (Nombre y Apellido) Teléfono Correo Electrónico	To: LIDER SOCIAL (Nombre y Apellido) Teléfono Correo Electrónico	SEMANAL	Se entregará informe el día lunes con corte de la semana anterior. - IPQR. - Bienes y Servicios. - MOC y MONC.
INFORME AMBIENTAL	To: CARGO CONTRATISTA (Nombre y Apellido) Teléfono Correo Electrónico		To: CARGO CONTRATISTA (Nombre y Apellido) Teléfono Correo Electrónico	To: CARGO CONTRATISTA (Nombre y Apellido) Teléfono Correo Electrónico	To: SUPERVISOR AMBIENTAL (Nombre y Apellido) Teléfono Correo Electrónico	SEGÚN PMA	Se entregará informe con corte según PMA. - Cumplimiento del Plan de Manejo ambiental. - Manejo de recursos. - Incidentes ambientales.

Fuente: Activos empresa P

Entre los aportes más valiosos en la simplificación de un plan de comunicaciones esta la reducción de personas involucradas en las comunicaciones, delimitándose a aquellas que tienen una responsabilidad o injerencia contractual y relevante para el proceso de gestión. Otro aporte importante inherente está en la estandarización de documentos y la eliminación de informes y documentos que no agregan valor.

### **7.2.8 Gestión del Riesgo y las Oportunidades de los Proyectos**

La filosofía LEAN tiene por objetivo principal eliminar o gestionar de manera óptima las fuentes de pérdidas o basura en los procesos. En el marco de la filosofía LEAN, estas fuentes se conocen como los “Mudas”, “Muras” y “Muris”; por lo que el objetivo principal de la metodología de gestión de proyectos se centra en la eliminación y gestión apropiada de las fuentes de riesgos que puedan causar pérdidas de tiempo, dinero o recursos con los lineamientos de gestión de los nuevos requerimientos de la ISO 9000 – 2015.

El uso del modelo de pensamiento LEAN permite y casi que obliga a evaluar todo el panorama donde se desarrollan los proyectos, por esta razón la gestión del riesgo y oportunidades se debe hacer incluso desde la identificación de los requerimientos estratégicos de la organización. Es así entonces como debemos incluir en el alcance de gestión el portafolio, los programas y los proyectos específicos de la PMO. Las técnicas adoptadas para la gestión integrada de riesgos y oportunidades son “Last Planner” o “Ultimo planificador” y “Scrum”.

La metodología “Ultimo planificador” es compatible con el proceso de gestión de riesgos recomendado por la Guía para la gestión de proyectos (PMBOK) del PMI. En la figura 45 se muestran los subprocesos de la herramienta “Ultimo planificador” de la metodología LEAN, con la correspondencia de los subprocesos de gestión de riesgos de acuerdo con el PMI y se hace también una referencia de las herramientas y técnicas de la metodología LEAN que son útiles para mejorar la eficiencia de la gestión de cada subproceso.

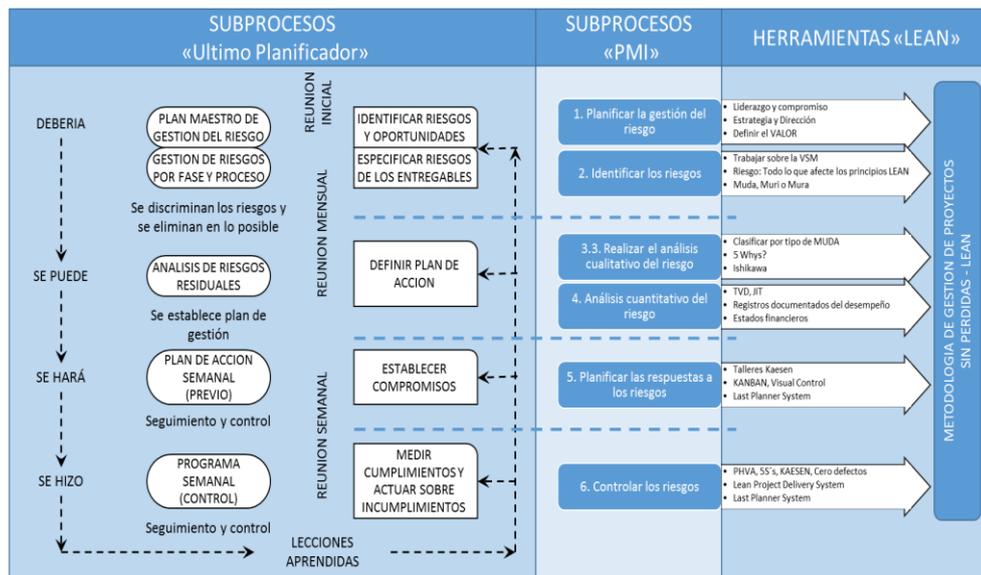
#### **Ultimo Planificador**

La técnica del “Ultimo Planificador” para gestión de riesgos se desarrolla de la siguiente manera:

1. **Elaboración del plan maestro de gestión del riesgo y oportunidades.** Así como en la planeación se definen los hitos del proyecto en este nivel se identifican los riesgos que pueden afectar el cumplimiento de los hitos y se define el plan de gestión de riesgos, es decir se define el “**Debería**” de la metodología del “Último planificador”.

2. **Plan de Gestión de riesgos por fases o plan intermedio.** Análisis de riesgos y oportunidades para identificar las acciones que **“Se Pueden”** hacer, para anticipar la materialización de los riesgos y promover la materialización de las oportunidades. Siempre con el objetivo de eliminar los “mudas”, evitando cuellos de botella o evitando pérdidas por fallas de materiales, recursos o mano de obra. Este plan de gestión está al nivel de los programas de proyectos y los proyectos específicos en ejecución.
3. **Plan semanal.** Se realiza con la participación de coordinadores del proyecto, contratistas ejecutores, planificadores, encargados, proveedores, almacenistas, etc. para lograr un detalle más amplio de la gestión de riesgos. En este punto se asignan responsables, recursos y tareas específicas a completar. Este plan se realiza como parte de la planeación, no implica una reunión adicional a la de planeación y se define lo que **“Se Hará”** para controlar los riesgos y aprovechar las oportunidades.
4. **Revisiones diarias.** Realizar reuniones de “Los Últimos Planificadores” para verificar el cumplimiento del plan semanal, detectando las causas de no cumplimiento de lo planificado y estableciendo el plan de la siguiente semana. Esta reunión se puede realizar a diario o semanalmente dependiendo de la complejidad de los proyectos.

Figura 45 Concordancia de subprocesos “Ultimo Planificador” con subprocesos de gestión de riesgos del PMI, y aplicabilidad de las herramientas de la Metodología LEAN en cada subproceso.



Fuente: Propia

## Scrum

La técnica SCRUM para la gestión de riesgos se desarrolla de la siguiente manera:

- **Los requerimientos estratégicos de la compañía son comunicados** a través del Gerente de portafolio de proyectos, es decir a través del Gerente de la PMO. En este nivel se comunican los riesgos y oportunidades más evidentes y **se establecen lineamientos corporativos** para su gestión.
- Los requerimientos son asignados a un Gerente de programa, quien integra las necesidades y estructura los proyectos que se requieren, asignándolos a los líderes de proyectos según la disciplina, definiendo las prioridades, los hitos y estableciendo el **“Plan maestro de gestión de riesgos y oportunidades”** donde se lista lo que **“Se debería hacer”**. Este plan maestro se presenta por fases o procesos.
- Los líderes de proyectos reciben los lineamientos de este plan maestro y apoyándose en todas las fuentes de información, es decir involucrando al cliente final, los proveedores, los contratistas, los ejecutores y los desarrolladores de la ingeniería realizan un análisis detallado de riesgos y oportunidades para establecer un **“Plan de acción”** donde definen lo que **“Se puede hacer”** para gestionar los riesgos y oportunidades durante la ejecución del proyecto.
- Este **“Plan de acción”** es tomado por los líderes de construcción en campo quienes se responsabilizan de complementarlo para definir **“lo que se hará”**, para hacerle seguimiento y gestionarlo para favorecer el éxito del proyecto. Para esto se definen acciones de seguimiento y reporte de gestión como parte del plan semanal de actividades.
- A diario se deben realizar revisiones rápidas de la implementación de las actividades del plan de acción para asegurar el control del proyecto y evitar afectaciones negativas. Para esto se pueden implementar técnicas LEAN de control visual, Kanban, 5’s, A3, etc. De estas revisiones debe salir el reporte de **“Lo que se hizo”**.
- **Lecciones aprendidas.** Las experiencias o eventos positivos o negativos que sean relevantes para otros proyectos deben ser registrados y socializados para que se tengan en cuenta cuando se desarrolla el plan maestro de otros proyectos.

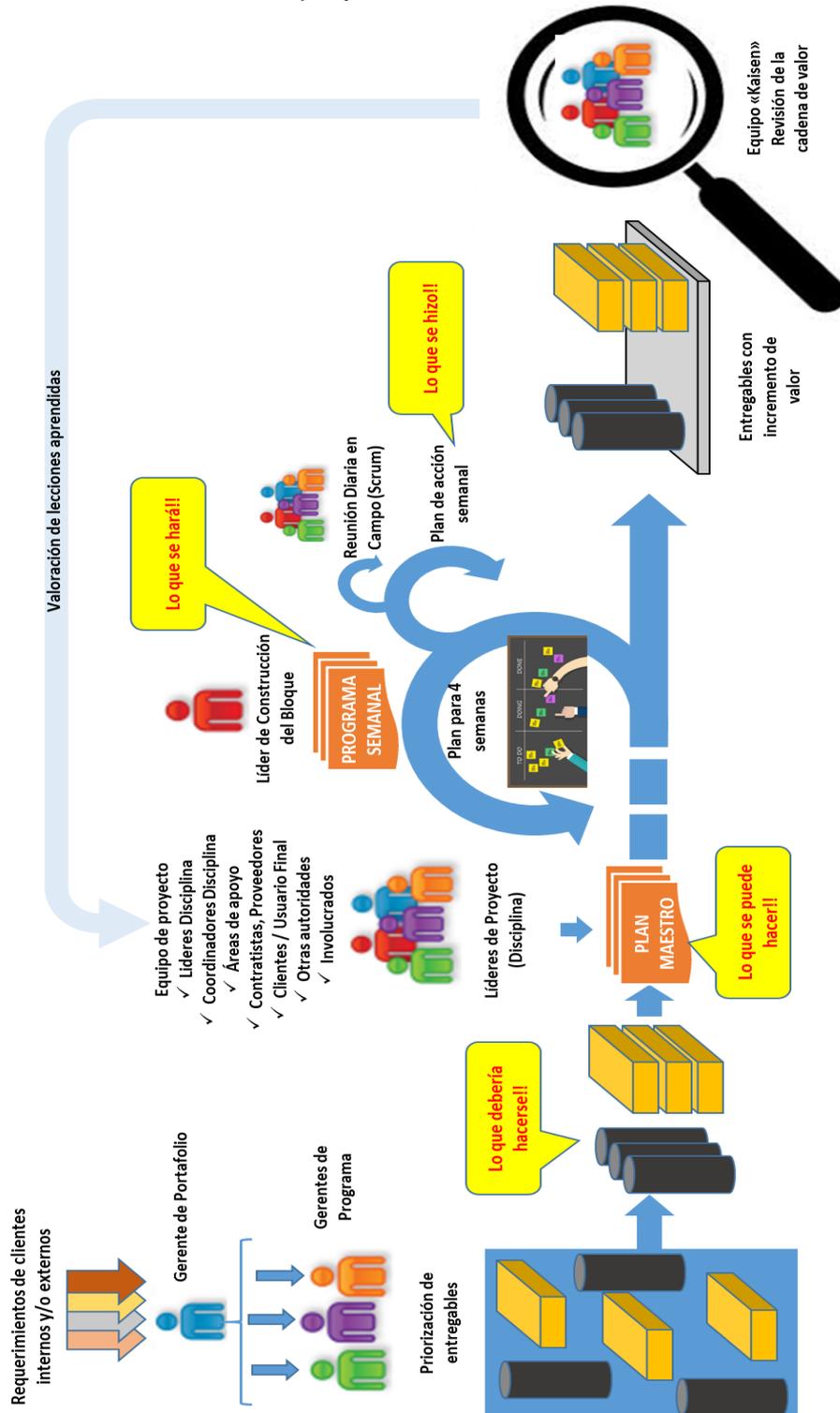
### **Categorización del riesgo**

Para facilitar la identificación de los riesgos se establece una tipología que ayuda establecer las fuentes, las causas y la clase, si es un riesgo puro o es una oportunidad.

1. Por su **tipo de causa**, es decir dónde se origina.
2. Por su **tipo de efecto** en la cadena de valor del proceso. Es decir de acuerdo con el **MUDA** (basura de la filosofía LEAN) que genera.

3. **Clase de riesgo.** Es decir si es una oportunidad o es un riesgo puro que amenaza con generar una pérdida o afectación negativa.

Figura 46 Desarrollo de la técnica “Scrum” para la gestión de proyectos de la PMO.



Fuente: Adaptación Propia



Tabla 7 Tipología del riesgo basado en los principios LEAN

TIPO CAUSA	TIPO EFECTO "MUDA"	CLASE DE RIESGO
Organizacionales	Defectos	Oportunidad
Comerciales	Sobreproducción (Extrafuncionalidades)	Riesgo Puro
Financieros y Económicos	Esperas (tiempos muertos)	
Políticos y legales	Subutilización de recursos	
De Gestión del proyecto	Subutilización de talentos (creatividad)	
Operacionales	Transporte y caminatas (personas y recursos)	
Laborales	Inventarios	
Seguridad, Higiene y Ambiente	Reprocesos ó procesos sin aporte de valor	
Humanos	Exceso de movimientos (Información)	
De Diseño		
De la Construcción (Físicos)		
Tecnológicos		

Fuente: Propia

### 7.2.9 Gestión de las Adquisiciones de los Proyectos

En todos los ámbitos y contextos la gestión de compras, contratación y logística de suministros es el factor de mayor relevancia en el fracaso de los proyectos, por esta razón es vital incorporar los procesos de gestión de adquisiciones a la metodología LEAN.

#### Planificación de las adquisiciones

Se debe promover la estandarización de equipos y sistemas para que permita eliminar procesos de compra de grandes volúmenes de materiales y componentes separados que implican maximización de los factores de riesgo y hacen más compleja la logística de suministro de materiales y servicios.

Los sistemas estandarizados y paquetizados se licitan y se adjudican bajo la modalidad de contratos marco con precios fijos, asegurando que los sistemas tengan coberturas de instalación, puesta en servicio, garantías integrales, soporte de mantenimiento y operación.

La mano de obra de construcción se contrata igualmente por la modalidad de contratos marco de precios fijos, con montos elevados y con tiempos de mínimo dos años, con empresas de la región donde se desarrollan los proyectos para evitar los altos costos de movilización y conflictos de relaciones comerciales con las comunidades de la zona de influencia de los proyectos. Por esto es necesario desarrollar programas continuos de desarrollo y fortalecimiento de proveedores regionales.

Todos los contratos son estándar con las mismas obligaciones y la misma estructura de costos para facilitar la movilidad del personal de la PMO y simplificar los procesos de administración de estos contratos.



### 7.3 PROCESOS DE GESTIÓN DE PROYECTOS

Entonces es necesario definir un flujo de procesos que se enfoque la construcción de valor desde la identificación de una necesidad, pasando por los diseños, la planeación de la solución, la construcción del valor, la puesta en funcionamiento, la operación, el mantenimiento y hasta el abandono o decomisionamiento. Una propuesta aplicable para empresas del sector se muestra en la figura 49.

Un flujo de procesos específico para una organización es nada más que la cadena de valor (VSM) y se construye como resultado de un evento KAISEN o de mejora continua donde todos los involucrados deben aportar y analizar los procedimientos que realizan y definir únicamente los procedimientos que agregan valor para la construcción de un activo. Este diagrama de flujo nos permite visualizar los procesos de construcción de valor, los responsables de los procesos, las entradas y salidas de los procesos, así como los puntos de aprobación y los puntos de traspaso de información o de los activos de los proyectos.

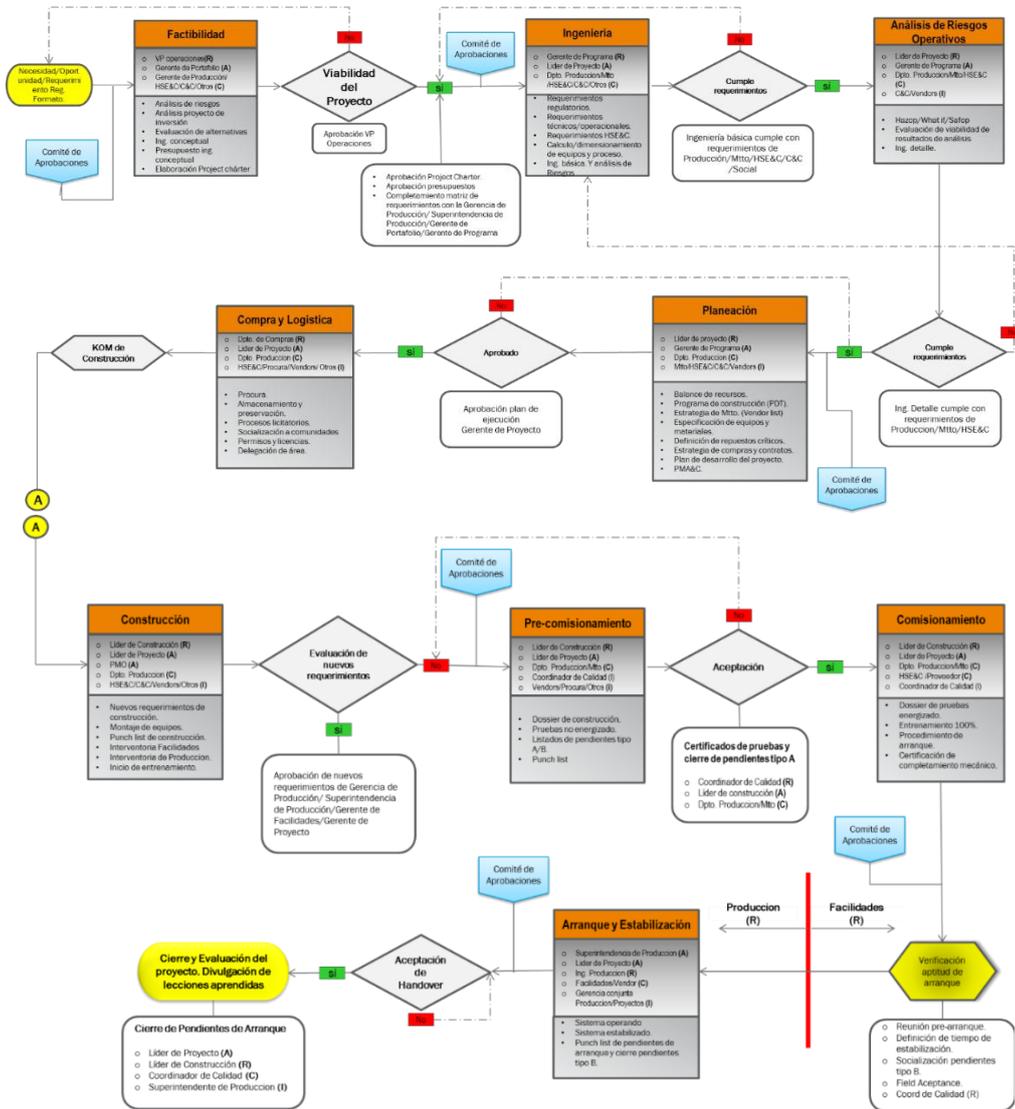
Los procedimientos de gestión de proyectos que se desarrollen para una PMO ajustados a esta metodología deben alinearse con los principios de la filosofía LEAN que de acuerdo con Womack et al (2012) corresponden a:

1. Especificar con precisión el concepto de **valor** para cada producto específico. El valor de los entregables del proyecto es definido desde el inicio del proyecto y es asegurado por ejemplo mediante las siguientes medidas:
  - Estandarización de las instalaciones de equipos mediante el desarrollo y aprobación de típicos de montaje para todos los equipos que se usan habitualmente en los proyectos de la empresa.
  - Diseño y construcción de paquetizaciones de sistemas de bombeo, sistemas eléctricos de potencia, sistemas de control, y otros equipos para ser adquiridos ya listos para ser conectados y evitar el volumen de trabajo en campo y la exposición a desviaciones de calidad.
  - Estandarización de los diseños de ubicación y capacidades de obras civiles, mecánicas y eléctricas de equipos en los campos de producción y los pozos de producción.
  - Se definió un protocolo de comunicaciones entre el personal de producción (Cliente/usuario final)
2. Identificar el **flujo de valor** para cada producto
3. Hacer que el valor **fluya** sin interrupciones
4. Dejar que el consumidor atraiga a sí (**Pull**) el valor procedente del fabricante o proveedor interno o externo
5. Perseguir la **Perfección**.

### 7.3.1 Cadena de Valor de la Gestión de Proyectos

Para mejorar el entendimiento del flujograma se construye un ejemplo de la cadena de valor para la gerencia de proyectos de una PMO, clasificando los procesos de acuerdo con el orden de los procesos de gestión de proyectos según la guía del Pmbok del **PMI (2013)**. En la misma cadena de valor se demarcan los puntos de control o “Quality Gates” que son los entregables o actividades que una vez terminadas permiten avanzar formalmente al siguiente proceso de gestión de los proyectos. Ver figura 50.

Figura 49 Flujograma de la gestión de proyectos de la PMO



Fuente: Propia

Figura 50 Cadena de valor de la gestión de proyectos



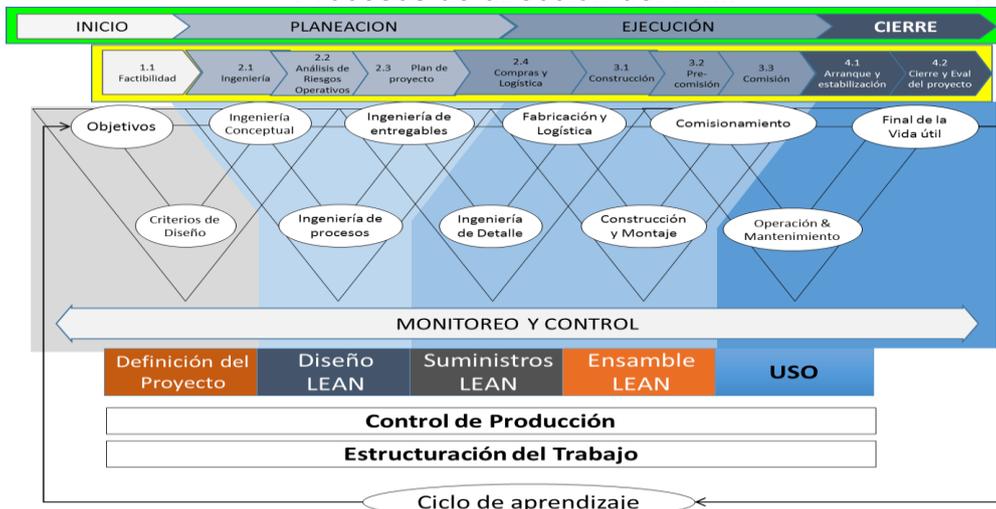
ii. ROAD MAP EQUIVALENTE DEL FLUJOGRAMA DE ENTREGA DE PROYECTOS

Fuente: Propia

### 7.3.2 Replicación de LPDS con la Cadena de Valor de la PMO

La cadena de valor es compatible y ajustada a la propuesta de Lean Project Delivery System (LPDS) de Mossman (2008), se puede observar la sobreposición de los grupos de los grupos de procesos de dirección de proyectos con la propuesta del LPDS en la figura 51.

Figura 51 Integración de la Cadena de valor de la PMO, con LPDS y Procesos de dirección del PMI.



La estructura y orden de la cadena de valor satisface y puede también aplicar los principios de LPDS. A continuación se evidenciará el alcance de cada subproceso de gestión de la cadena de valor propuesta.

### 7.3.3 INICIO – 1.1 Factibilidad

**Descripción.** El ciclo de vida de los proyectos en una PMO inicia con la identificación de los requerimientos de los proyectos a desarrollar, este proceso de recolección y aprobación debe ser evaluado financieramente para determinar la factibilidad de los proyectos. En la tabla 8 se muestran los cambios en el modelo de pensamiento de una metodología tradicional con respecto a un subproceso diseñado con la implementación de la metodología LEAN. Este subproceso de factibilidad incluye las siguientes actividades:

- Análisis de alternativas
- Análisis del proyecto de Inversión
- Análisis de riesgos
- Evaluación de alternativas
- Desarrollo de una ingeniería Conceptual con presupuesto
- Elaboración del acta de aprobación del proyecto (Project Charter)

### Efectos de la Metodología LEAN

Tabla 8 Cambios en el modelo de pensamiento con la metodología LEAN, del subproceso de Factibilidad

MODELO DE PENSAMIENTO ESTANDAR GESTION TRADICIONAL DE PROYECTOS	1.1 factibilidad	MODELO DE PENSAMIENTO AGIL GESTION LEAN DE PROYECTOS
Mediante reuniones aisladas con poca participación enfocados en las expectativas de la Gerencia	<b>Recolección de requerimientos</b>	Reunión de un comité técnico que incluye personal técnico de las áreas del Cliente/usuario final y de la PMO
Normalmente no hay un responsable designado por parte del cliente/usuario final que canalice las comunicaciones		Se asegura la designación de un líder de requerimientos de parte del cliente/usuario final para canalizar las comunicaciones
En varios casos los requerimientos no se firman por el cliente/usuario final y con frecuencia se generan cambios de alto impacto		Los requerimientos se firman en la matriz de requerimientos y se hacen respetar. Si hay cambios deben agregar valor al proyecto y ser aprobados por el comité técnico.
Se desarrollan talleres de riesgos con distintas metodologías con un alto nivel de detalle desde el comienzo aunque el alcance no este totalmente definido.	<b>Análisis de riesgos</b>	El análisis de riesgos se hace con la aplicación de la metodología del "Ultimo Planificador" iniciando sobre el plan maestro
Los entregables normalmente se valoran únicamente por su costo de adquisición o construcción	<b>Valoración de los entregables</b>	Los entregables se valoran por el impacto que generan en la optimización de la cadena de valor
Evaluación de alternativas únicamente por su costo y tiempo de ejecución		Alternativas valoradas por la reducción de costos y tiempos de producción.
Formato complejo, elaborado como un documento que requiere varios anexos que los soporten y normalmente varias firmas de aprobación	<b>Project Charter</b>	Project Charter simplificado en una sola hoja en un formato estandarizado
Estimación de tiempos y presupuesto por cotizaciones y experiencia del equipo	<b>Estimaciones de presupuesto y tiempos</b>	Estimación de Presupuesto basandose en los registros históricos de productividades y consulta con contratistas y proveedores de los contratos marco. (involucados tempranamente)
Estimación de tiempos basados en las experiencias del equipo de trabajo y los resultados de planeación por cadena crítica	<b>Estimaciones de tiempo</b>	Estimación de tiempos basados en Híto de los requerimientos y priorización de activos según necesidades del cliente/usuario final.
Normalmente se requiere la subcontratación de diseños específicos para cada proyecto, lo cual resulta mas costoso y demorado	<b>Desarrollo de Ingeniería Conceptual</b>	Los subsistemas de producción estandarizados simplifican la necesidad de desarrollar ingenierías casi de detalle para ser presentadas como ingenierías conceptuales.

Fuente: Elaboración Propia

El subproceso termina con la aprobación del Project Charter con la asignación de un presupuesto y la matriz de requerimientos del proyecto firmada por la Gerencia de Producción (Cliente/Usuario final) y la Gerencia del portafolio de proyectos es decir por el director de la PMO. La fase de inicio solo incluye este subproceso y en el LPDS corresponde a la definición del proyecto.

## Medición de Productividad

Tabla 9 Indicadores de productividad del subproceso de Factibilidad

Descriptor	Producción	Recurso / referencia	Productividad	Coefficientes de intervención
Producción de la inversión en el proyecto	Barriles de crudo (BOP)	Día (D)	Producción de barriles de crudo por día (BOP/D)	Días de producción esperada de crudo (D/BOPTotales)
Beneficio del proyecto sobre el Costo de producción	Barriles de crudo (BOP)	Costo de producción (CP) medido en dolares	Barriles por dólar invertido en producción (BOP/CP)	Dolares invertidos en producción por Barril (CP/BOP)
Beneficio de la inversión en el proyecto	Barriles de crudo (BOP)	Valor planificado del proyecto (VP) medido en dolares	Barriles por dólar invertido en el proyecto (BOP/VP)	Dolares invertidos en el proyecto por Barril (VP/BOP)
Agilidad en la visualización del proyecto	Barriles de crudo (BOP)	Tiempo de visualización en días (DV)	Barriles producidos por día de Visualización (BOP/DV)	Días de Visualización por Barril de Producción (DV/BOP)

Fuente: Elaboración Propia

### 7.3.4 PLANEACION – 2.1 Ingeniería

**Descripción.** Una vez obtenida la aprobación del proyecto, se procede a desarrollar los estudios de Ingeniería necesarios para la primera fase del proyecto. Este subproceso es parte de la planeación del proyecto y está enmarcado en las etapas de “Diseño LEAN” del LPDS.

Los diseños se hacen usando y promoviendo los sistemas estandarizados de producción montados en paquetes o contenedores, enfocando la ingeniería a la dimensión de los sistemas y las interconexiones entre subsistemas de producción.

El subproceso incluye las siguientes actividades:

- Completamiento de la matriz de requerimientos
- Inclusión de requerimientos regulatorios, de salud ocupacional y normativa.
- Calculo y dimensionamiento de equipos y subsistemas
- Desarrollo de la Ingeniería Básica por fases
- Análisis de riesgos y oportunidades por fases

## Efectos de la metodología LEAN

Tabla 10 Cambios en el modelo de pensamiento con la metodología LEAN, del subproceso de Ingeniería

MODELO DE PENSAMIENTO ESTANDAR GESTION TRADICIONAL DE PROYECTOS	2.1 Ingeniería	MODELO DE PENSAMIENTO AGIL GESTION LEAN DE PROYECTOS
Normalmente no se registran o si se hace se usan nuevos documentos para registrar los requerimientos y realizar el control en el desarrollo de la ingeniería	<b>Definición de requerimientos</b>	Se estandariza un formato unico que permite hacer trazabilidad de los requerimientos aprobados en la aprobación del proyecto durante todo el ciclo de vida del proyecto.
Tomadas por restricciones de presupuesto por el gerente de programa	<b>Toma de decisiones</b>	Decisiones tomadas por el valor de los entregables del proyecto para el cliente/usuario final.
<p>Todos los proyectos se consideran estrictamente únicos, y la ingeniería se desarrolla de manera particular para cada caso</p> <p>La Ingeniería es una fase muy costosa y que agota gran parte del plazo para desarrollar el proyecto</p>	<b>Alcances de la Ingeniería</b>	<p>Todos los sistemas son estandarizables y entonces la ingeniería se enfoca en dimensionar y definir los medios de interconexión de los subsistemas</p> <p>La ingeniería es muy ágil, enfocada y requiere menos presupuesto y tiempo. En algunos proyectos se desarrolla Ingeniería "In house".</p>
Los proyectos son diferentes, entonces se requiere de largos procesos para licitar y adquirir equipos para aplicaciones especiales	<b>Definición de equipos y subsistemas de producción</b>	Los equipos se compran estandarizados, paquetizados y/o contenerizados, con contratos marco donde el proveedor debe tener disponibilidad casi inmediata de equipos
Los tiempos de fabricación de subsistemas son largos con tiempos muertos para el ciclo de vida del proyecto	<b>Estimaciones del proyecto</b>	Los tiempos de entrega son mas cortos y en muchos casos la disponibilidad es inmediata
Las incertidumbres de constructibilidad de los proyectos son muy altas. "El papel aguanta todo".	<b>Desarrollo de la Ingeniería</b>	Los diseños son simplificados y se realizan con maquetas digitales en 3D. Herramienta BIM de Lean Construction.
No se involucran los proveedores, ni los constructores hasta que la ingeniería esta lista para revisión, lo que siempre genera inconsistencias y reprocesos		Se involucra tempranamente a los proveedores y a los constructores para la definición de los criterios de ingeniería y para identificar restricciones de constructibilidad de los proyectos.

Fuente: Elaboración Propia

## Medición de Productividad en el subproceso

Tabla 11 Indicadores de productividad del subproceso de Ingeniería

Descriptor	Producción	Recurso / referencia	Productividad	Coefficientes de intervención
Costo de la Ingeniería por valor total de inversión en el proyecto	Valor planeado del proyecto (VP) medido en dólares	Costo de la Ingeniería (CI) medido en dólares	Valor planeado por costo de la Ingeniería (VP/CI)	Costo de Ingeniería por Valor planeado (CI/VP)
Agilidad en el desarrollo de la Ingeniería	Tiempo de duración del proyecto (TP) medido en días	Tiempo requerido para el desarrollo de la ingeniería (TI)	Tiempo de duración del proyecto por tiempo de Ingeniería (TP/TI)	Tiempo de Ingeniería por Tiempo duración del proyecto (TI/TP)
Esfuerzo de ingeniería por proyecto	Valor planeado del proyecto (VP) medido en dólares	Horas hombre para el desarrollo de la Ingeniería (HHI)	Valor planeado por esfuerzo de ingeniería (VP/HHI)	Esfuerzo de ingeniería por valor planeado (HHI/VP)
Calidad de los diseños	Solicitudes de cambio (TC's)	Proyecto (P)	Solicitudes de cambio por Proyecto (TC's/P)	

Fuente: Elaboración Propia

### 7.3.5 PLANEACIÓN – 2.2 Análisis de Riesgos Operativos

**Descripción.** En la medida que se desarrolla la ingeniería por fases de acuerdo con la metodología del último planificador, se desarrolla también el análisis de riesgos operativos para los entregables de las mismas fases del proyecto.

Las técnicas de análisis de riesgos usadas, varían de acuerdo con la necesidad, pero todo se registra en el formato único de gestión de riesgos de la PMO. La inclusión de los riesgos operativos permite definir los requerimientos de uso, mantenimiento y abandono de los subsistemas de producción que son del alcance de los proyectos de acuerdo con la filosofía LEAN.

#### Efecto de la metodología LEAN

Tabla 12 Cambios en el modelo de pensamiento con la metodología LEAN, del subproceso de Análisis de riesgos operacionales

MODELO DE PENSAMIENTO ESTANDAR GESTION TRADICIONAL DE PROYECTOS	2.2 Análisis riesgos operativos	MODELO DE PENSAMIENTO AGIL GESTION LEAN DE PROYECTOS
Se realizaban talleres de riesgos (What-if, Hazop, Safop, etc) repetitivos y que normalmente no se integran para determinar peligros y restricciones de operación de los activos entregables	Riesgos operativos	Se unifica la gestión de riesgos operativos a los diseños de ingeniería.
Normalmente no se involucra a tiempo al personal usuario final, por lo que siempre surgen requerimientos adicionales	Participación de los interesados	Se involucra tempranamente a representantes del cliente/usuario final, seguridad física, seguridad ocupacional y personal operativo
Siempre surgen restricciones y peligros operacionales que implican costos y tiempo adicional para poder satisfacer requerimientos operacionales	Requerimientos adicionales	Los requerimientos adicionales se deben reducir gracias a la estandarización de los sistemas

Fuente: Elaboración Propia

#### Medición de la Productividad en el subproceso

Tabla 13 Indicadores de productividad del Subproceso de Análisis de riesgos Operacionales

Descriptor	Producción	Recurso / referencia	Productividad	Coefficientes de intervención
Riesgos operativos no considerados en Ingeniería que son identificados por proyecto	Riesgos operativos (RO's)	Proyecto (P)	Riesgos Operativos no identificados por proyecto (RO's/P)	
Esfuerzo dedicado al análisis de riesgos por presupuesto de proyecto	Horas de análisis de riesgos operativos (ARO) medido en horas	Valor planeado del proyecto (VP)	Horas de análisis por valor del proyecto (ARO/VP)	Valor del proyecto por Horas de Analisis de riesgos del proyecto (VP/ARO)
Costos de Riesgos Operativos en el presupuesto del proyecto	Costos de mitigación de Riesgos Operativos (CRO's) medido en dólares	Valor planeado del proyecto (VP)	Costos de mitigación de riesgos operativos por Valor planeado del proyecto (CRO's/VP)	Valor planeado del proyecto por costos de mitigación de riesgos operativos (VP/CRO's)

Fuente: Elaboración Propia

### 7.3.6 PLANEACIÓN – 2.3 Plan de Proyecto

**Descripción.** Definido el alcance del proyecto con el desarrollo de una ingeniería de Detalle que considera los riesgos operacionales se procede con la elaboración del plan maestro del proyecto, de acuerdo con la técnica del “Ultimo planificador y “scrum”.

El plan maestro define lo que “Se puede hacer” y como se puede hacer por fases. Este subproceso está en la planeación del proyecto y corresponde a la Ingeniería de los entregables del Proyecto del LPDS. Entre las actividades de este subproceso tenemos:

- Plan detallado de Trabajo (PDT). Que incluye el trabajo por fases de no más de 6 semanas de duración y lo esperado para cada semana.
- Balance de recursos
- Estrategia de adquisiciones
- Estrategia de repuestos y materiales
- Estrategia de Operación, Mantenimiento y abandono
- Plan de manejo ambiental y de salud ocupacional
- Plan de Proyecto

### Efecto de la metodología LEAN

Tabla 14 Cambios en el modelo de pensamiento con la metodología LEAN, del subproceso de Plan de proyecto

MODELO DE PENSAMIENTO ESTANDAR GESTION TRADICIONAL DE PROYECTOS	2.3 Plan de Proyecto	MODELO DE PENSAMIENTO AGIL GESTION LEAN DE PROYECTOS
Normalmente se elabora un plan detallado hasta nivel 3, que considera todo el proyecto y se hace muy largo y complejo	Nivel de detalle de planeación	Se implementa "Ultimo planificador" y se realiza planeación evolutiva, por fases y por semanas en nivel 3 de detalle, lo cual es mucho mas ágil.
Muy altos con muchos vacíos	Nivel de incertidumbre	Incertidumbre reducida
"Todos los proyectos son distintos", por lo cual la planeación es muy compleja y casi nunca se completa apropiadamente.	Plan de Proyecto	Todos los sistemas son estandarizados y paquetizados por lo tanto la planeación se limita a la integración e interconexión de los sistemas.
Las estimaciones son muy complejas y por lo tanto no queda tiempo de involucrar a los constructores y proveedores de equipos.	Participación de los Interesados	Siempre se involucran tempranamente a los interesados, lo cual reduce las incertidumbres y ayuda establecer compromisos.
La documentación es de gran volúmen, las ingenierías son complejas y el nivel de detalle tiene incertidumbres	Documentación del proyecto	La documentación es mas simple, se organiza por fases, sistemas, subsistemas y equipos.
En la planeación siempre se deben considerar tiempos de reserva para pruebas, puesta en servicio y estabilización de sistemas	Estimaciones del proyecto	Los sistemas estandarizados son probados antes de ser recibidos, lo cual reduce al mínimo los tiempos de puesta en servicio y estabilización en obra.
No se incluyen en la planeación del proyecto, se gestionan como un proyecto diferente	Consideraciones de abandono	Los sistemas paquetizados son reutilizables en varios proyectos, por los que se consideran reubicación que son mas bajos que abandonar los equipos

Fuente: Elaboración Propia

## Mediciones de la productividad en el Subproceso

Tabla 15 Indicadores de Productividad del subproceso de Planeación

Descriptor	Producción	Recurso / referencia	Productividad	Coefficientes de intervención
Costo de la planeación por valor total de inversión en el proyecto. *Se puede aplicar a todo el proyecto a por subsistemas.	Valor planeado del proyecto (VP) medido en dólares	Costo de la planeación (CPP) medido en dólares	Valor planeado por costo de la planeación (VP/CPP)	Costo de planeación por Valor planeado (CPP/VP)
Agilidad en el desarrollo de la Planeación	Tiempo de duración del proyecto (TP) medido en días	Tiempo requerido para el desarrollo de la planeación (TPP)	Tiempo de duración del proyecto por tiempo de planeación (TP/TPP)	Tiempo de planeación por Tiempo duración del proyecto (TPP/TP)
Esfuerzo de planeación por proyecto	Valor planeado del proyecto (VP) medido en dólares	Horas hombre para el desarrollo de la planeación (HHP)	Valor planeado por esfuerzo de planeación (VP/HHP)	Esfuerzo de ingeniería por valor planeado (HHP/VP)
Calidad de la planeación	Solicitudes de cambio (TC's) de tiempo o costo	Proyecto (P)	Solicitudes de cambio por Proyecto (TC's/P)	
Cumplimiento del Target Value Design - TVD	Valor estimado para el completamiento del proyecto (EAC) medido en dólares	Valor planeado del proyecto (VP) medido en dólares	Indice de cumplimiento del TVD (EAC/VP)	
Productividad de los trabajadores.	Unidades de construcción (m2, m3, toneladas, ml, etc..)	Trabajo requerido en Horas hombre (HH)	Esfuerzo: Unidades de producción por unidades de trabajo (m2/HH, m3/HH, Toneladas/HH, etc..)	Intervención: Unidades de trabajo requeridas por unidades de producción (HH/m2, HH/m3, HH/tonelada, etc.)
Productividad de los materiales	Unidades de construcción (m2, m3, toneladas, ml, etc..)	Unidades de materiales (Kg, galón, m3, etc..)	Rendimiento: Unidades de construcción por unidades de material (m2/Kg, m3/galón, etc..)	Consumo: Unidades de material por unidades de construcción (Kg/m2, galon/m3, etc...)

Fuente: Elaboración Propia

### 7.3.7 EJECUCION - 3.1 Compras y Logística

**Descripción.** Con los detalles de los requerimientos del plan de proyecto se desarrolla el plan de compras y logística de los proyectos como el primer subproceso de la fase de ejecución y que corresponde con el proceso "Suministros LEAN" del LPDS.

El proceso de compras es uno de que tiene mayor potencial de optimización en la implementación de la metodología LEAN, debido a que por ejemplo se pueden establecer contratos marco de suministro de equipos paquetizados y de servicios de construcción con el objetivo de reducir la demanda de esfuerzo de compra cada vez que se ejecuta un proyecto.

El subproceso de compras y logística es frecuentemente una de las principales fuentes de retraso de los proyectos con efectos sobre los costos y la calidad de los entregables.

## Efectos de la metodología LEAN

Tabla 16 Cambios en el modelo de pensamiento con la metodología LEAN, del subproceso de Compras y Logística

MODELO DE PENSAMIENTO ESTANDAR GESTION TRADICIONAL DE PROYECTOS	3.1 Compras y Logística	MODELO DE PENSAMIENTO AGIL GESTION LEAN DE PROYECTOS
Procesos licitatorios por proyecto	Estrategia de compras	Contratos marco con precios fijos
Alto grado de desconfianza por posibilidad de interferencias de terceros en los procesos de negociación	Riesgos de corrupción	Contratos negociados para hasta dos años con tarifas fijas y condiciones estandarizadas
Gran volumen de compras que requiere un numero importante de personas colaborando en los procesos	Esfuerzo de compras	Reducción del volumen de compras y mejor balanceo de los recursos para compras
Procesos lentos que generan retrasos constantemente	Velocidades de respuesta	Los contratos marco, y la estandarización de paquetes elimina la negociación en la ejecución de los proyectos dejando de causar retrasos.
Las compras se hacen por lotes para todo el proyecto , lo que implica la necesidd de un gran espacio para almacenar los materiales en sitio	Gestión de almacenes	El desarrollo por fases, y la estandarización reduce las necesidades de almacenamiento en campo. Se implementa "Justo a tiempo"

Fuente: Elaboración Propia

## Mediciones de Productividad en el subproceso

Tabla 17 Indicadores de productividad del subproceso de Compras y Logística

Descriptor	Producción	Recurso / referencia	Productividad	Coefficientes de intervención
Agilidad de contratación	Número de contratos negociados y adjudicados (#C)	Tiempo de negociación de contratos (TNC) - por contrato	Tiempo promedio de negociación por contrato ( $\sum TNC/\#C$ )	
Indice de Cumplimiento de presupuesto objetivo de negociación de contratos	Valor negociado del contrato (VNC) medido en dólares	Valor del presupuesto asignado por contrato (VC) medido en dólares	Indice de Cumplimiento objetivo de presupuesto de negociación de contratos (VNC/VC)	
Cumplimiento del Target Value Design - TVD	Valor estimado para el completamiento del proyecto (EAC) medido en dólares	Valor planeado del proyecto (VP) medido en dólares	Indice de cumplimiento del TVD (EAC/VP)	

Fuente: Elaboración Propia

### 7.3.8 EJECUCION - 3.2 Construcción

**Descripción.** El subproceso de construcción se desarrolla basado en la técnica "Scrum", lo que representa el mayor cambio en la forma de hacer las cosas en la PMO. Se desarrolla un procedimiento de control de obra en campo en el que se implementan varias técnicas y herramientas LEAN para mejorar el desempeño de los proyectos.

## Efectos de la metodología LEAN

Tabla 18 Cambios en el modelo de pensamiento con la metodología LEAN, del subproceso de Construcción

MODELO DE PENSAMIENTO ESTANDAR	3.2 Construcción	MODELO DE PENSAMIENTO AGIL
GESTION TRADICIONAL DE PROYECTOS		GESTION LEAN DE PROYECTOS
Normalmente se requiere un grupo numeroso con especialistas por área de ingeniería	<b>Personal de coordinación</b>	El personal tiene roles claros y definidos que les permiten y se asumen roles transversales y polifuncionales. La especialidad es un valor agregado.
Ingeniería con muchas inconsistencias e incompletas	<b>Ingeniería de detalle</b>	Ingenierías más simples, basadas en montajes típicos estandarizados.
Muchos retrasos y sobrecostos por falta de materiales	<b>Disponibilidad de materiales</b>	Se reducen los retrasos por falta de materiales, se implementa "Justo a Tiempo".
Las bodegas son muy grandes y desordenadas		Las bodegas son pequeñas y se implementa 5's
Muchas incertidumbres y los niveles de autoridad son limitados	<b>Toma de decisiones</b>	Se otorga más autonomía para la toma de decisiones
El control se limita a cumplir con los entregables del proyecto aunque se generen sobre costos y retrasos	<b>Control de costos</b>	Se implementa TVD, y se otorga autonomía para implementar acciones que reduzcan los costos y el tiempo de ejecución sin afectar el alcance.
La liquidación de cantidades de obra se hace mensualmente y requiere mucho esfuerzo		La liquidación de cantidades de obra se hace a diario con cantidades más pequeñas el procedimiento es más rápido y confiable
se implementan muchos cambios que no son debidamente documentados, lo que genera conflictos	<b>Gestión de cambios</b>	Los cambios son presentados y evaluados a diario y si requieren aprobaciones adicionales se revisan en la reunión semanal.
es muy baja	<b>Satisfacción del cliente</b>	mejora y es positiva
Se requiere mucha supervisión y exigencia de esfuerzo	<b>Supervisión</b>	La necesidad de supervisión es optimizada con la técnica Scrum y con el uso de tableros de Control Visual.
No unificados, varios reportes distintos para distintas áreas	<b>Reporte</b>	Reporte unificados en macros de hojas de cálculo y apoyados en tableros de Control visual.
La documentación es mucha y compleja, especialmente en el sector petrolero	<b>Documentación de los sistemas</b>	Documentación elaborada a la par con los avances de construcción y solo documentos que agreguen valor al control del activo
Alta cantidad de pendientes cuando se supone está terminada la construcción	<b>Gestión de pendientes</b>	Se minimizan los pendientes de obra

Fuente: Elaboración Propia

## Mediciones de productividad en el subproceso

Tabla 19 Indicadores de productividad del subproceso de Construcción

Descriptor	Producción	Recurso / referencia	Productividad	Coefficientes de intervención
Costo de la Construcción por valor total de inversión en el proyecto. *Se puede aplicar a todo el proyecto a por subsistemas.	Valor planeado del proyecto (VP) medido en dólares	Costo de la construcción (CCP) medido en dólares	Valor planeado por costo de la construcción (VP/CCP)	Costo de construcción por Valor planeado (CCP/VP)
Cumplimiento de los compromisos de planeación semanal	Compromisos cumplidos semanalmente (CCS)	Compromisos establecidos semanalmente (CES)	Cumplimiento de compromisos planeados (CCP=CCS/CES)	
Agilidad en el desarrollo de la Construcción	Tiempo de duración del proyecto (TP) medido en días	Tiempo requerido para la construcción (TCP)	Tiempo de duración del proyecto por tiempo de construcción (TP/TCP)	Tiempo de construcción por Tiempo planeado del proyecto (TCP/TP)
Esfuerzo de construcción por proyecto	Valor planeado del proyecto (VP) medido en dólares	Horas hombre para la construcción del proyecto (HHC)	Valor planeado por esfuerzo de Construcción (VP/HHC)	Esfuerzo de construcción (HHC/VP)
Calidad de la planeación	Solicitudes de cambio (TC's) de tiempo o costo	Proyecto (P)	Solicitudes de cambio por Proyecto (TC's/P)	
Calidad de la construcción	Reportes de No conformidad en las especificaciones de los proyectos (RNC)	Proyecto (P)	Reportes de No conformidad por Proyecto (RNC/P)	
Cumplimiento del Target Value Design - TVD	Valor estimado para el completamiento del proyecto (EAC) medido en dólares	Valor planeado del proyecto (VP) medido en dólares	Indice de cumplimiento del TVD (EAC/VP)	
Productividad de los trabajadores.	Unidades de construcción (m2, m3, toneladas, ml, etc..)	Trabajo requerido en Horas hombre (HH)	Esfuerzo: Unidades de producción por unidades de trabajo (m2/HH, m3/HH, Toneladas/HH, etc..)	Intervención: Unidades de trabajo requeridas por unidades de producción (HH/m2, HH/m3, HH/tonelada, etc.)
Productividad de los materiales	Unidades de construcción (m2, m3, toneladas, ml, etc..)	Unidades de materiales (Kg, galón, m3, etc..)	Rendimiento: Unidades de construcción por unidades de material (m2/Kg, m3/galón, etc..)	Consumo: Unidades de material por unidades de construcción (Kg/m2, galon/m3, etc...)

Fuente: Elaboración Propia

### 7.3.9 EJECUCION - 3.3 Pre Comisionamiento

**Descripción.** En este subproceso se documentan y se realizan las pruebas y los ensayos no destructivos necesarios para asegurar que los equipos y subsistemas construidos cumplen todas las especificaciones de calidad de construcción para ser puestos en servicio.

## Efectos de la Metodología LEAN

Tabla 20 Cambios en el modelo de pensamiento con la metodología LEAN, del subproceso de Pre comisionamiento

MODELO DE PENSAMIENTO ESTANDAR	3.3 Pre	MODELO DE PENSAMIENTO AGIL
GESTION TRADICIONAL DE PROYECTOS	comisionamiento	GESTION LEAN DE PROYECTOS
Como todo se construye en campo, se requiere realizar pruebas complejas que implican altos costos y tiempos de retraso por la especialización y los requerimientos de equipos especiales	Realización de pruebas	Los sistemas paquetizados se reciben ya probados en un taller, en una ciudad a bajo costo y sin impacto en el tiempo del proyecto
La documentación solicitada es muy voluminosa y compleja con papeles que no agregan valor al control del activo	Documentación de los sistemas	Se simplifica la documentación requerida, limitandola a la que es importante para el control del activo
Toda la documentación es solicitada en original físico, dos copias físicas y copia digital		La documentación se solicita en original para el archivo físico y en copia digital para tenerla disponible en campo

Fuente: Elaboración Propia

## Mediciones de productividad en el Subproceso

Tabla 21 Indicadores de Productividad del subproceso de Precomisionamiento

Descriptor	Producción	Recurso / referencia	Productividad	Coefficientes de intervención
Costo del precomisionamiento por valor total de inversión en el proyecto. *Se puede aplicar a todo el proyecto a por subsistemas.	Valor planeado del proyecto (VP) medido en dólares	Costo de del precomisionamiento (CPreC) medido en dólares	Valor planeado por costo del precomisionamiento (VP/CPreC)	Costo de precomisionamiento por Valor planeado (CPreC/VP)
Cumplimiento de los compromisos de planeación semanal	Compromisos cumplidos semanalmente (CCS)	Compromisos establecidos semanalmente (CES)	Cumplimiento de compromisos planeados (CCP=CCS/CES)	
Agilidad en el desarrollo del precomisionamiento	Tiempo de duración del proyecto (TP) medido en días	Tiempo requerido para el precomisionamiento (TPreC)	Tiempo de duración del proyecto por tiempo de Precomisionamiento (TP/TPreC)	Tiempo de precomisionamiento por Tiempo planeado del proyecto (TPreC/TP)
Esfuerzo de precomisionamiento en campo por proyecto	Valor planeado del proyecto (VP) medido en dólares	Horas hombre para precomisionamiento del proyecto (HPreC)	Valor planeado por esfuerzo de Precomisionamiento (VP/HPreC)	Esfuerzo de Precomisionamiento (HPreC/VP)
Calidad del precomisionamiento	Reportes de Fallas y defectos (RF)	Proyecto (P)	Reportes de falla y defectos por proyecto (RF/P)	
Productividad de los trabajadores.	Unidades de pruebas realizadas (placas de RX, Pulgadas de soldadura inspeccionadas, puntos de medición, etc..)	Trabajo requerido en Horas hombre (HH)	Esfuerzo: Unidades de inspección por unidades de trabajo (RX/HH, Pulgadas/HH, Puntos/HH, etc..)	Intervención: Unidades de trabajo requeridas por unidades de inspección (HH/RX, HH/pulgada, HH/punto, etc.)

Fuente: Elaboración Propia

### 7.3.10 EJECUCION - 3.4 Comisionamiento

**Descripción.** El comisionamiento se le denomina a las pruebas funcionales y operativas de los sistemas construidos para asegurar que operan bien y que se pueden poner en funcionamiento. Cuando se demuestra que el sistema es confiable y está calibrado se procede con la entrega a la gerencia de producción (Cliente/usuario final), por lo tanto el acompañamiento del personal de mantenimiento y operaciones es muy importante en este subproceso.

#### Efecto de la Metodología LEAN

Tabla 22 Cambios en el modelo de pensamiento con la metodología LEAN, del subproceso de Pre comisionamiento

MODELO DE PENSAMIENTO ESTANDAR	3.3	MODELO DE PENSAMIENTO AGIL
GESTION TRADICIONAL DE PROYECTOS	Comisionamiento	GESTION LEAN DE PROYECTOS
En muchos casos no se realiza de manera sistemática, lo que genera muchos problemas de estabilización y confiabilidad de los sistemas	Realización de pruebas	Se realiza organizadamente, pero los controles previos permiten que sea muy ágil, bien documentado y por simple que sea el sistema se puede realizar

Fuente: Elaboración Propia

#### Mediciones de Productividad en el subproceso

Tabla 23 Indicadores de productividad del subproceso de Comisionamiento

Descriptor	Producción	Recurso / referencia	Productividad	Coefficientes de intervención
Costo del Comisionamiento por valor total de inversión en el proyecto. *Se puede aplicar a todo el proyecto a por subsistemas.	Valor planeado del proyecto (VP) medido en dólares	Costo de del Comisionamiento (CCom) medido en dólares	Valor planeado por costo del Comisionamiento (VP/CCom)	Costo de Comisionamiento por Valor planeado (CCom/VP)
Cumplimiento de los compromisos de planeación semanal	Compromisos cumplidos semanalmente (CCS)	Compromisos establecidos semanalmente (CES)	Cumplimiento de compromisos planeados (CCP=CCS/CES)	
Agilidad en el desarrollo del Comisionamiento	Tiempo de duración del proyecto (TP) medido en días	Tiempo requerido para el Comisionamiento (TCom)	Tiempo de duración del proyecto por tiempo de Comisionamiento (TP/TCom)	Tiempo de Comisionamiento por Tiempo planeado del proyecto (TCom/TP)
Esfuerzo de Comisionamiento en campo por proyecto	Valor planeado del proyecto (VP) medido en dólares	Horas hombre para Comisionamiento del proyecto (HCom)	Valor planeado por esfuerzo de Comisionamiento (VP/HCom)	Esfuerzo de Comisionamiento (HCom/VP)
Calidad del Comisionamiento	Reportes de Fallas y defectos (RF)	Proyecto (P)	Reportes de Falla y defectos por Proyecto (RF/P)	
Productividad de los Especialistas	Número de subsistemas o Equipos comisionados (#EC)	Trabajo requerido en Horas hombre (HH)	Esfuerzo: Número de equipos o subsistemas comisionados por unidades de trabajo (#EC/HH)	Intervención: Unidades de trabajo requeridas por Número de equipos o subsistemas comisionados (HH/#EC)

Fuente: Elaboración Propia

### 7.3.11 CIERRE - 4.1 Arranque y Estabilización

**Descripción.** La fase de cierre de los proyectos se inicia con el arranque y estabilización de los sistemas construidos, en esta fase se realiza la entrega de propiedad a la gerencia de Producción de los activos construidos. El traspaso se certifica con un acta de Aceptación y arranque de sistemas.

#### Efectos de la Metodología LEAN

Tabla 24 Cambios en el modelo de pensamiento con la metodología LEAN, del subproceso de Arranque y estabilización

MODELO DE PENSAMIENTO ESTANDAR GESTION TRADICIONAL DE PROYECTOS	4.1 Arranque y estabilización	MODELO DE PENSAMIENTO AGIL GESTION LEAN DE PROYECTOS
Muchos problemas , mucha desconfianza	Condiciones de arranque	Se reducen los problemas de arranque y se genera mas confianza del personal que recibe, debido a que siempre estuvo involucrado en el desarrollo del proyecto
Reclamaciones por garantías y fallas muy frecuentes	Garantías de operación	Se reducen las reclamaciones de garantía con los sistemas paquetizados y es del alcance de los proveedores atender lo necesario para la confiabilidad del sistema.
En ocasiones se presentan muchos riesgos de daño de los activos y afectación a personas	Riesgos	Se reducen los riesgos de falla y se identifican oportunidades de mejora para mejorar los diseños estandarizados
Baja	Satisfacción del cliente	Alta
aceptable	Eficiencia operacional de los sistemas	mejorada sin ser óptima

Fuente: Elaboración Propia

#### Mediciones de productividad en el subproceso

Tabla 25 Indicadores de productividad del subproceso de Arranque y estabilización

Descriptor	Producción	Recurso / referencia	Productividad	Coefficientes de intervención
Agilidad en el desarrollo del arranque y estabilización	Tiempo de duración del proyecto (TP) medido en días	Tiempo requerido para declarar un sistema como estable (TEst)	Tiempo de duración del proyecto por tiempo de Estabilización (TP/TEst)	Tiempo de Estabilización por Tiempo planeado del proyecto (TEst/TP)
Esfuerzo de Estabilización en campo por proyecto	Valor planeado del proyecto (VP) medido en dólares	Horas hombre de personal de producción y mantenimiento para declarar un sistema como estabilizado (HEst)	Valor planeado por esfuerzo de Estabilización (VP/HEst)	Esfuerzo de Estabilización (HEst/VP)
Calidad de la Estabilización . Confiabilidad	Reportes de Fallas y defectos (RF)	Proyecto (P)	Reportes de Falla y defectos por Proyecto (RF/P)	

Fuente: Elaboración Propia

### 7.3.12 CIERRE - 4.2 Cierre y Evaluación del Proyecto

**Descripción.** Formalizada la entrega en propiedad de los activos construidos a mantenimiento y producción, se autoriza el cierre administrativo del proyecto. El responsable de liderar el cierre es el Líder de programa de proyectos con el apoyo de los miembros de la PMO que le colaboraron.

#### Efectos de la Metodología LEAN

Tabla 26 Cambios en el modelo de pensamiento con la metodología LEAN, del subproceso de Arranque y estabilización

MODELO DE PENSAMIENTO ESTANDAR	4.2 Cierre y Evaluación	MODELO DE PENSAMIENTO AGIL
GESTION TRADICIONAL DE PROYECTOS		GESTION LEAN DE PROYECTOS
Cierres complejos por baja satisfacción del cliente, poca confianza, baja fiabilidad de los sistemas	Satisfacción del cliente	Cierres simplificados y rápidos gracias a la cooperación del cliente final y la confiabilidad demostrada de los sistemas
Normalmente quedan pendientes cuya solución es costosa y se requiere de aprobaciones adicionales y tiempo	Solución de pendientes	Los pendientes son solucionados bajo el modelo SCRUM a diario ó en cada semana si son muy complejos, lo que limita las exigencias de adicionales al proyecto.
Incompleta y requiere reconstrucción	Documentación	Completa construida progresivamente
Mucha documentación innecesaria		Simplificada, solo documentos que agreguen valor al control del activo construido
aceptable	Eficiencia operacional de los sistemas	mejorada sin ser óptima

Fuente: Elaboración Propia

#### Mediciones de productividad en el subproceso

Tabla 27 Indicadores de productividad del subproceso de Cierre de proyectos

Descriptor	Producción	Recurso / referencia	Productividad	Coefficientes de intervención
Agilidad en el cierre de los proyectos	Tiempo de duración del proyecto (TP) medido en días	Tiempo requerido para declarar el cierre de un proyecto desde que se terminó la construcción (TCierre)	Tiempo de duración del proyecto por tiempo de Cierre (TP/TCierre)	Tiempo de Cierre por Tiempo planeado del proyecto (TCierre/TP)
Esfuerzo de cierre por proyecto	Valor planeado del proyecto (VP) medido en dólares	Horas hombre dedicadas para e cierre de un proyecto (HCierre)	Valor planeado por esfuerzo de Cierre (VP/HCierre)	Esfuerzo de Cierre (HCierre/VP)
Indice de pendientes de la construcción	Pendientes abiertos al terminar la construcción (PA)	Proyecto (P)	Pendientes abiertos al terminar la construcción por proyecto (PA/P)	
Indice de Lecciones aprendidas	lecciones aprendidas reportadas al terminar la construcción (LA)	Proyecto (P)	lecciones aprendidas por proyecto (LA/P)	
Cumplimiento del Target Value Design - TVD	Costo total del proyecto medido en dólares (CTP)	Valor planeado del proyecto (VP) medido en dólares	Indice de cumplimiento del TVD (CTP/VP)	

Fuente: Elaboración Propia

### 7.3.13 MONITOREO Y CONTROL

**Descripción.** El subproceso de monitoreo y control tiene tres enfoques bajo el concepto de la metodología LEAN, estos enfoques son tomados de LPDS y son:

- Control permanente de la producción
- Estructuración continua de trabajo
- Ciclo de aprendizaje

De la fase de monitoreo y control se derivan los reportes de avance y seguimiento del proyecto, por lo cual se definen varios indicadores de productividad bajo los cuales se determina la eficiencia de la metodología de gestión de proyectos LEAN.

Los cambios más relevantes en la forma de monitorear y controlar el proyecto los vemos en la tabla 28.

#### Efectos de la Metodología LEAN

Tabla 28 Cambios en el modelo de pensamiento con la metodología LEAN, del subproceso de Arranque y estabilización

MODELO DE PENSAMIENTO ESTANDAR	5 Monitoreo y Control	MODELO DE PENSAMIENTO AGIL
GESTION TRADICIONAL DE PROYECTOS		GESTION LEAN DE PROYECTOS
Basado en la desconfianza	<b>Confianza</b>	Basado en la confianza
Muchos reportes individuales para cada autoridad funcional de la PMO	<b>Reportes</b>	Un reporte unificado y automatizado en la macro de control de proyectos
Apropiado por cada miembro de la PMO, pero no compartido	<b>Aprendizaje</b>	Compartido y renovado frecuentemente
Uso frecuente de auditorías externas	<b>Auditoría</b>	Eliminación de auditorías

Fuente: Elaboración Propia

## **8 CONCLUSIONES**

### **8.1 LA INTEGRACIÓN DE UNA METODOLOGÍA LEAN**

Las herramientas y técnicas de la metodología LEAN, han evolucionado y se han adaptado por distintas iniciativas, en casi todos los sectores de la administración de recursos, no limitándose solo a la manufactura de bienes como inicialmente fue concebida.

Los beneficios de tener un sistema estructurado de gestión basado en la eliminación de toda fuente de pérdida o desperdicio de tiempo y recursos permiten lograr sistemas eficientes y competitivos que en el contexto actual de la dinámica económica global son muy valiosos.

En el desarrollo de este documento se demuestra que adoptar estas herramientas como un modelo de pensamiento es perfectamente válido para el desarrollo de proyectos en sectores complejos como el caso petrolero, entre otras cosas, porque la caracterización del desarrollo del sector implica el desarrollo de actividades repetitivas que facilitan su estandarización y los esfuerzos de perfeccionamiento son factibles.

Para el desarrollo de este trabajo se realizó un estudio de la historia de la filosofía LEAN, desde sus orígenes en las empresas de la familia Toyota, hasta sus evoluciones y aplicaciones más recientes en otros ámbitos distintos a los de la industria de manufacturas, como el software, la construcción de obras civiles y la gestión administrativa de servicios. Las propuestas metodológicas son amplias, pero las evidencias de implementación en el sector real son limitadas por la cultura tradicional de gestión de proyectos que no valora las iniciativas LEAN por desconocimiento o por problemas de disciplina organizacional.

En la empresa P se desarrollaron iniciativas de implementación que permitieron poner a prueba procesos internos y cambiar el modelo de pensamiento del equipo de trabajo, pero esto se logró gracias a las circunstancias de la crisis del petróleo y el nivel de preparación en dirección de proyectos de todos los miembros del equipo.

La propuesta metodológica desarrollada acoge los principios de gestión LEAN como fundamento de su construcción, apoyándose en la integración de las técnicas asociadas que se han desarrollado para otros ámbitos y se han probado con éxito. Es el caso de las técnicas Scrum y "Ultimo Planificador" que se han ajustado para ser replicables se logra integrarlas como método secuencial para el desarrollo de los proyectos según la metodología propuesta.

Es así como este trabajo cumple con el objetivo general de integrar una metodología de gestión de proyectos basada en las herramientas y

técnicas de la filosofía LEAN, apoyados en las experiencias de implementación que se desarrollaron en la empresa P. En la metodología se integran las propuestas metodológicas de gestión de proyectos basadas en principios LEAN con los principios de gestión promulgados por el PMI, acoplando procesos de gestión que construyen valor con herramientas y técnicas ágiles (LEAN) que se han usado en aplicaciones específicas de otros ámbitos. Se evidencia también como el uso de estas técnicas ágiles enriquece el uso de las herramientas tradicionales de gestión de proyectos.

## **8.2 EL INFORME DE APLICACIÓN EN LA EMPRESA P**

De acuerdo con lo expresado por los miembros de la PMO que fueron entrevistados, una de las mayores limitaciones para la implementación de la metodología de gestión de proyectos basada en el pensamiento LEAN, está en los hábitos para gestionar los proyectos.

Se tiene el paradigma de que todo proyecto es único y no es repetible, pero esto no es totalmente cierto. Las empresas deben masificar sus productos o servicios y esto lleva a la especialización en los mismos como estrategia para ser más competitivos. Al especializarse construyen o prestan servicios repetitivos, donde cambia el contexto externo pero los entregables finales son muy similares y los procedimientos son los mismos.

Durante la implementación de los pilotos en la empresa P, también se evidenció como la falta de disciplina y compromiso del equipo de trabajo puede afectar negativamente el uso de la metodología. Lograr mantener el interés y la cohesión del equipo para hacer sostenible la metodología y que esta sea adoptada como una cultura de pensamiento, depende mucho del liderazgo que debe ejercer el director o gerente de la PMO.

Sin embargo la empresa P desarrolló herramientas y procedimientos estándar que se adoptaron como recursos de la gestión de proyectos, y que permitieron hacer sostenible la PMO a pesar de la crisis de precios del petróleo y de la adquisición por parte de la empresa R.

Todo este contexto, los métodos usados y los logros obtenidos de cada iniciativa se presentan en el capítulo 6 donde se presenta un Informe de aplicación de la implementación de las iniciativas LEAN aplicadas a la PMO de la empresa P.

## **8.3 SISTEMA INTEGRADO DE DOCUMENTOS**

El valor que fluye en la metodología en sí, está en la creación de conocimiento y la forma como este debe ser aprendido y compartido por

todos los involucrados durante la gestión de los proyectos. El Gerente de la PMO expresó en la entrevista que es importante aprender cada vez a hacer mejor las cosas, no perder de vista el valor y asegurarse que la generación de valor fluya sin restricciones, sin cuellos de botella y aprovechando las oportunidades de mejora que se puedan identificar para lograr el perfeccionamiento de los procedimientos y de los entregables.

En el sector petrolero los sistemas de gestión documental son muy complejos y sofisticados, por el nivel tecnológico de los equipos, el alto nivel de normalización y el alto riesgo de explosividad y contaminación ambiental. La empresa P, justo antes de la crisis estaba construyendo su sistema de gestión documental el cual era acorde al sector pero muy complejo y con más de 190 documentos internos y para el caso de los documentos de presupuestos contenía más de 6 firmas para una aprobación.

La empresa P logró en un lapso de un año reestructurar su forma de gestionar los proyectos, adaptándose a la reducción forzosa de personal y presupuesto, pero logró sostener y a la vez mejorar la calidad de sus entregables y crear un ambiente de trabajo en equipo de alto desempeño. El compromiso de sus líderes fue determinante para poder adoptar los cambios y optimizar los procesos.

Con estos principios en el capítulo 7 se presenta la cadena de valor de la metodología, donde en cada fase y para cada área de conocimiento se presentan los documentos básicos que debería adoptar una PMO que funcione bajo los principios de esta metodología. Con lo cual cumplimos el objetivo específico de proponer un sistema integrado de documentos para las implementaciones de las iniciativas LEAN para la gestión de proyectos en el sector petrolero y de infraestructura industrial en general.

Los documentos propuestos acogen las necesidades de la metodología pero se limitan a ser recomendaciones del debería hacerse. Cada empresa tiene un contexto distinto y es probable que no se le hallen posibilidades de replicación a los documentos propuestos, no por su contenido sino de nuevo por los contextos culturales de las oficinas de proyectos.

#### **8.4 LOS INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD**

Como parte fundamental de la metodología y aplicados al principio que “lo que no se puede medir no se puede mejorar”, se define la importancia de la claridad del concepto de productividad para establecer indicadores para cada subproceso de gestión de proyectos y de esta manera poder evaluar el impacto de la implementación de las iniciativas LEAN, para la

gestión de proyectos del sector petrolero y de infraestructura industrial en general.

Los indicadores de productividad son sugeridos de acuerdo con la experiencia de las implementaciones en la empresa P y del autor del documento. La mayor limitación de estos indicadores en la presentación de la metodología es que no es posible determinar o delimitar las características de la información que puede ser necesaria o sensible para una empresa en un momento determinado, eso solo lo puede determinar el equipo de trabajo en el momento específico.

La metodología se basa en la propuesta de Ponz Tienda (2008) para definir los indicadores de productividad y usarlos para la estimación de recursos para el proyecto. La forma de optimizar los procesos es mejorándolos continuamente pero manteniendo una línea base de indicadores que permitan referenciar los efectos de las iniciativas y la capacidad productiva de la PMO.

Esta metodología representa una oportunidad para otras empresas del sector y también de otras industrias, porque se enfoca en la optimización de los recursos disponibles, la mejora en las comunicaciones y normalización de la relaciones interpersonales del equipo de trabajo.

## 9 BIBLIOGRAFÍA

- ACP. (2015). *Informe Estadístico del Petróleo*. Bogotá: Asociación Colombiana del Petróleo. Obtenido de [www.acp.com.co](http://www.acp.com.co)
- Alarcon, L. F., & Mardones, D. (1998). *Improving the Design Construction Interface*. Proceeding IGLC '98. Guarujá, Brasil.
- Alarcon, L., Rodriguez, A., & Pellicer, E. (Febrero de 2011). *La Gestión de la Obra desde la Perspectiva del Último Planificador*. Revista de Obras públicas(3518), 1 a 9.
- ANH. (10 de Junio de 2016). *Agencia Nacional de Hidrocarburos*. Obtenido de Programa de Regionalización: <http://www.anh.gov.co/portalregionalizacion/Paginas/inicio.aspx>
- Arnold, K., & Steward, M. (1999). *Surface Production Operations* (Vol. 1). Houston, Texas, USA: Gulf Publishing Company.
- Ballard, G. (2008). *The lean Project Delivery System: An Update*. Lean Construction Journal, 1-19. Obtenido de [www.leanconstructionjournal.org](http://www.leanconstructionjournal.org)
- Ballard, G. H. (2000). *PhD Thesis - The Last Planner System of Production Control*. Birmingham: The University of Birmingham.
- Ballard, G., & Howell, G. A. (2003). *Lean Project Management*. Building Research & Information, 1-15.
- Barrios Giraldo, A. E., & Cárdenas Valero, J. C. (2005). *Evaluación de los Regímenes Fiscales de Petróleo en Colombia*. En *¿Es atractiva la contratación petrolera para la inversión privada en Colombia?* (págs. 15-60). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia - Facultad de Ciencias Económicas.
- Beck, K., & et al. (2001). *The Agile Manifesto*.
- Botero, L. F., & Alvarez, M. (2004). *Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda*. Universidad EAFIT, 40(136), 50-64.
- Charvat, J. (2003). *Project Management Methodologies*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons Inc.
- Chen, Q., Reichard, G., & Beliveau, Y. (2007). *Interface Management - A facilitator of lean construction and agile project management*. Proceedings IGLC 15, 57 - 66.
- Construction Industry Institute. (16 de June de 2016). *CII Publications and Events Center*. Obtenido de RR191-11 - Application of Lean Manufacturing Principles to Construction: [https://www.construction-institute.org/scriptcontent/more/rr191\\_11\\_more.cfm](https://www.construction-institute.org/scriptcontent/more/rr191_11_more.cfm)
- Diez, M., Perez, A., Gimena, F., & Montes, M. (25 de octubre de 2012). *Medición del desempeño y éxito en la dirección de proyectos. Perspectiva del manager público*. Escuela de administración de negocios(73), 60-79.
- EGLC - European Group for Lean Construction. (June de 22 de 2016). *Lean Construction*. Obtenido de <http://www.obom.org>: <http://www.obom.org/PAGES/EGLC8home.html>

- Eisenhardt, K. M. (1989). *Building Theories from Case Study Research*. The Academy of Management Review, 14(4), 532-550.
- Etges, B., Saurin, T., & B.S.Etges, A. P. (2014). *IMPROVING A PROTOCOL FOR ASSESSING THE USE OF LEAN CONSTRUCTION PRACTICES*. Proceeding of IGLC Conferences.
- Fedesarrollo. (2015). *Informe de Coyuntura Petrolera*. Bogotá: Centro de Investigación Económica y Social.
- Feil, P., Yook, K., & Kim, I. (2004). *Japanese target costing: a historical perspective*. International Journal of Strategic Cost Management(11), 10-19.
- Fernandez, M. (2014). *Lean Manufacturing: como eliminar desperdicios e incrementar ganancias*. Imagen.com.
- Forbes, L. H., & Ahmed, S. M. (2011). *Modern Construction - Lean project delivery and Integrated practices*. Boca Raton, FL: CRC press.
- Freire, J., & Alarcon, L. F. (2002). *Achieving Lean Design Process: Improvement Methodology*. Journal of Construction Engineering and management, 248 - 256.
- Gallego, J. M., Jaramillo, H., & Patiño, A. (2015). *Servicios intensivos en conocimiento en la industria del petróleo en Colombia*. Universidad el Rosario, Facultad de Economía. Bogotá DC: Banco Interamericano de Desarrollo. Obtenido de <http://www.iadb.org>
- Gerald, F. (1997). *Building a strong economy: The economics of the construction industry*. Livorna: MI: Sharpe, Inc.
- Gold, R. L. (1958). Roles in sociological field observations. *Social Forces*, 217-223.
- Gourley, T., Bellora, K., Lauer, A., Schlachter, W., & Miller, T. (2013). *Shale Gas Roundtable: Deliberations, Findings, and Recommendations*. The University of Pittsburgh. Pittsburgh: Institute of Politics.
- Granda, I., Vélez, I., & Zuluaga, F. (2012). *Petrominerales Ltda*. Universidad EAFIT. Medellín: Burkenroads Reports latinoamérica.
- Hernandez, J. C., & Vizan, A. (2013). *Lean Manufacturing: conceptos, técnicas e implantación*. Madrid: Fundación Eoi. Obtenido de [www.eoi.es](http://www.eoi.es)
- <http://www.leanconstruction.org/>. (1 de Junio de 2016).
- <https://www.lean.org/WhoWeAre/>. (1 de Junio de 2016). *Lean Enterprise Institute*.
- Iqbal, S. (2015). Leading construction industry to Lean-Agile (LeAgile) Project Management. *PMI Global Congress proceedings*.
- Kerzner, H. (2005). *Advanced project management: edycja polska*. Helion.
- Koskela, L. (1992). *Application of the new production philosophy to construction*. Finland: Stanford University.

- Koskela, L., Howell, G., & Tommelein, I. (2002). The foundations of Lean Construction. En B. Heinemann, *Design and construction: Building in Value*. (págs. 211-226). Oxford, UK.
- Krafcik, J. F. (1988). Triumph of the Lean Production System. *Sloan Management Review*, 30(1), 41.
- Macomber, H. (02 de Junio de 2016). *Lean Project Consulting*. Obtenido de <http://www.leanproject.com/>: <http://www.leanproject.com/wp-content/uploads/Putting-the-Five-Big-Ideas-to-Work-LPC.pdf>
- Malcomber, H., & Bettler, R. (2011). Responsibility-based Project Delivery. *Lean Project Consulting*, 1-12. Obtenido de [www.leanproject.com](http://www.leanproject.com)
- McKinsey Global Institute. (2009). *Lean Russia Sustaining economic growth full report*. Moscow: McKinsey&Compañy.
- Mossman, A. (December de 2015). *Last Planner 5+1 crucial& collaborative conversations for predictable design & construction delivery*. Obtenido de [www.thechangebusiness.co.uk](http://www.thechangebusiness.co.uk): <http://bit.ly/LPS-5cc>
- Mossman, A., Ballard , G., & Pasquire, C. (2010). Lean Project Delivery - Innovation in integrated design & delivery. 1-25. Obtenido de <http://bit.ly/TCB-LPD>
- Neal, W. H. (November de 2007). Oil and Gas Technology Development. *Working Document of the NPC Global Oil & Gas Study*(Topic Paper # 26), 1-8.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. (P. Inc., Trad.) New York: Productivity Press.
- Olivera , M., Zuleta, L., Aguilar , T., & Osorio, A. (2011). *Impacto del sector Petrolero en la Economía Colombiana*. Bogotá: FEDESARROLLO.
- PMI. (2013). *Guide to the Project Management Body of Knowledge* (5th ed.). Pennsylvania USA: Project Management Institute Inc.
- Ponz Tienda, J. L. (24 de marzo de 2008). *Planificación de la producción - Tema 1 Estimación de duraciones*. Recuperado el Octubre de 2016, de sitio web de la Universidad Politécnica de Valencia: <http://personales.upv.es/jopontie/>
- Porras, H., Sanchez , O., & Galvis , J. (2014). Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual. *AVANCES Investigación en Ingeniería*, 11(1).
- Porter, M. (2008). Las cinco fuerzas competitivas que le dan forma a la estrategia. *Harvard Business Review*.
- Rodriguez, A., Alarcon, L., & Pellicer, E. (2011). La gestión de obra desde la perspectiva del Ultimo Planificador. *Revista de obras públicas*, 1 a 9.
- Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F., & Uchikawa, S. (1977). *Toyota production system and Kanban system Materialization of just-in-time and respect-for human* (Vol. 15). The International Journal of Production Research.

- UPME. (2015). *Evaluación de la contribución económica del sector de hidrocarburos Colombiano frente a diversos escenarios de producción*. Bogota DC: Subdirección de Hidrocarburos.
- US - DEPARTMENT OF LABOR. (15 de 06 de 2016). *Bureau of Labor Statistics*. Obtenido de [www.bls.gov](http://www.bls.gov): <http://www.bls.gov/bls/productivity.htm>
- US-EPA. (June de 2013). *Lean Government Methods Guide*. Obtenido de [www.epa.gov/lean/government](http://www.epa.gov/lean/government)
- Wingfield, B. (31 de May de 2016). *Oil Prices*. Obtenido de Bloomberg Quick Take: <http://www.bloomberg.com/quicktake/oil-prices>
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2012). *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*. University MIT.
- Womack, J., Jones, D., & Roos, D. (1990). *The machine that changed the world*. New York: Harper Perennial.