



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
DIVISIÓN DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA**

**“NUEVO ENFOQUE DE LA ADMINISTRACIÓN
INTEGRAL DE YACIMIENTOS”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO PETROLERO

P R E S E N T A:

ROMÁN GARCÍA DIEGO ALEJANDRO



**DIRECTOR DE TESIS:
ING. JOSÉ JUVENTINO SÁNCHEZ VELA**

JUNIO 2015

AGRADECIMIENTOS

- ❖ *A mi madre Ma. del Sagrario por ser mi guía y ejemplo, enseñándome la responsabilidad, la perseverancia y la alegría por la vida. Gracias por todo el esfuerzo y sacrificio que has hecho para hacerme el hombre que soy ahora, por brindarme todo el apoyo, el amor, la comprensión y la confianza en cada momento de mi vida. Te estaré eternamente agradecido.*

- ❖ *A mi padre Rene R, por estar conmigo siempre, por brindarme su consejo, paciencia, confianza y apoyo incondicional. Gracias por ayudarme a seguir adelante siempre.*

- ❖ *A mis hermanos Rene y Ayesha R, con quienes crecí y con quienes he compartido los momentos más importantes de mi vida, de ustedes aprendí la tolerancia, la unidad y el apoyo incondicional, gracias por estar conmigo y por ofrecerme su apoyo en todo momento. Los quiero mucho.*

- ❖ *A mis amigos por forjar en mí el valor de la amistad, por acompañarme durante toda mi aventura universitaria y por compartir y ser testigos de mis triunfos. Gracias a todos.*

- ❖ *A mi querida alma mater, la Universidad Nacional Autónoma de México, por hacerme un profesionalista comprometido con la sociedad, gracias a ti soy lo que soy y no me cansaré de retribuirte con esfuerzo, conocimiento y dedicación lo mucho que me has dado.*

- ❖ *Al Ing. José Juventino S. por su tiempo, paciencia, valiosa ayuda y conocimiento brindado durante la realización de esta tesis. Todas sus aportaciones fueron regalos invaluableles, espero algún día poder retribuirle todo su apoyo tanto personal como académico.*

- ❖ *A los apreciables sinodales, que con su tiempo y valiosos comentarios hicieron de esta tesis un mejor trabajo.*

Diego Alejandro Román García

INDICE

	Página
RESUMEN.	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN.	3
CAPITULO 1: ESTADO DEL ARTE DE LA ADMINISTRACIÓN INTEGRAL DE YACIMIENTOS.	9
1.1 Antecedentes.	9
1.1.1 Orígenes y desarrollo de la administración integral de yacimientos.....	9
1.1.2 Definición de la administración integral de yacimientos.	13
1.1.3 Características y objetivos de la administración integral de yacimientos.	15
1.1.4 Elementos de la administración de yacimientos.....	16
1.1.5 La administración integral de yacimientos en las etapas de un proyecto y en el ciclo de vida de un yacimiento.....	20
1.2 Integración y comunicación en la administración integral de yacimientos mediante el concepto de sinergia y de equipo multidisciplinario.	23
1.2.1 Sistemas organizacionales tradicionales y actuales de la administración integral de yacimientos.	26
1.2.2 Ventajas y desventajas en los sistemas organizacionales tradicionales y actuales de la administración integral de yacimientos.	29
1.3 Disciplinas complementarias en la administración de yacimientos.	32
1.4 Evolución de las prácticas en la administración integral de yacimientos en México y su comparación con el resto del mundo.	33
1.5 Retos y oportunidades a corto y mediano plazo en México.	36
1.6 Aportes PEP a la administración integral de yacimientos	36

1.7 Cuerpo de gobierno de la administración integral de yacimientos en México.	37
1.8 Proyectos en la frontera del conocimiento para la AIY en México.	38
CAPÍTULO 2: EL PROCESO ADMINISTRATIVO.....	39
2.1 Definición de administración.	39
2.1.1 Principios de la Administración.	39
2.2 Universalidad del proceso administrativo.....	40
2.2.1 Definición del proceso administrativo.....	40
2.2.2 Ventajas del proceso administrativo.....	43
2.3 Planeación.	44
2.3.1 Elementos de la planeación.	45
2.4 Organización.....	48
2.4.1 Importancia de la organización.....	48
2.4.2 Elementos de la organización.....	49
2.5 Dirección.....	50
2.5.1 Importancia de la dirección.....	50
2.5.2 Etapas de la dirección.....	51
2.6 Control.....	52
2.6.1 Etapas del control.....	53
CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DEL PROCESO DE LA ADMINISTRACIÓN INTEGRAL DE YACIMIENTOS.....	54
3.1 Bases del proceso de la administración integral de yacimientos.....	54
3.2 Etapas del proceso de la Administración Integral de Yacimientos.....	56
3.2.1 Definición de objetivos y estrategias.....	56
3.2.2 Plan de desarrollo.	57

3.2.3 Características del plan de la administración integral de yacimientos	59
3.3 Pasos en la construcción de la administración integral de yacimientos	61
3.4 Implementación del plan de desarrollo.....	65
3.5 Supervisión y monitoreo.....	66
3.6 Evaluación del plan	67
3.7 Revisión del plan.....	67
3.8 Conclusión del plan.....	67
3.9 Causas de fracaso del plan de administración integral de yacimientos	67
CAPÍTULO 4: CADENA DE VALOR DEL NEGOCIO PETROLERO	70
4.1 Definición de la cadena de valor del negocio petrolero.....	70
4.2 Alcances de la AIY en la cadena de valor del negocio petrolero.	72
4.3 La cadena de valor de la industria petrolera.	75
4.3.1 Definición del término upstream.....	76
4.3.2 Actividades básicas involucradas en el upstream.	76
4.3.3 Definición del termino midstream	78
4.3.4 Actividades básicas involucradas en el midstream	78
4.3.5 Definición del termino downstream	80
4.3.6 Actividades básicas involucradas en el Downstream.....	80
4.3.7 Administración de la cadena de valor.	81
4.3.8 Gerencia de la cadena de valor.	81
4.4 Etapas, procesos y actividades del upstream y midstream en el negocio petrolero en México.....	82
4.4.1 Evaluación del potencial petrolero.	83
4.4.1.1 Procesos de la evaluación de potencial petrolero	83
4.4.1.2 Actividades ejecutadas en la evaluación de potencial petrolero	83

4.4.2 Incorporación de reservas.....	85
4.4.2.1 Procesos de la incorporación de reservas	85
4.4.2.2 Actividades ejecutadas en la incorporación de reservas.....	85
4.4.3 Caracterización inicial y delimitación de yacimientos.....	86
4.4.3.1 Procesos de la caracterización inicial y delimitación de yacimientos	86
4.4.3.2 Actividades ejecutadas en la caracterización inicial y delimitación de yacimientos	86
4.4.4 Desarrollo de campos y optimización.....	88
4.4.4.1 Procesos del desarrollo de campos y optimización.....	88
4.4.4.2 Actividades ejecutadas en el desarrollo de campos y optimización ...	88
4.4.5 Explotación de yacimientos.....	90
4.4.5.1 Procesos de la explotación de yacimientos	90
4.4.5.2 Actividades ejecutadas en la explotación de yacimientos.	90
4.4.6 Comercialización de hidrocarburos.....	92
4.4.6.1 Procesos de la comercialización de hidrocarburos	92
4.4.6.2 Actividades ejecutadas en la comercialización de hidrocarburos	92
4.5 Las líneas del negocio de exploración y producción.....	93
4.6 La administración integral de yacimientos y las líneas de negocio del negocio petrolero.....	94
CAPÍTULO 5: NUEVO ENFOQUE DE LA ADMINISTRACIÓN INTEGRAL DE YACIMIENTOS	97
5.1 Introducción.....	97
5.2 Componentes del nuevo enfoque de la AIY.....	98
5.2.1 El proceso administrativo.	98
5.2.2 El ciclo de vida de un proyecto y la cadena de valor.....	99

5.2.2 Integración de la cadena de valor y el ciclo de vida de un proyecto con el proceso administrativo	101
5.7 Desarrollo del proceso administrativo bajo el nuevo enfoque de la AIY.....	102
5.3 Planeación integral de yacimientos.....	103
5.4 Organización integral de yacimientos	106
5.5 Dirección integral de yacimientos.....	108
5.6 Control integral de yacimientos.....	111
5.7 El proceso administrativo en las actividades del ciclo productivo de valor para la conformación del flujo de trabajo de AIY.....	113
5.7.1 Evaluación de potencial petrolero	113
5.7.2 Incorporación de reservas.....	114
5.7.3 Caracterización inicial y delimitación de yacimientos.....	115
5.7.4 Desarrollo de campos y optimización.....	116
5.7.5 Explotación de yacimientos.....	117
5.7.6 Comercialización de hidrocarburos	118
5.7.7 Abandono de pozos	119
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	120
BIBLIOGRAFIA	122

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Página

FIGURAS:

CAPÍTULO 1: BASES DE LA ADMINISTRACIÓN INTEGRAL DE YACIMIENTOS

Figura 1: "Evolución de la Administración Integral de Yacimientos"	12
Figura 2: "Componentes de la Administración de Yacimientos".....	14
Figura 3: "Componentes Principales de la Administración Integral de Yacimientos"	19
Figura 4:"La Administración Integral de Yacimientos en la Vida de un Proyecto Petrolero"	21
Figura 5: "Ciclo de Vida de un Yacimiento y Factores de Recuperación Típicos".	22
Figura 6: "Equipo Multidisciplinario de Administración Integral de Yacimientos"...	24
Figura 7: "Sistema Organizacional Tradicional".	26
Figura 8: "Sistema Organizacional Actual, Equipos Multidisciplinarios Multifuncionales".....	27
Figura 9: "Sistema Organizacional por Proyecto".....	28
Figura 10:"Evolución de las prácticas de la Administración Integral de Yacimientos en México".	35
Figura 11: "Proyectos en la frontera del conocimiento de la Administración Integral de Yacimientos"	38

CAPÍTULO 2: EL PROCESO ADMINISTRATIVO

Figura 12: "Fases del Proceso Administrativo" y "Funciones del Administrador"..	41
Figura 13: "Partes Mecánica y Dinámica del Proceso Administrativo".	42
Figura 14: "Elementos de la Planeación Integral de Yacimientos".	45
Figura 15:"Elementos de la Organización".	49
Figura 16:"Etapas de la Dirección".....	51
Figura 17:"Etapas del Control".	53

CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DEL PROCESO DE LA ADMINISTRACIÓN INTEGRAL DE YACIMIENTOS

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Figura 18: "Proceso de la administración integral de yacimientos".	55
Figura 19: "Plan General de Administración Integral de Yacimientos".	58
Figura 20: "Desarrollo del Plan".	61
Figura 21: "Pasos de la optimización económica".	63
Figura 22: "Pirámide organizacional de la gerencia. "	64

CAPÍTULO 4: CADENA DE VALOR DEL NEGOCIO PETROLERO

Figura 23: "Modelo de la cadena de valor en actividades primarias (core business) y de apoyo.	71
Figura 24: "La cadena de Valor de la industria petrolera".	75
Figura 25: "Actividades Básicas Involucradas en el Upstream".	77
Figura 26: "Actividades Básicas Involucradas en el Midstream".	79
Figura 27: "Actividades Básicas Involucradas en el Downstream".	80
Figura 28: "Etapas del Upstream en el Negocio Petrolero".	82
Figura 29: "Líneas de negocio que rigen la exploración y producción".	93
Figura 30: "La administración integral de yacimientos como el negocio petrolero".	96

CAPÍTULO 5: NUEVO ENFOQUE DE LA ADMINISTRACIÓN INTEGRAL DE YACIMIENTOS

Figura 31: Nuevo enfoque de la administración integral de yacimientos".	98
Figura 32: "Proceso de la administración integral de yacimientos dentro del nuevo enfoque".	99
Figura 33: "Relación del ciclo de vida de un yacimiento y la cadena de valor" ...	100
Figura 34: "Relación entre la cadena de valor del negocio petrolero, el ciclo de vida de un proyecto petrolero y el proceso administrativo de la AIY".	101
Figura 35: "Pilares del proceso de la administración integral de yacimientos".	103
Figura 36: "Elementos de la planeación integral de yacimientos".	104
Figura 37: "Elementos de la organización integral de yacimientos".	106
Figura 38: "Elementos de la dirección integral de yacimientos".	109
Figura 39: "Elementos de la control integral de yacimientos".	112

TABLAS:

CAPÍTULO 1: BASES DE LA ADMINISTRACIÓN INTEGRAL DE YACIMIENTOS

Tabla 1: "Ventajas y desventajas en los sistemas tradicional, actual, y por proyectos de la AIY". 31

CAPÍTULO 5: NUEVO ENFOQUE DE LA ADMINISTRACIÓN INTEGRAL DE YACIMIENTOS

Tabla 2: " Actividades en la evaluación de potencial petrolero durante la etapa de exploración" 113

Tabla 3: "Actividades en la incorporación de reservas durante la etapa de exploración" 114

Tabla 4: "Actividades en la caracterización inicial y delimitación de yacimientos durante la etapa de explotación"..... 115

Tabla 5: " Actividades en el desarrollo de campos y optimización durante la etapa de explotación" 116

Tabla 6: "Actividades en la explotación de yacimientos durante la etapa de explotación" 117

Tabla 7: "Actividades en la comercialización de hidrocarburos durante la etapa de explotación" 118

Tabla 8: "Actividades en el abandono durante la etapa de abandono" 119

RESUMEN.

En la presente tesis se aborda una nueva perspectiva de la administración integral de yacimientos (AIY) con un enfoque global e integrado de la administración de las operaciones del yacimiento. El propósito es comunicar la importancia de la AIY desde un punto de vista actual para lo cual se presenta un proceso de aplicación general para la explotación de un yacimiento y su respectivo plan de manejo.

En el primer capítulo de esta tesis se aborda una revisión histórica de la AIY en México y el mundo para ver el estado del arte de la misma. En el segundo capítulo se presenta un análisis del proceso administrativo puro propuesto por Henry Fayol. Posteriormente en el tercer capítulo se hace una revisión y un análisis respecto al proceso de la AIY propuesto por Satter y Thakur. En el cuarto capítulo se presenta un enfoque de negocios de AIY correspondiente a la cadena de valor de upstream y midstream, y por último, en el quinto capítulo se presenta el proceso de aplicación general para llevarse a cabo durante el ciclo de vida de un proyecto de exploración y producción (E&P) acorde con la cadena de valor de upstream y midstream apoyado en el proceso administrativo.

ABSTRACT.

In this thesis a new perspective about the integrated petroleum reservoir management (IPRM) with a global and integrated approach of the management of reservoir operations is addressed. The purpose is to communicate the importance of the IPRM from a current point of view for which a general application process for the exploitation of a reservoir and its respective management plan is presented.

In the first chapter of this thesis a historical review of the IPRM in Mexico and the world is made to see the state of the art of it. In the second chapter an analysis of the pure administrative process proposed by Henry Fayol is presented. Later in the third chapter is provided an analysis and a review about the IPRC process proposed by Satter and Thakur. The fourth chapter presents an IPRM business approach corresponding to the value chain of upstream and midstream, and finally the fifth chapter presents a general application process to take place during the life cycle of a project of exploration and production (E&P) according to the value chain of upstream and midstream supported in the administrative process.

INTRODUCCIÓN.

En retrospectiva, a lo largo de la historia el petróleo se ha convertido en un recurso fundamental para el desarrollo y la satisfacción de las necesidades que demanda la sociedad. Su importancia puede verse reflejada no solo en el aspecto económico sino que también puede verse su impacto en otros ámbitos como el social, político y ambiental.

Como es bien sabido, este recurso puede ser aprovechado de diferentes maneras. Es la principal fuente de insumos para generar energía eléctrica; se relaciona directamente en la producción de combustibles para los sectores industrial y de transporte. Además, es el insumo primario para la fabricación de una gran cantidad de productos como telas, medicamentos, objetos de plástico, etc. El petróleo es sin duda la fuente de energía más utilizada en nuestro planeta, por lo que en general en el mundo una gran cantidad de países dependen de él.

Para el cierre de 2013 México se posicionó como el noveno país productor de crudo a nivel mundial según la organización (EIA- U.S Energy Information Administration) con una producción de crudo promedio de 2.9 [mmbpd] por detrás de países como Estados Unidos con 12.3 [mmbpd], Arabia Saudita con 11.5 [mmbpd], Rusia con 10.5 [mmbpd], etc. [1]

En México, tan solo cerca del 89% de la energía que se consume proviene de éste [2]. Así mismo, contribuye a 2013, al 10% del Producto Interno Bruto (PIB) referido

[1] Energy Information Administration (EIA), "Mexico- Overview data for Mexico", <http://www.eia.gov/countries/>, consultado Febrero de 2015

[2] EIA, "Mexico- Overview data for Mexico / Total Energy Consumption in Mexico by Type" 2012, <http://www.eia.gov/countries/>, consultado Febrero de 2015

a las ventas, contribuyendo, aproximadamente con 35% de los ingresos del sector público del país. [3]

La relevancia de este recurso en México es alta, dado que en éste se basa la seguridad energética del país, además de que su gran aportación a la economía, es un motor importante del desarrollo económico nacional.

Resultaría complicado pensar en el México moderno sin relacionarlo a su historia con el petróleo. Las reservas con las que se contaba a principios de los años noventa, generaban la sensación de que la incorporación no fuera una prioridad. Sin embargo, esta tendencia no resultó ser sostenible a largo plazo. Durante los últimos años los esfuerzos se habían dedicado a maximizar la producción de campos descubiertos y productores. No obstante, la declinación de los yacimientos más populares como Cantarell se presentó, y se volvió necesario implementar entre muchos aspectos herramientas cuya meta es maximizar el aprovechamiento de los campos con el objetivo de administrar correctamente el yacimiento, que en palabras de Satter y Thakur, (1994) se empleen los recursos humanos, técnicos y financieros para maximizar las ganancias obtenidas de un yacimiento, optimizando la recuperación de hidrocarburos mientras que se minimizan los costos de inversión y de operación.

Es así como en el México moderno de mano de estas herramientas se vuelva necesario pensar en el futuro para poder dilucidar las necesidades y requerimientos que la industria nacional demandará para satisfacer las necesidades internas del país, para mantener niveles adecuados de reserva-producción, para mitigar los impactos ambientales y seguir siendo protagonistas en el entorno mundial de la industria del petróleo.

[3] Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México. "El sector energético en México", 2014.

La industria del petróleo ha pasado de un período de producción máxima sin límite a un período de producción regulada por las restricciones gubernamentales y de mercado en un período de disminución de la producción, donde las empresas de manera ideal planean maximizar las ganancias basándose en un entorno de administración eficaz. Es así como la industria ahora se ha trasladado a un período de desafío en donde una cantidad importante de petróleo y gas se mantendrán como no recuperables a menos que se realicen mejoras en el yacimiento y de la mano también, las prácticas gerenciales del mismo.

La administración de los yacimientos de petróleo es un área que ha generado una relevante discusión dentro de la industria en los últimos años dado que las reservas han disminuido, los precios han fluctuado y las empresas comienzan a darse cuenta que la necesidad de una planificación integral en el desarrollo de los yacimientos es imperante.

Una revisión de la literatura sugiere naturalmente que hay diferentes concepciones de lo que es la administración integral de yacimientos. Sin embargo, estas coinciden en que un conocimiento profundo de la gestión de yacimientos de hidrocarburos es un proceso muy importante para el correcto desarrollo y explotación de las reservas de petróleo y gas.

A decir de esto, muchos yacimientos de hidrocarburos no se desarrollan y producen correctamente. Este fracaso puede ser el resultado de una mala administración en las operaciones. La comprensión del yacimiento necesita una dirección definida basada en elementos sólidos para ser explotado.

En este trabajo se define la administración integral de yacimientos y se propone un enfoque global e integrado de la administración de las operaciones del yacimiento.

Este documento no se ocupa de los bastos detalles técnicos en la administración integral de yacimientos, ni da recomendaciones detalladas para las operaciones particulares.

El propósito es comunicar la importancia de la administración integral de yacimientos desde un punto de vista actual y presenta una propuesta de aplicación general para el desarrollo de un yacimiento y su respectivo plan de manejo.

En el primer capítulo se presenta una revisión histórica de la administración integral de yacimientos a lo largo del tiempo en México para llegar a ver el estado del arte de la misma. Se presentan las bases de la administración integral de yacimientos, se exponen los orígenes de la misma y se revisa el proceso de desarrollo que ésta ha tenido a lo largo del tiempo desde su nacimiento al inicio de la década de los 70, hasta la actualidad. También se define la administración integral de yacimientos de manera formal, se puntualizan los elementos de los cuales esta disciplina está compuesta y se enlistan sus características, y los objetivos que la administración integral de yacimientos persigue.

Además, se resalta la presencia y aplicación continua de la administración integral de yacimientos en un proyecto y dentro del ciclo de vida de un yacimiento. Se retoma la importancia de la Integración y la comunicación en la administración integral de yacimientos mediante el concepto de sinergia y de equipo multidisciplinario, revisando los esquemas de organización funcionales, matriciales y por proyecto y por último se hace referencia a las disciplinas complementarias de las cuales la administración integral de yacimientos se nutre para ser eficaz, eficiente y acertada.

Se presenta una investigación respecto a la evolución de las prácticas en la administración integral de yacimientos en México, los retos y las oportunidades a corto y mediano plazo, los aportes de Pemex Exploración y Producción (PEP) a la disciplina, se revisa el cuerpo de gobierno de la misma, y por último se presentan los proyectos en la frontera del conocimiento para la administración integral de yacimientos.

En el segundo capítulo se presenta un análisis del proceso administrativo general en la administración y se destaca su universalidad, se define al proceso administrativo formalmente dividiéndolo en sus fases mecánica y dinámica y resaltando sus ventajas.

Se presentan las fases básicas y las funciones que el administrador debe llevar a cabo: La planeación, la organización, la dirección y el control.

En el tercer capítulo se hace una revisión y un análisis respecto al proceso de la administración integral de yacimientos que propusieron *Satter* y *Thakur* a mediados de los años 90, enfocándose en las bases, etapas, características y pasos a seguir en la construcción del proceso de la administración integral de yacimientos, hasta la implementación, supervisión y monitoreo, evaluación del plan, revisión, conclusión y por último en el capítulo se revisan los motivos que a decir de *Satter* y *Thakur*, son los vértices comunes en las causas del fracaso de un plan de administración de yacimientos.

En el cuarto capítulo se presenta el enfoque de negocios de la administración integral de yacimientos, examinando las etapas, procesos y actividades correspondientes a la cadena de valor de Pemex Exploración y Producción entendiéndola como la serie de actividades laborales de una organización, que añaden valor a cada etapa, desde la materia prima hasta el producto terminado, misma que se subdivide en Upstream, Midstream y Downstream. Se hace énfasis en el upstream conocido como “exploración y producción” cuyas etapas consisten en: Evaluación del potencial petrolero, incorporación de reservas, caracterización inicial y delimitación de yacimientos, desarrollo de campos y optimización, explotación de yacimientos, y la parte del midstream referida al acondicionamiento y distribución básica, y de comercialización de hidrocarburos.

Se resalta y analiza la influencia e importancia que la administración integral de yacimientos ejerce sobre la cadena de valor de la industria del petróleo en especial en la etapa de exploración y producción (upstream) y parte del midstream que en si representa el negocio petrolero.

En el quinto capítulo se presenta un nuevo enfoque de la administración integral de yacimientos conformado por: El proceso administrativo, el ciclo de vida de un proyecto de exploración y producción (E&P) y la cadena de valor del upstream y midstream.

Además se describen a detalle los componentes del nuevo enfoque, en donde se observa la relación y se integra la cadena de valor con el ciclo de vida de un proyecto de E&P aplicados al proceso administrativo, mismo que se compone de la planeación, organización, dirección y control integral de yacimientos.

Se describen las actividades para llevarse a cabo durante el ciclo de vida de un proyecto de E&P en relación con la cadena de valor del negocio petrolero apoyado del proceso administrativo para: La evaluación de potencial petrolero, incorporación de reservas, caracterización inicial y delimitación de yacimientos, desarrollo de campos y optimización, explotación de yacimientos, comercialización de hidrocarburos, y el abandono de pozos.

Por último se presentan una serie de conclusiones y recomendaciones generadas por la observación de las prácticas de la administración integral de yacimientos en México, que la alimentan con la intención de obtener una administración integral de yacimientos actual, integrada e incluyente que es en sí misma un proceso de negocios petroleros.

CAPITULO 1: ESTADO DEL ARTE DE LA ADMINISTRACIÓN INTEGRAL DE YACIMIENTOS.

1.1 Antecedentes.

1.1.1 Orígenes y desarrollo de la administración integral de yacimientos.

La administración integral de yacimientos ha evolucionado significativamente desde su origen hasta la actualidad pues ha sufrido un proceso natural de perfeccionamiento. Históricamente, se ha practicado para la planeación de inversiones, el desarrollo de nuevos campos, instalación de métodos y sistemas de recuperación secundaria y terciaria o mejorada y la implementación de sistemas para la solución de problemas existentes en la explotación de yacimientos actualmente productores.

La administración integral de yacimientos ve la luz en los años 70, cuando la geología cobró una importancia relevante, y se integró a la ingeniería de yacimientos, para generar una mejor visión de las características del sistema roca-fluidos. Antes de esta década, los estudios que se llevaban a cabo en los yacimientos carecían de integración y la forma de organización que los equipos de trabajo practicaban se podía comparar como una “carrera de relevos” en donde cada individuo estaba interesado por lograr sus metas, pero sin considerar un apoyo/interlocución adicional con los demás miembros del equipo después de haber terminado su “carrera”. En el caso de la industria petrolera, un ejemplo era el área de ingeniería de perforación que buscaba terminar rápidamente los pozos perforados con el menor costo posible, sin considerar las condiciones de flujo que se presentarían durante la producción, como por ejemplo, formaciones dañadas por

el uso de lodos pesados. [4,5] Es así como de manera natural la administración integral de yacimientos fue el medio para que se llevara a cabo una transición de mentalidad en donde las organizaciones en los activos se comportaran como un “equipo de basquetbol” debido a que cada uno de los miembros del equipo juegan el mismo juego y la integración de ellos como un todo es fundamental, pues comparten los mismo objetivos y buscan apoyarse mutuamente en todo momento. [6]

Posteriormente, a finales de los años 70, con la integración de la geofísica, se tuvo una descripción mucho más detallada de los yacimientos en cuestiones estructurales, estratigráficas, continuidades de flujo, litología, etc. Así mismo, mediante el uso de sofisticadas herramientas de cómputo se hizo posible simular el comportamiento de los yacimientos bajo diferentes escenarios de producción. [7]

Satter, A. y Thakur (1994) definen el proceso de evolución de la administración integral de yacimientos en 3 etapas [3,5]:

Etapas **1:** Antes de 1970, la ingeniería de yacimientos se consideraba una de las disciplinas de mayor importancia técnica en la administración de yacimientos. En 1962, Wyllie [8] enfatizó dos elementos: (1) Utilizar conceptos mecánicos fundamentales de los yacimientos y (2) automatización por cómputo básico, elementos importantes que se usaron para los conceptos fundamentales de los yacimientos y automatización usando computadoras básicas.

[4] Satter, A. y Thakur, G.C.: “Integrated Petroleum Reservoir Management: A Team Approach”, PennWell Books, Tulsa, Oklahoma (1994), E.U.A.

[5] M.L Wiggins y R.A Startzman, “An Approach to Reservoir Management”, Society of Petroleum Engineers, SPE Paper-20747, Texas A&M U, 1990

[6] Thakur, G.C.: “Reservoir Management: A Synergistic Approach”, paper SPE 20138 presentada en la conferencia Permian Basin Oil and Gas Recovery 1990, Midland, TX.

[7] Pérez S., N.: “Administración de Yacimientos”, Tesis para obtener el título de Ingeniero Petrolero, FI, UNAM, Abril 2000.

[8] Wyllie R. “Reservoir Mechanics - Stylized Myth or Potential Science?,” JPT (Junio 1962) 583.

Para el año de 1965, Essley [9] escribió “¿Qué es la ingeniería de yacimientos?” y concluyó que a pesar de los avances en los aspectos técnicos de la ingeniería de yacimientos, las consideraciones vitales de la ingeniería como la interpretación del comportamiento de los yacimientos, el conocimiento geológico aplicado, la planeación de la perforación, controles iniciales de operación apropiados, factores económicos y de impuestos, etc., a menudo son abandonados o ignorados.

Etapa 2: La etapa número dos, cubre el periodo entre 1970 a 1980, Craig y colaboradores. [10] Harris y Hewitt [11] en 1977 explican el valor de la sinergia entre la ingeniería de yacimientos y la geología. Craig [10] enfatiza el valor de la descripción detallada del yacimiento, utilizando la geología, la geofísica, y los conceptos de la simulación numérica de yacimientos. Harris y Hewitt [11] por su parte presentan una perspectiva geológica del sinergismo en la administración de yacimientos. Ellos explican la heterogeneidad del yacimiento debida a las variaciones en la continuidad del yacimiento, el espesor y las propiedades del espacio poroso (por ejemplo; porosidad, permeabilidad y presión capilar).

Para los años 80 se empiezan a considerar otras disciplinas como la perforación y la terminación de pozos, la ingeniería de producción de pozos, ingeniería de diseño, instalaciones de producción, computación, ingeniería económica, protección ambiental, seguridad industrial y aspectos legales.

Etapa Actual: Aunque la sinergia proporcionada por la interacción entre la geología y la ingeniería de yacimientos es bastante útil, la administración integral de yacimientos generalmente falla para reconocer el valor de otras disciplinas, por ejemplo; operaciones de producción, perforación y diferentes funciones de ingeniería. Sin embargo las técnicas y herramientas son superiores, la

[9] Essley P. L.: "What is Reservoir Engineering?," JPT (Enero 1965) 19.

[10] Craig F. F. y cds.: "Optimized Recovery Through Continuing Interdisciplinary Cooperation," JPT (Julio 1977) 755.

[11] Harris D. G. y Hewitt C. H.: "Synergism in Reservoir Management-The Geologic Perspective," JPT (Julio 1977) 761

caracterización de yacimientos se ha mejorado y la automatización con las computadoras ha facilitado el procesamiento de datos y el análisis para la toma de decisiones. [12]

Posterior al trabajo de Satter, A. y Thakur (1994), en el periodo de 2000 a 2015 la administración Integral de yacimientos se relaciona directamente a la tecnología y sus respectivos avances, pues al ser implementada la tecnología a ella y en sus disciplinas complementarias, la administración integral de yacimientos aparentemente avanza, sin embargo en un entorno dependiente de la tecnología, no hay evidencia de avance en las prácticas de administración dentro de la administración integral de yacimientos. En la **figura 1** se ilustra el desarrollo de la disciplina y se señalan los principales cambios sucedidos en periodos de tiempo.

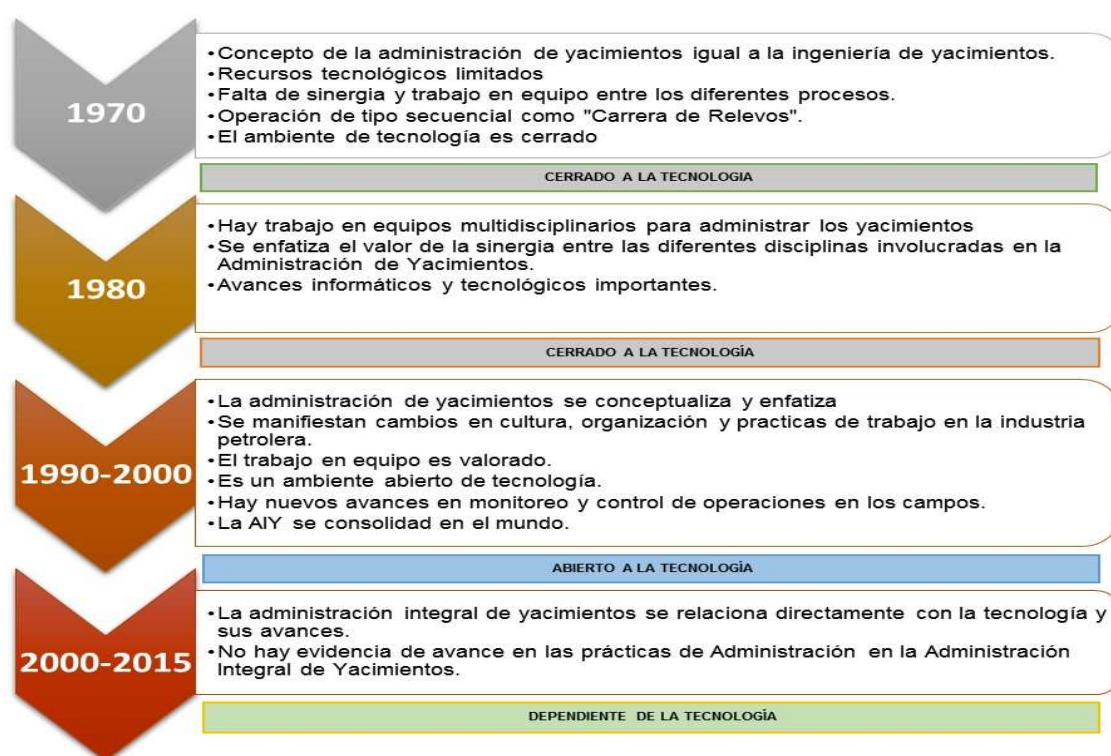


Figura 1: "Evolución de la Administración Integral de Yacimientos"
 Figura modificada de Peregrino Chávez N., "Administración Integral de Yacimientos: Enfoque Moderno de Trabajo en Equipo".

[12] Thakur, G.C.: "What is Reservoir Management," JPT (Junio 1996) 520-525; artículo SPE 26289

1.1.2 Definición de la administración integral de yacimientos.

En palabras de *Satter y Thakur, (1994)*, una buena práctica en la administración de yacimientos se fundamenta en la utilización de los recursos disponibles llámese humanos, tecnológicos y financieros, para maximizar las ganancias/índice de rentabilidad de un yacimiento mediante la optimización de la recuperación y la reducción al mínimo de la inversión de capital y los gastos de operación.

La administración de yacimientos implica hacer ciertas elecciones. Por un lado, se puede optar por dejar que las situaciones se presenten al azar para generar algún beneficio de una operación de yacimiento sin una planificación deliberada en curso. Por otro lado, se pueden llevar a cabo procesos y/o acciones para mejorar la recuperación y maximizar el beneficio del mismo yacimiento a través de la práctica de la administración de yacimientos. [4]

Desde un enfoque totalmente técnico, la administración integral de los yacimientos es la aplicación del estado del arte tecnológico o la tecnología más avanzada aplicados a un sistema de depósito conocido, dentro de un entorno de administración determinado. [5]

La administración de yacimientos según *M.L Wiggins y R.A Startzman (1990)*, se puede considerar como el conjunto de operaciones y decisiones por las cuales un yacimiento puede ser identificado, medido, producido, desarrollado, supervisado y evaluado desde su descubrimiento, pasando a través del agotamiento y hasta su respectivo abandono final [5]. Es importante reiterar que un yacimiento se administra para un propósito particular y ese propósito se logra dentro del entorno de administración utilizando las herramientas y la tecnología disponible. (*M.L Wiggins y R.A Startzman, 1990*) [5]. La **figura 2** ilustra el concepto y los componentes de la administración de yacimientos:

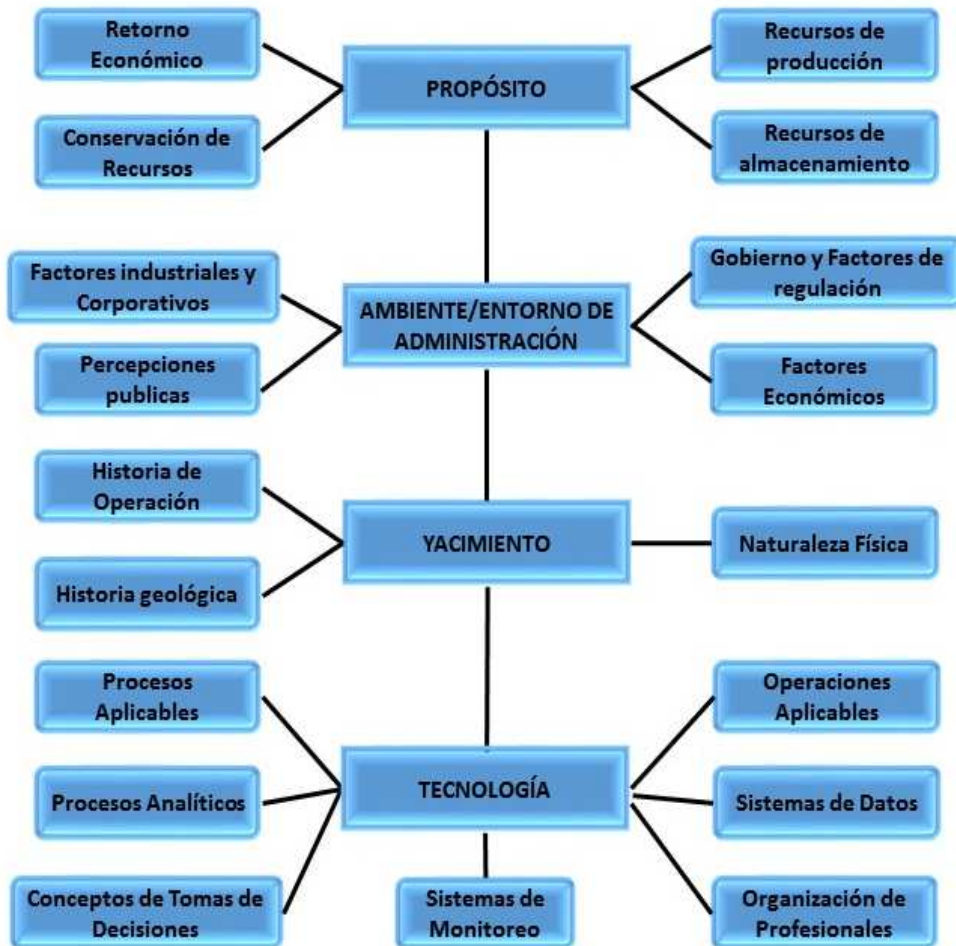


Figura 2: "Componentes de la Administración de Yacimientos".
(M.L Wiggins y R.A Startzman, "An Approach to Reservoir Management").

1.1.3 Características y objetivos de la administración integral de yacimientos.

Las características que han sido utilizadas para describir a la Administración Integral de Yacimientos son las siguientes [13,14]

- Es un proceso continuo, ordenado y cíclico, aplicable a lo largo de la vida del yacimiento.
- Integra recursos óptimos de tipo humano, tecnológico y económico. Así mismo, información del yacimiento, misma que es procesada y analizada para generar un plan de desarrollo y explotación.
- Reconoce que la información está sujeta a incertidumbre y que el plan también lo está.
- Reconoce que el plan debe ser flexible y modificable en función de la adquisición de nueva información, su procesamiento y análisis subsecuentes.
- Plantea al monitoreo como elemento de importancia en el seguimiento de los resultados obtenidos.
- Define como objetivo final la maximización de las ganancias logrando una recuperación económica y técnicamente factible de los hidrocarburos de un yacimiento.

Con las características descritas anteriormente es posible dar la siguiente definición de Administración Integral de Yacimientos:

"Es un proceso continuo, ordenado y repetitivo, que emplea de manera óptima recursos humanos, tecnológicos y económicos para generar, mediante la integración, procesamiento y análisis de la información disponible, el plan de desarrollo y explotación de un yacimiento, su implantación, monitoreo, seguimiento,

[13] Peregrino C. N., "Administración Integral de Yacimientos: Enfoque Moderno de Trabajo en Equipo", Tesis para obtener el título de ingeniero Petrolero, FI, UNAM, Sep. 2005.

[14] Rodríguez de la Garza, F.: "La Administración de Yacimientos en México: Situación Actual y Perspectivas," Publicación del Colegio de Ingenieros Petroleros de México, Vol. II No. 3, Julio-Septiembre 2001.

evaluación y revisión, de manera que a lo largo de la vida del yacimiento se logre una recuperación económica de los hidrocarburos, maximizando las ganancias” [13,14].

Los objetivos principales de la administración integral de yacimientos son 3:

- i. Optimización de la recuperación de hidrocarburos.
- ii. Minimización las inversiones y los costos de operación.
- iii. Maximización de las ganancias obtenidas de un yacimiento.

Para poder implementarla y así dar cumplimiento a dichos objetivos se siguen los pasos mencionados a continuación: [4,13]

- a) Identificar y definir todos los yacimientos individuales en un campo particular y sus propiedades físicas.
- b) Deducir el pasado y predecir el comportamiento futuro de los yacimientos.
- c) Minimizar la perforación de pozos
- d) Definir y modificar (si fuese necesario) el diámetro y los sistemas superficiales del pozo.

1.1.4 Elementos de la administración de yacimientos.

La administración de yacimientos no es simplemente la creación de un plan de agotamiento y/o un plan de desarrollo, sino más bien una estrategia global e integrada para la explotación del yacimiento [5] y está basada en los tres componentes principales que se enlistan a continuación:

- 1) Conocimiento de la entidad (yacimiento) que está siendo administrada.
- 2) Entorno y/o ambiente de la administración.
- 3) Tecnología disponible.

Cuando estos tres componentes están integrados, se pueden tomar decisiones y se puede seguir una estrategia de desarrollo para la consecución de los objetivos de la administración. Sin una comprensión de estos componentes, una administración eficaz o bien ejecutada no puede tener lugar y una estrategia integral

para el logro de los objetivos de la administración no podrá jamás ser desarrollada [4]:

1. **Conocimiento del yacimiento:** El conocimiento del sistema que está siendo administrado tiene varias dimensiones. En primer lugar está la naturaleza general del sistema. Un yacimiento es una acumulación de hidrocarburos atrapados dentro de un único entorno geológico conectado. Este conocimiento general incluye la comprensión del movimiento de los fluidos, las propiedades de la roca, el comportamiento de fase y algunos otros conocimientos básicos.

La segunda dimensión del conocimiento del yacimiento proporciona información acerca de la naturaleza macroscópica del mismo. Esto incluye el depósito de fluido contenido, el tamaño y la variabilidad. La edad geológica, la formación y el medio ambiente de depositación. El tipo de roca, la profundidad, la presión e información similar.

El detalle a nivel microscópico está considerado como la tercera dimensión. Esto incluye información como la morfología del depósito, la porosidad, la saturación de los fluidos, el contenido de la matriz, las relaciones de presión capilar, los datos de permeabilidad relativa, las características de la roca, las relaciones de temperatura y de presión-volumen y otros datos relativos a la variabilidad interna del yacimiento de hidrocarburos.

La última dimensión del conocimiento del yacimiento a considerar es su historia. Los acontecimientos que han tenido lugar durante la operación del yacimiento. Este tipo de información incluye la cantidad de pozos que han sido perforados, la forma en que se terminaron, qué tipo de estimulación se les aplicó (si así fuera el caso), las cantidades de fluidos extraídos o inyectados y cualquier otro dato que tenga que ver con el yacimiento, ya que éste puede haber cambiado desde su condición original.

2. **Entorno/Ambiente de la administración:** El segundo componente a considerar es el entorno/ambiente de la administración, elemento que se relaciona en gran medida con los factores sociales y económicos. Este entorno puede incluir factores tales como la propiedad del hidrocarburo y la renta que se debe pagar a los propietarios, aspectos y legislación gubernamental, seguridad y medio ambiente, la demanda del mercado para los productos derivados del petróleo, la disponibilidad de capital, equipo y personal y la importancia concedida a la administración de yacimientos que se le dé por parte de una organización en particular. Hasta cierto punto, el entorno de administración podría ser influenciado por las actitudes y las percepciones que el público tenga o las relaciones con respecto a la industria del petróleo.

Muy a menudo, el entorno de administración colocará restricciones sobre las acciones que se pueden llevar a cabo en la administración de yacimientos impactando directamente en la toma de decisiones, pero el entorno de administración también puede proporcionar opciones y oportunidades para iniciativas nuevas y creativas.

3. **Tecnología:** El tercer componente de la administración integral de yacimientos es la existencia de la tecnología, a través de la cual la administración puede verse beneficiada.

La tecnología no sólo controla lo que puede ser considerado como un curso de acción, sino que también puede involucrarse para controlar el grado de conocimiento que se puede llegar a obtener sobre el yacimiento. Esto incluye todo el conocimiento que puede ser generado con respecto al comportamiento de los yacimientos. Dicho conocimiento puede ser específico para un yacimiento tomado como individual y/o también puede derivarse a otros campos.

La tecnología también incluye a las técnicas y operaciones que pueden utilizarse para estudiar un yacimiento de petróleo o gas. Por ejemplo, los métodos para la adquisición de datos, técnicas de monitoreo, procedimientos

de diagnóstico y análisis, técnicas de modelado y cualesquiera otros conceptos que tienen que ver con el manejo de los datos de reservas y su uso para la determinación de una condición, un proceso o un curso de acción aplicado a un yacimiento.

La **figura 3** describe los componentes principales de la administración Integral de Yacimientos, proceso presente desde la exploración hasta el abandono.

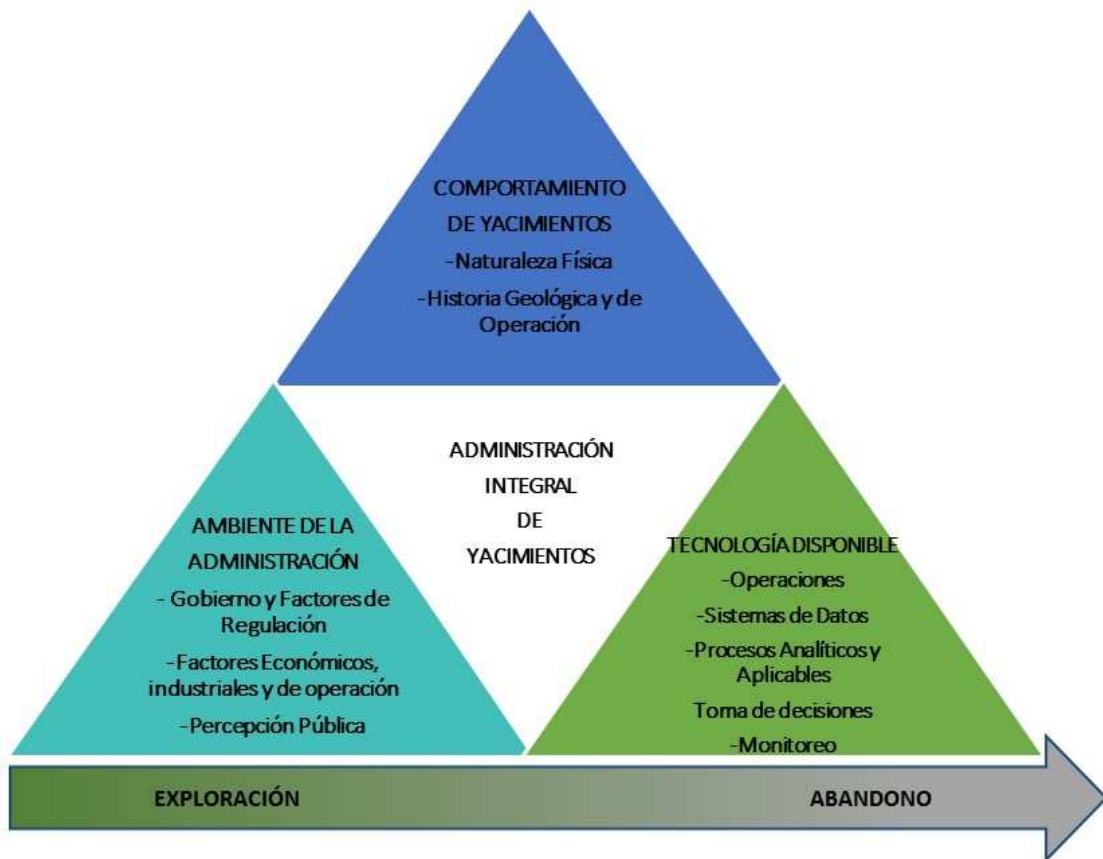


Figura 3: "Componentes Principales de la Administración Integral de Yacimientos"
Figura modificada basada en [5] M.L Wiggins y R.A Startzman, "An Approach to Reservoir Management", 1990.

1.1.5 La administración integral de yacimientos en las etapas de un proyecto y en el ciclo de vida de un yacimiento.

No es suficiente conocer la entidad que está siendo administrada para comprender las tecnologías y sus capacidades. Para llegar a ser libre de controlar los factores involucrados en la administración o gestión como son los factores de gobierno y regulación, los económicos, los sistemas de datos, operaciones, etc., se debe saber cómo integrar todos los componentes para así saber cómo deben tomarse las decisiones en respuesta a los objetivos deseados. [15]

El proceso de la toma de decisión, en sí, debe ser analítico y debe considerar las alternativas de acción que puedan llegar a estar disponibles. Con la información disponible, el administrador del yacimiento debe hacer evaluaciones y tomar medidas al respecto.

La administración integral de yacimientos se presenta y juega un papel importante en todas las etapas de un proyecto petrolero (Desde la exploración pasando por el descubrimiento, la delimitación, el desarrollo, la recuperación primaria, secundaria y terciaria hasta el abandono) (**figura 4**), pues dependiendo de la calidad y rigurosidad de la administración se evitarán fracasos y tropezones que pongan en riesgo el éxito de un proyecto a cualquier escala.

[15] Wiggins, M.L., "A Manual for Petroleum Reservoir Management", Crisman Institute for Petroleum Reservoir Management, Department of Petroleum Engineering, Texas A&M U, College Station, TX (1989).



Figura 4: "La Administración Integral de Yacimientos en la Vida de un Proyecto Petrolero"

El objetivo a largo plazo en un proyecto es optimizar el valor económico asociado de la recuperación de hidrocarburos de un yacimiento, y este se conseguirá en la medida en que se logren cumplir los objetivos específicos que se establecen a lo largo del tiempo de acuerdo a las etapas que atraviesa el yacimiento durante su vida productiva. [16]

El proceso de administración de los yacimientos de petróleo es dinámico, no estático. Cada componente está constantemente sujeto a cambios. La tecnología jamás se detiene y avanza más conforme más se aprende o se adquiere conocimiento de cada yacimiento que se administra. El sistema del yacimiento nunca se conoce completamente, pero el conocimiento mismo se perfecciona a la par en que la explotación del yacimiento madura. Además, el entorno o ambiente

[16] García, H. F. "Administración de yacimientos en Pemex Exploración y Producción" PEMEX, PEP, Octubre 2014.

de administración también está sujeto a cambios. Así, el proceso de administración de los yacimientos es un proceso de constante cambio desde el descubrimiento hasta el abandono. [5]

Es así como la administración integral de yacimientos se involucra también en todo el ciclo de vida de un yacimiento de petróleo o gas iniciando con el proceso de exploración seguido por el descubrimiento del yacimiento y su delimitación, siendo el yacimiento descubierto y delimitado se llevarán a cabo las etapas de recuperación primaria (algunas veces con sistemas artificiales de producción, si se amerita), la etapa de recuperación secundaria y la terciaria o mejorada (también apoyadas de sistemas artificiales de producción, si fuera el caso), hasta el abandono o cierre de pozos y operaciones. La **figura 5** muestra las etapas comprendidas por el ciclo de vida de un yacimiento y los factores de recuperación comunes de cada etapa respectivamente.

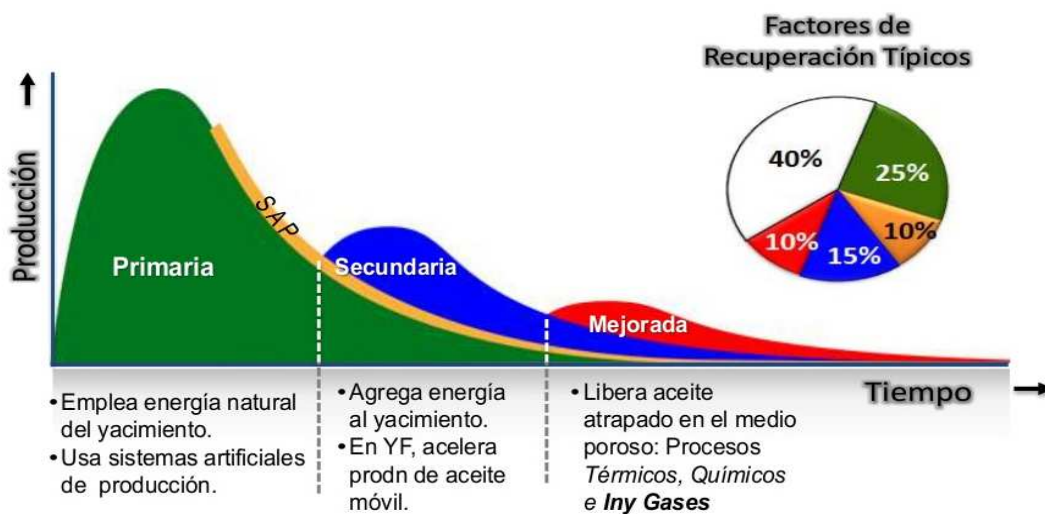


Figura 5: "Ciclo de Vida de un Yacimiento y Factores de Recuperación Típicos".
Estrategia de Recuperación mejorada con CO2 de PEMEX y Perspectivas de Proyectos de CCUS-EOR, ASPEC 2014.

La administración moderna de yacimientos puede admitir y evaluar la necesidad de implementar procesos de recuperación secundaria y mejorada o terciaria, incluso desde la etapa temprana de vida del yacimiento para cumplir con su objetivo.

1.2 Integración y comunicación en la administración integral de yacimientos mediante el concepto de sinergia y de equipo multidisciplinario.

La comunicación efectiva es esencial para convertir a la administración de yacimientos en un proceso exitoso. Tener en cuenta y disponer de un diálogo abierto debe tener lugar dentro y entre los grupos interesados en la búsqueda y desarrollo de yacimientos de petróleo y gas. Para ser eficaces, las disciplinas deben trabajar como un equipo y deben de integrarse y compartir sus conocimientos. En palabras de *Satter y Thakur (1994)*, el enfoque para la administración de yacimientos debe ser de equipo con el objetivo de permitir o facilitar que el beneficio total de la tecnología disponible sea adquirido y usado para el beneficio en común de una organización.

Una administración integral de yacimientos exitosa requiere de la sinergia y del esfuerzo de un equipo de trabajo. Todo el diseño y las decisiones de operación se deben realizar por el equipo de administración integral de yacimientos, reconociendo que estas dependen del comportamiento natural del yacimiento. No es necesario que todas las decisiones sean tomadas por el ingeniero de yacimientos. Ayudaría en gran medida que los integrantes de equipo de trabajo conocieran ampliamente acerca de diversas áreas como por ejemplo, geología, geofísica, petrofísica, la ingeniería de yacimientos, ingeniería de producción y perforación, terminación y productividad de pozos, etc. [4,13]

Se requiere una comunicación efectiva dentro y entre los grupos dedicados a encontrar y desarrollar yacimientos, de tal forma que se comparta conocimiento y se impulse la evaluación completa del yacimiento.

El enfoque de equipo asegura la evaluación completa del sistema del yacimiento, pozos, instalaciones de producción y la detección integral de las áreas de oportunidad para generar valor. La **figura 6** ilustra el equipo multidisciplinario de la administración integral de yacimientos, esquema basado en el trabajo de *Satter (1991)*.



Figura 6: "Equipo Multidisciplinario de Administración Integral de Yacimientos"
Esquema modificado de Satter A., Varnon J.E., Hoang M.T.: "Integrated Reservoir Management," JPT
(Diciembre 1991) 1057; artículo SPE 22350.

La dirección, es quien debe comunicar claramente a su equipo de proyecto (equipo de administración de proyecto) los objetivos que se pretenden y cómo van a ser medidos los resultados.

De esta manera, el equipo de proyecto podrá entonces desarrollar un plan para alcanzar tales objetivos; deberán predecir los posibles eventos que puedan ocurrir y evaluar todas las alternativas que pueden ser implantadas. Con estos elementos podrá entonces prepararse o adecuarse un plan final que obedezca y sea parte de la implementación, el control y la evaluación a posteriori para que satisfaga los objetivos corporativos. [4,13]

La sinergia es el resultado de la interacción entre los miembros de un equipo multidisciplinario, en donde las aportaciones parciales de los participantes se integran y el resultado es un producto de mayor valor que el correspondiente a la suma de sus aportaciones individuales. [4,13] Sneider [17] menciona que “sinergia” significa que los geólogos, geofísicos, ingenieros petroleros y otros, trabajen juntos en un proyecto que será más efectivo como equipo que como un grupo de individuos. Esta visión puede ser aplicada a equipos multidisciplinarios complejos e integrales, esto refiriéndose a equipos conformados por una gran cantidad de disciplinas involucradas en el equipo de trabajo.

En resumen, el sinergismo del trabajo en equipo puede producir un “total mayor que la suma de sus partes”. [4]

[4,13] Satter, A. y Thakur, Peregrino C.N, Op. Cit.

[17] Richardson J.G. y Sneider, R.M.: “Synergism in Reservoir Management,” artículo editado por David H. Johnston, Exxon Production Research Co., Box 2189, Houston, Texas.

1.2.1 Sistemas organizacionales tradicionales y actuales de la administración integral de yacimientos.

Como se abordó anteriormente, el esquema de trabajo del periodo comprendido entre 1970 a 1980 se llevó a cabo de acuerdo al sistema “tradicional” (estructura organizacional funcional) mostrado en la **figura 7**, en el cual, varios miembros del equipo (geólogos, ingenieros de yacimientos, ingenieros de producción, ingenieros de instalaciones, personal de operaciones y otros) trabajaban sobre un yacimiento o campo bajo sus propios jefes como cabezas funcionales. [4,13] Esto quiere decir que sus labores y logros serán entendidos de manera secuencial como A→B→C→D→E. Y sucede la carrera de relevos en donde cada uno deberá terminar su carrera en el menor tiempo posible bajo sus propias metas y objetivos, generando una presión por terminar su carrera.



Figura 7: "Sistema Organizacional Tradicional".
Modificado de Satter, A. y Thakur, G.C.: (1994)

Mientras que en el sistema “actual” comprendido desde el periodo de 1980 a la actualidad (estructura organizacional matricial) con enfoque multidisciplinario, los miembros del equipo con enfoque de varias funciones trabajan sobre un yacimiento

en particular bajo un líder del equipo. El líder del equipo generalmente proporciona una guía diaria, y ocasionalmente una guía funcional por los así llamados “gurús” funcionales. Los equipos (o miembros) administrativamente no informan a los “gurús”, quienes informan son las cabezas funcionales y el administrador del activo. [4,13]. Este nuevo sistema se muestra en la **figura 8**, en donde todos trabajan como un todo, con el objetivo de maximizar beneficios y minimizar costos.

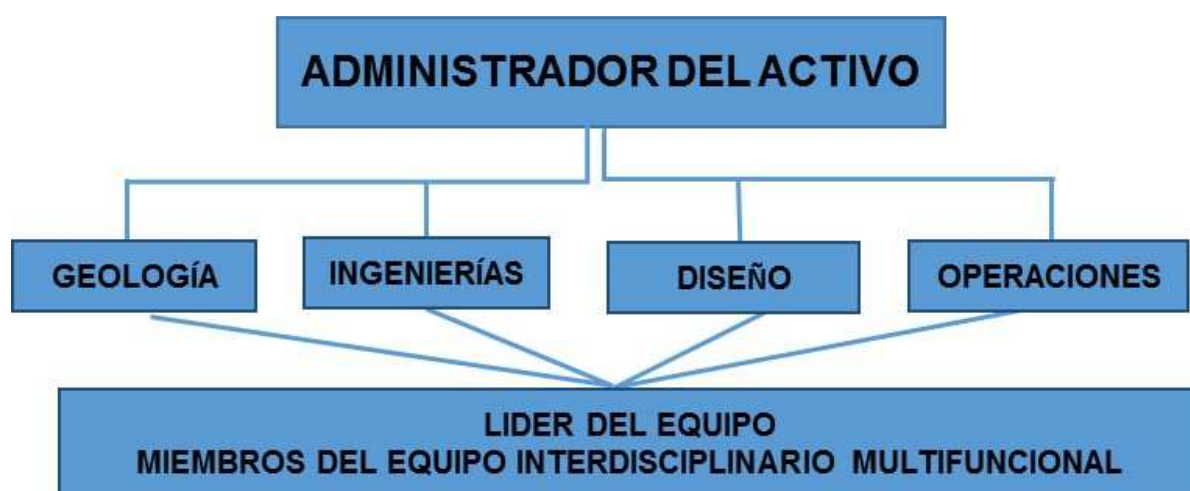


Figura 8: "Sistema Organizacional Actual, Equipos Multidisciplinarios Multifuncionales".
Equipos Multidisciplinarios Multifuncionales, Modificado de Satter, A. y Thakur, G.C.: (1994)

Es importante decir que entre los sistemas organizacionales más usados por las empresas y organizaciones como Pemex en México, destaca el sistema organizacional por proyecto, en esta estructura la empresa trabaja en múltiples proyectos al mismo tiempo, en distintas etapas de avance respectivamente. Cada equipo de trabajo se concentra en un proyecto, en este sistema cada proyecto funciona por cuenta propia, casi como si se tratase de una entidad independiente. Todos los recursos necesarios para el desarrollo de cada proyecto son asignados de tiempo completo. Un gerente de proyectos tiene plena autoridad administrativa sobre el equipo del proyecto. La organización está en posición para responder al objetivo y a las necesidades del cliente porque cada equipo se dedica estrictamente a un solo proyecto.

Una organización por proyecto requiere de una planeación precisa y detallada, así como un control efectivo que garantice la utilización óptima de los recursos del proyecto para completarlo de forma exitosa y dentro del presupuesto. Es importante decir que este tipo de organización se presenta en empresas que desarrollan proyectos muy grandes, que suelen costar grandes cantidades de dinero y durar mucho tiempo.

La **figura 9** ilustra el sistema organizacional por proyecto.

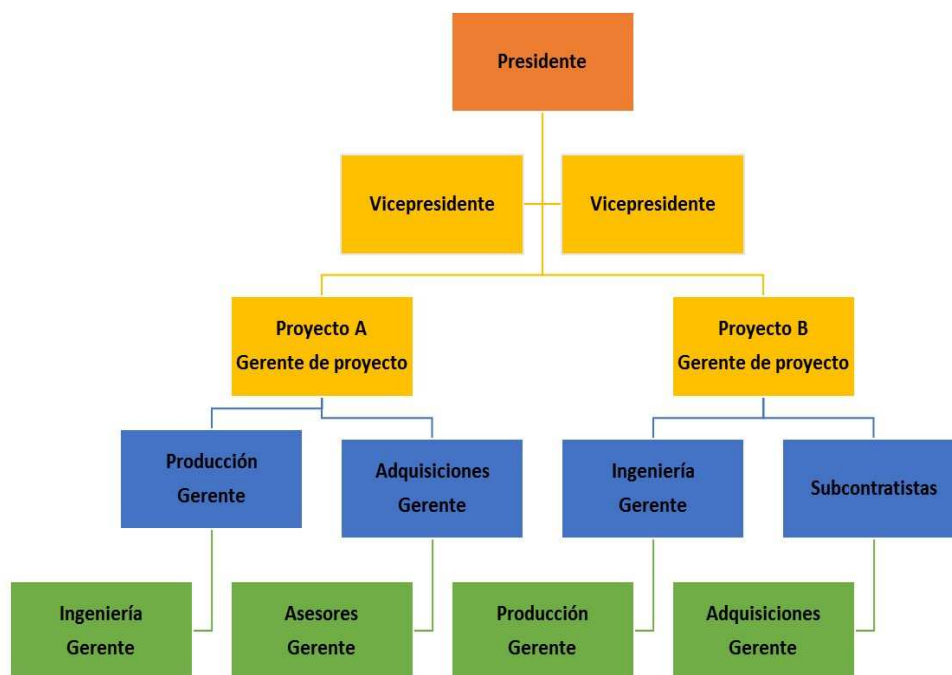


Figura 9: "Sistema Organizacional por Proyecto"

Gido J., Clements J. P., "Administración exitosa de proyectos", CENGAGE Learning, Quinta Edición, México, 2012. [18]

1.2.2 Ventajas y desventajas en los sistemas organizacionales tradicionales y actuales de la administración integral de yacimientos.

La estructura organizacional funcional “tradicional”, debido a que reúne a especialistas en la misma disciplina en una sola unidad organizacional, reduce la duplicación y la yuxtaposición de las actividades. [18]

Sin embargo, las organizaciones funcionales pueden provocar aislamiento porque cada componente funcional se ocupa exclusivamente de su propio desempeño. No subraya el trabajo en equipo, y el intercambio de ideas entre funciones es escaso. No se subraya la concentración en el proyecto y las decisiones serían de alcance limitado en lugar de buscar el interés del proyecto global. La estructura jerárquica provoca que la comunicación, la solución de problemas y la toma de decisiones sean lentas. [18]

Por ejemplo en un caso en el que se ha presentado un problema en la producción de un pozo. Ingeniería de perforación piensa que se debe a que producción no está desempeñando adecuadamente sus funciones. Producción dice que se debe a que ingeniería de perforación no diseñó bien o a que el programa de perforación no fue adecuado o no se llevó a cabo de una manera correcta. El problema podría subir o bajar por la cadena de mando y su solución estaría en manos de la alta gerencia. La organización funcional no se concentra en el cliente. Su vínculo más fuerte es con la función individual que con el proyecto. [18]

Por otro lado en la estructura organizacional matricial “actual”, las personas involucradas, como tienen un “hogar” de trabajo funcional, pueden ser asignadas a los proyectos conforme se necesite para ajustarse a los cambios en los mismos. Por

[18] Gido J., Clements J. P., “Administración exitosa de proyectos”, CENGAGE Learning, Quinta Edición, México, 2012.

ejemplo, si un proyecto se retrasa, el gerente puede desplazar a algunos de los miembros de su equipo a otros proyectos. [18]

La estructura matricial proporciona un núcleo de expertos que está a disposición de todos los proyectos y, por tanto, se utiliza mejor. Las personas que tienen una disciplina en común pueden colaborar y aprender unas de otras.

La estructura matricial también facilita una mejor comunicación, misma que permite la identificación de problemas y la solución de conflictos de forma más oportuna. Los miembros del equipo tienen dos canales para enviar avisos respecto a un problema potencial: el gerente de proyectos y el gerente funcional. Estas dos rutas de comunicación incrementan la posibilidad de que los problemas sean identificados en lugar de ser reprimidos.

El gerente de proyectos es el punto focal designado para la comunicación con el cliente y las unidades funcionales están armadas para apoyar los proyectos. [18]

Sin embargo, una empresa que utiliza una estructura organizacional matricial debe establecer directrices de operación que garanticen el debido equilibrio de poder entre los gerentes del proyecto. Las prioridades, la asignación de personas específicas a proyectos, los planteamientos técnicos para el trabajo y los cambios aplicados a los proyectos generarán conflictos entre los gerentes de proyectos y si el poder no está equilibrado, estos conflictos podrían no ser resueltos para bien del proyecto ni de la empresa.

Con respecto al sistema por proyectos la mayor desventaja radica en que los costos de una organización por proyecto pueden ser ineficientes tanto para los proyectos individuales como para la empresa matriz.

Desde el punto de vista de la empresa una organización por proyectos puede ser muy ineficiente en costos, pues los recursos o las tareas de varios proyectos

simultáneos se duplican. Los proyectos entre si no tienen recursos compartidos, asimismo, es poco probable que los miembros de diferentes equipos compartan la expertise o experiencia técnica porque los equipos están aislados y concentrados estrictamente en sus actividades respectivamente.

En la **tabla 1**, se muestran las ventajas y las desventajas de las estructuras en los sistemas organizacionales tradicionales, actuales y por proyecto de la Administración Integral de Yacimientos:

Ventajas y desventajas en los sistemas tradicional y actual de la AIY		
Sistema	Ventajas	Desventajas
Tradicional "Funcional"	<ul style="list-style-type: none"> • No hay actividades duplicadas • Excelencia Funcional 	<ul style="list-style-type: none"> • Aislamiento • Respuesta lenta • No hay enfoque en el cliente
Actual "Matricial"	<ul style="list-style-type: none"> • Utilización Eficiente de los recursos • Expertise funcional a disposición de todos los proyectos • Mejor comunicación • Enfoque en el cliente 	<ul style="list-style-type: none"> • Necesario equilibrar el poder
Por Proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Control de los recursos • Capacidad de respuesta de los clientes 	<ul style="list-style-type: none"> • Ineficiencia en costos • Bajo nivel de transferencia de conocimiento entre proyectos

Tabla 1: "Ventajas y desventajas en los sistemas tradicional, actual, y por proyectos de la AIY".
Gido J., Clements J. P., "Administración exitosa de proyectos", CENGAGE Learning, Quinta Edición, México, 2012. [18]

1.3 Disciplinas complementarias en la administración de yacimientos.

La administración integral de yacimientos se basa en un enfoque multidisciplinario y de trabajo en equipo que para tener éxito necesita apoyarse de diversas ramas de la ingeniería, de disciplinas técnicas y de ciencias sociales de tipo financiero, económico, legal, etc. Una gran cantidad de autores refieren una extensa cantidad de disciplinas asociadas a la administración integral de yacimientos, sin embargo, regularmente se hace una mayor referencia a las listadas a continuación.

- Ingeniería de yacimientos.
- Ingeniería de perforación y terminación de pozos.
- Ingeniería de producción.
- Geología, geofísica y petrofísica.
- Caracterización estática y dinámica de yacimientos.
- Simulación numérica de yacimientos.
- Recuperación secundaria y mejorada.
- Ingeniería de diseño.
- Seguridad y protección ambiental.
- Aspectos legales.
- Aspectos económicos y financieros.

1.4 Evolución de las prácticas en la administración integral de yacimientos en México y su comparación con el resto del mundo.

Derivado de la investigación documental se puede decir que en el mundo la administración integral de yacimientos ha avanzado durante los últimos treinta años, las técnicas y las herramientas ahora son mucho mejores que en el pasado, el concepto de sinergia provisto por la interacción entre la geo ciencia, la ingeniería y otras disciplinas, ha sido positivo, y el concepto de equipo en la administración integral de yacimientos se ha popularizado. Los miembros de un equipo trabajan de una manera coordinada como si se tratase de un equipo de “basquetbol” dejando muy atrás al de “carrera de relevos” [4].

El enfoque de la administración integral de yacimientos, junto con los últimos avances tecnológicos permitirán que tanto hoy en día como en el futuro que las empresas, extraigan y recuperen fluidos de manera máxima y rentable durante la vida de un campo de aceite o gas añadiendo así muchos años más de recuperación a la vida de un yacimiento y modificando drásticamente los factores de recuperación.

Dado que en la actualidad mexicana y mundial la producción en todos los campos disminuye con los años (específicamente para la mexicana, se incrementan las inversiones), las innovaciones en todos ámbitos, que prolonguen la recuperación rentable deberán ser de interés global.

Observando a México, según Pemex (PEP) derivado de sus informes y actividades, desde la implementación de la AIY a finales de los años 80 y principios de los 90 esta disciplina dirigió, como punta de lanza, la manera de pensar que modificó la organización de los equipos de trabajo en la industria petrolera mexicana.

1960 a 1970: La ingeniería de yacimientos era considerada como el pilar o la base de la administración integral de yacimientos. Se consideraba la única disciplina de importancia técnica, y el concepto de sinergia se mantenía aún sin figurar, pues no existía la sinergia entre las disciplinas. Tanto para mediados como para finales de

los años 70 la administración de yacimientos se entiende como un sinónimo de la ingeniería de yacimientos, en México esto también sucede y tanto el desarrollo como la explotación de campos ocurre sin la integración de disciplinas, y se presenta lo que se definía como “Carrera de relevos”, una operación secuencial: Superintendencias de yacimientos, producción e ingeniería petrolera.

1980: Mientras en el contexto internacional se concibe el trabajo en equipos multidisciplinarios en la administración integral de yacimientos para grandes compañías operadoras, y se presentan importantes aperturas tecnológicas y alianzas entre operadoras. En México no se presentan cambios, la administración integral de yacimientos se mantiene completamente estática.

1990: En el mundo la disciplina de la Administración Integral de Yacimientos se conceptualiza y se consolida, existen equipos multidisciplinarios y hay sinergia. Algunas operadoras consolidan las nuevas prácticas de trabajo en la AIY. Los estudios integrales de yacimientos soportan el desarrollo y explotación de campos. México de cara al auge de la disciplina y a su promoción. Desarrolla, según Pemex, su primer Estudio Integral (EI), Agave-Chiapas, Cópamo-Muspac. Para el año de 1995 Pemex inicia la operación de campos mediante “activos”, actividad que favorece el trabajo en equipos multidisciplinarios en AIY, y a decir de informes de la empresa, se aplican conceptos de AIY en los proyectos de Burgos y optimización de Cantarell. [16]

2000: De cara al siglo XXI con importantes avances en la tecnología en el mundo hay un interés sobre el control y monitoreo en la operación de campos, surge la nanotecnología con potencial para la aplicación en caracterización de yacimientos, en la productividad de pozos y en la recuperación mejorada o terciaria. Se consolidan las tecnologías de pozos, con la intención de maximizar de la manera más profunda el contacto con el yacimiento.

En México a decir de Pemex (PEP) hay un intento por implantar las prácticas de la administración integral de yacimientos en los activos, en aras de obtener una mejora en el soporte de los mismos.

Se lleva a cabo en la documentación de los proyectos, la metodología FEL, además Pemex implementa laboratorios de campo Aceite Terciario del Golfo (ATG), y se trabaja en el desarrollo de estrategias de recuperación mejorada para la implementación a campos. [16].

Por último, Pemex resalta para esta década la aparición de la ley de Pemex, que en su momento facilita la participación de terceros en proyectos para la reactivación de campos marginales.

2000-2015: En la administración integral de yacimientos no hay cambios relevantes en este periodo de tiempo.

En el caso particular de Pemex (PEP), las prácticas de la administración integral de yacimientos se mantienen estáticas, y aun que existe un interés por tener mejoras en las prácticas de la AIY y su monitoreo, los esfuerzos de trabajo y avance se inclinan a las geociencias y disciplinas complementarias de la AIY que apoyan el conocimiento del yacimiento de mano con la tecnología, más no en las prácticas administrativas de la administración integral de yacimientos, entendiéndose por estas prácticas, flujos de trabajo, o implementaciones más modernas y complementarias a las implantadas a finales de los 80 y principios de los 90 recogidas de la filosofía de la AIY propias de Satter y Thakur.

Respecto a estos periodos de tiempo la **figura 10** ilustra la evolución de las prácticas de la administración Integral de Yacimientos en México:



Figura 10: "Evolución de las prácticas de la Administración Integral de Yacimientos en México".
García, H. F. "Administración de yacimientos en Pemex Exploración y Producción" PEMEX, PEP, Octubre 2014.

1.5 Retos y oportunidades a corto y mediano plazo en México.

La administración integral de yacimientos se enfrenta a retos complejos e importantes oportunidades a corto y mediano plazo. Uno de los grandes retos que se presenta actualmente es el mantenimiento de la producción y el incremento del factor de recuperación de aceite. Con respecto al mantenimiento de la producción, la fuerte declinación de la producción de aceite del complejo Cantarell experimentada a partir de 2005 ha impuesto el reto de mantener la producción de aceite en niveles de 2.5MMBD. [16]

Algunas oportunidades que la administración integral de yacimientos tiene en el área de yacimientos maduros y naturalmente fracturados es que existe la posibilidad de generar un mantenimiento, optimización de sistemas artificiales de producción, implementar mecanismos de recuperación secundaria, y llevar a cabo procedimientos de monitoreo continuo. En el ámbito de los campos maduros de arenas, el mejoramiento en la productividad es una oportunidad importante así como la optimización de sistemas artificiales de producción y de recuperación secundaria. Para los yacimientos de aceite pesado y extra pesado la máxima oportunidad está en el mejoramiento de la productividad.

1.6 Aportes PEP a la administración integral de yacimientos

PEMEX Exploración y Producción (PEP) reporta que para la presente década, la administración integral de yacimientos entre sus aportaciones referidas al conocimiento del yacimiento y tecnología, se puede resaltar por ejemplo [16]:

La evaluación petrofísica para carbonatos fracturados, proceso realizado mediante la estimación de la porosidad de las fracturas (flujo) con base en un exponente de cementación (matriz-fracturas) variable y la evaluación del modelo considerando el exponente de cementación de la matriz, teniendo como resultado la obtención de un volumen original de aceite en fracturas. La caracterización dinámica de yacimientos, metodología que define el problema (Análisis de caracterización

dinámica en condiciones pseudo-estacionarias), Analiza la información a nivel de yacimiento, y cuyos resultados hacen posible estimar el tamaño de acuífero.

Entre muchas otras, el análisis de curvas de declinación con interferencia de pozos, estimación volumétrica de un yacimiento naturalmente fracturado volumétrico, estudio de balance de materia para doble porosidad, etc.

1.7 Cuerpo de gobierno de la administración integral de yacimientos en México.

Actualmente se puede decir, según PEMEX (PEP), que existe carencia de un marco normativo que regule a nivel de Pemex Exploración y Producción el proceso de Administración Integral de Yacimientos con lineamientos técnicos, estándares e indicadores de eficacia, eficiencia y calidad. [16]

En Pemex Exploración y Producción se han creado documentos conocidos como los “ABC de la Administración Integral de Yacimientos” y se ha incluido a la disciplina de la administración integral de yacimientos como medio de soporte en la cadena de valor.

En miras al futuro y con un extenso trabajo por hacer, PEMEX refiere la búsqueda de generación de un modelo de indicadores de la AIY y también un tablero de control automatizado en función de dichos indicadores, así como un documento de plan de AIY por cada yacimiento. [16]

1.8 Proyectos en la frontera del conocimiento para la AIY en México.

Los proyectos que se vislumbran para un futuro cercano y que se encuentran en la frontera del conocimiento del estado del arte de la disciplina de la Administración Integral de Yacimientos en México se representan esquemáticamente en la **figura 11**:



Figura 11: "Proyectos en la frontera del conocimiento de la Administración Integral de Yacimientos"
 Imágenes fuente: PEMEX, PEP, "Administración de yacimientos en Pemex Exploración y Producción"
 PEMEX, PEP, Octubre 2014.

CAPÍTULO 2: EL PROCESO ADMINISTRATIVO

2.1 Definición de administración.

La palabra administración viene del latín ad: “Hacia”, “dirección”, “tendencia” y minister: “Subordinación”, “obediencia”, “al servicio de” y significa: “Aquel que realiza una función bajo el mando de otro”, es decir; “Aquel que presta un servicio a otro”, “estar al servicio de otro” [19]

Porter define la administración como el proceso de estructurar y utilizar conjuntos de recursos orientados hacia el logro de metas, para llevar a cabo las tareas en un entorno organizacional [24], Coulter aporta que la administración es la coordinación de actividades de trabajo de modo que éstas se realicen de forma eficiente y eficaz con otras personas y a través de ellas [25, 30]. De manera conceptual y concreta la administración se puede definir como la disciplina encargada de la realización de una gestión de los recursos (humanos o materiales) en base a criterios sólidos, orientada a satisfacer un objetivo.

2.1.1 Principios de la Administración.

Los principios de la administración son verdades fundamentales para la aplicación general, que fungen como lineamientos a observarse en la acción administrativa, destacando los siguientes: [20]

- Factibilidad: Lo que se planea ha de ser realizable.
- Objetividad y Cuantificación: Necesidad de usar estadística, estudios de mercado, cálculos matemáticos, probabilísticos, y datos numéricos, al elaborar los planes para recurrir al mínimo de los riesgos.

[19] Chiavenato Idalberto, *Introducción a la teoría general de la administración*, 7a. ed., McGraw-Hill Interamericana, 2004, p. 10.

- Flexibilidad: Necesidad de tener márgenes de acción que permitan llevar a cabo o solucionar situaciones imprevistas.
- Unidad: Todos los planes de una empresa se deben de integrar en un plan general que se dirija al logro de metas y objetivos.

2.2 Universalidad del proceso administrativo.

El proceso administrativo reúne las técnicas a través de las cuales el conjunto de actividades que realiza una empresa siguen un orden sistemático, tomando en cuenta las necesidades existentes y recursos que posee para optimizar la realización de las mismas en el tiempo previsto [20]. Tiene una aplicación universal, por lo que sostiene la hipótesis de que éste puede ser utilizado por los administradores y gerentes, no importando el tipo de empresa, proceso, o actividad que se trate. Mediante este proceso, varios profesionistas o grupos de personas trabajan juntas para el logro de objetivos comunes.

2.2.1 Definición del proceso administrativo.

Un proceso es un conjunto de pasos o etapas necesarios de llevarse cabo para ejecutar una actividad o para lograr un objetivo. El proceso administrativo es un conjunto de fases o etapas sucesivas a través de las cuales se puede llevar a cabo la administración, mismas que se interrelacionan y forman un proceso integral. [20]

En palabras de *Henry Fayol*, ingeniero turco popularmente conocido como el padre de la administración clásica (1841-1925), la administración es una unidad abstracta dirigida por reglas y autoridad que justifica su existencia a través del logro de objetivos. En este sentido, si la administración quiere cumplir con sus objetivos debe

[20] Solval V.J.M "El Proceso Administrativo", recurso electrónico, consultado Enero de 2015.

planear, organizar, dirigir, y controlar. Muchos autores como Koontz y O'Donnell, G.R Terry, Agustín Reyes, el mismo Henry Fayol y otros, además de muchas escuelas como la de Scanlan, Massie y Dale han propuesto esquemas distintos de administración; sin embargo, bajo variantes mínimas, el esquema más simple, para la descripción del proceso administrativo se ilustra en la **figura 12** en donde las funciones del administrador deberán ser: la planeación, la organización, la dirección y el control. [21]

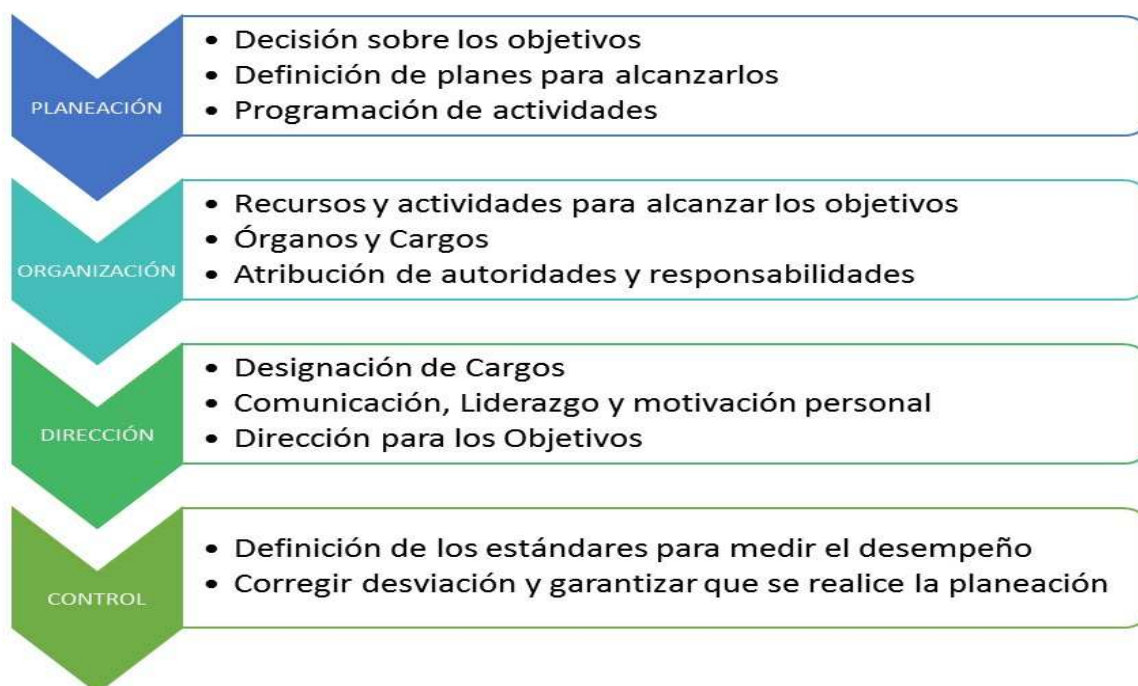


Figura 12: "Fases del Proceso Administrativo" y "Funciones del Administrador".
Solval V.J.M "El Proceso Administrativo", recurso electrónico, consultado Enero de 2015.

La administración corporativa es responsable de comunicar las metas y objetivos a sus administradores. Hellriegel [22] hace hincapié en la importancia de establecer objetivos en las organizacionales de gestión corporativa. Estos objetivos cuando se vinculan entre los distintos niveles de la organización, actúan como una ayuda en la

[21] Bustos F.E. "Proceso Administrativo", Instituto Politécnico Nacional, Junio, México 2003.

[20] Solval V.J.M Op. Cit.

[22] Hellriegel, D. y Slocum, J.W. Jr.: "Management", 4th ed., Addison-Wesley Publishing Co., Reading, MA (1986) 1214, 186-188.

planificación y ayudan también en la evaluación y el control de las operaciones. También ayudan a dirigir y motivar al personal.

Debido a su naturaleza, el proceso administrativo generalmente se compone de dos fases: La fase mecánica y la fase dinámica. [20]

Mecánica: Comprende y se encarga de la planeación, pues considera la organización referente a qué cosas son las que se van a realizar en el proceso. En esta fase se llevan a cabo planes, programas y presupuestos, etc., apoyándose de organigramas, recursos y funciones, entre otros.

También pueden agruparse la planeación y la organización. En la parte de la planeación se contempla la ubicación de propósitos, estrategias, políticas, programas, presupuestos, procedimientos, etc. Y en la parte de la organización se contempla la división del trabajo, de la coordinación, la jerarquización y la descripción de funciones.

Dinámica: Se encarga de la toma de decisiones, la integración, la motivación, la comunicación y la supervisión. Es en esta parte donde la dirección se encarga de ver que se estén llevando a cabo las tareas asignadas. Además, es la encargada del control, es decir, debe observar cómo se han realizado las actividades, qué fue lo que se hizo y comparar los resultados. En la **figura 13** se ilustran las fases Mecánica y Dinámica del proceso administrativo:

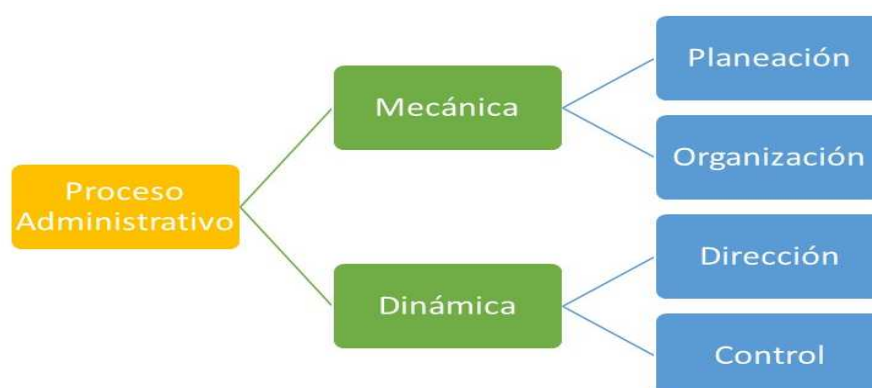


Figura 13: "Partes Mecánica y Dinámica del Proceso Administrativo".
Solval [20]

2.2.2 Ventajas del proceso administrativo.

El proceso administrativo posee muchas ventajas que lo hace aplicable para la consecución de cualquier propósito. Algunas son las siguientes: [20]

- Proporciona fundamentos y promueve el entendimiento de lo que es la administración.
- Se tiene flexibilidad. Si bien es aplicable en muchas situaciones, se da al usuario un margen para adaptarlo a un conjunto particular de situaciones.
- El proceso ayuda al gerente del proyecto o al administrador a que analice y entienda los problemas y lo lleven a determinar los objetivos y los medios para alcanzarlos.

2.3 Planeación.

La planeación es la actividad primera del proceso administrativo. En ésta se fijan tiempos y se detalla un plan a seguir con respecto a las unidades que se involucran y se plantean en los objetivos. [20]

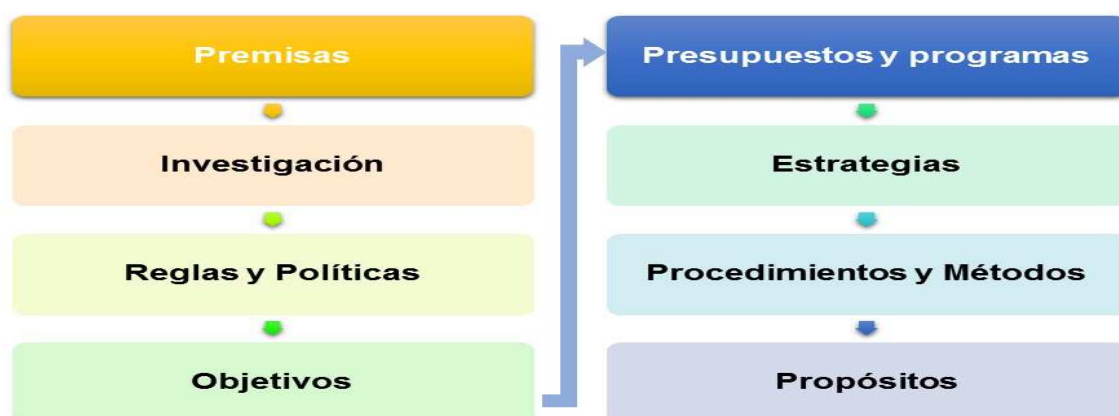
La planeación se apoya de la previsión, que consiste en definir técnicamente lo que se desea lograr en una empresa a través de la realización de estudios, la investigación, la valoración de cuáles serán las condiciones en que dicha empresa habrá de encontrarse e incluso los diversos cursos de acción a seguir en un futuro. [20]

La planeación en cuanto al periodo de tiempo que comprende, divide los planes, en corto, mediano y largo plazo.

- Corto Plazo: Menor o Igual a un año
 - Inmediatos: hasta seis meses
 - Mediatos: Mayor de seis o menos de doce meses.
- Mediano Plazo: De uno a tres años
- Largo plazo: Mayor a tres años

2.3.1 Elementos de la planeación.

La planeación constituye una parte importante en el proceso administrativo y se separa en elementos, mismos que deben ser considerados, pensados, constituidos y ejecutados para que el proceso de planeación sea llevado avante durante todo el proyecto. En la **figura 14** se ilustran los elementos a considerar para llevar a cabo una planeación acertada.



*Figura 14: "Elementos de la Planeación Integral de Yacimientos".
Solval [20]*

Premisas: Las premisas son suposiciones que se deben considerar ante aquellas circunstancias o situaciones futuras que de alguna manera pueden afectar el curso en que se va a desarrollar el plan y estas por su naturaleza pueden ser: [20,23]

- Internas : Están o se originan dentro de la empresa y pueden influir en el logro de los propósitos
- Externas: Su origen es ajeno a la empresa, pero pueden tener un efecto decisivo en el desarrollo de las actividades y pueden ser de tipo: Político, legal, económicas, sociales, técnicas, otras.

[20] Solval V.J.M Op. Cit.

[23] Koontz H., H. Weihrich, "Administración, una perspectiva global", E.U.A., Ed. MacGraw-Hill, 1998.

Investigación: Mediante el método científico, procura obtener información con el objeto de describir y predecir el comportamiento de la unidad que será administrada.

Reglas y políticas: Se generan y aplican al procedimiento o método, son normas de acción específica y definida, las reglas son absolutas, no se rompen o moldean, simplemente se eligen o no siempre y cuando sean aplicables.

Las políticas guían la acción, son lineamientos generales establecidos para la observancia de la toma de decisiones y tratan sobre problemas que se repiten constantemente en una organización.

Objetivos: Son los resultados que la empresa busca y espera llevar a cabo en un tiempo específico, se clasifican en:

- a) **Estratégicos:** Comprenden a toda empresa y son establecidos a largo plazo.
- b) **Técnicos o departamentales:** Comprenden un área de la empresa y se establecen a corto o mediano plazo.
- c) **Operacionales o específicos:** Que se establecen a corto plazo y comprenden sectores específicos. [20]

Presupuestos y programas: Los presupuestos son el reflejo en dinero de los resultados esperados. Es un instrumento de control que consolida los planes de la empresa. Los presupuestos pueden ser específicos, es decir, que establecen una suma de dinero como límite para gastar o invertir en una actividad o en un programa. Los presupuestos también pueden ser fijos, es decir, que no cambiarán así cambie la venta o la producción. Y los presupuestos flexibles o variables, son aquellos en que se consideran cambios y fluctuaciones en los presupuestos dependiendo de la venta o la producción. [20]

Los programas son planes que hacen referencia al tiempo necesario para realizar cada una de las partes establecidas.

Estrategias: Son cursos de acción general o alternativas que muestran la dirección y el empleo general de los recursos y esfuerzos para lograr los objetivos en las

condiciones más beneficiosas o convenientes. Las estrategias para que cumplan al pie con lo que persiguen, deben caracterizarse por las siguientes características:

- Ser consistentes y contribuir al objetivo
- Claras
- Deben tener memoria (deben considerar experiencias pasadas, para tener un mayor número de cursos de acción a seguir en el caso de presentarse una adversidad.)
- Deben analizar en sí mismas las consecuencias que desencadenarían de llevarse a cabo.

Procedimientos y métodos: Detallan de forma profunda y exacta la forma en la que se van a desarrollar las actividades. Son una guía de acción frecuente en niveles de operación y se aplican en actividades específicas para la realización de metas bien definidas. [20]

Los métodos son una guía paso a paso de cómo el procedimiento puede llevarse a cabo y de la mejor manera posible. Con el empleo de métodos adecuados, el gerente de proyectos o el administrador lograrán una mayor eficiencia y generarán bases para comparar y evaluar al personal de forma uniforme.

Propósitos: Estos son, como se ha mencionado anteriormente, el fin o los fines máximos que se persigue de forma permanente o parcial. Los propósitos tienen que ser [20]:

- Básicos y trascendentales, pues son la base de los demás elementos
- Genéricos o cualitativos, no están expresados en términos numéricos.
- Definidos en tiempo. Permanentes, si están vigentes durante toda la vida de la organización. Semipermanentes si abarcan solo un periodo.

2.4 Organización

La organización es la estructura técnica referida a las relaciones que deben darse entre las jerarquías, funciones y obligaciones individuales necesarias en una organización para su mayor eficiencia. La organización es el establecimiento de la estructura necesaria para la sistematización racional de los recursos mediante la determinación de jerarquías, disposición, correlación y agrupación de actividades con el fin de poder realizar y simplificar las funciones del grupo social. [20]

Su propósito es contribuir a que los objetivos sean importantes y favorezcan la eficiencia en la organización

2.4.1 Importancia de la organización

La importancia de la organización es muy grande pues establecerá los límites y las actividades a realizarse, es importante resaltar que para la consecución de dicha organización se deberán presentar las siguientes características:

- Es continua: Las necesidades y los recursos están sujetos a cambios constantes (expansión, contracción).
- Medio por el cual se establece la mejor manera de lograr los objetivos.
- Proporciona los métodos ideales para llevar a cabo las actividades de forma eficiente con el mínimo de esfuerzo.
- Acelera y evita errores e ineficiencia en las actividades, reduciendo los costos e incrementando la productividad.
- Delimita funciones y responsabilidades: Reduce la duplicidad de esfuerzos.

2.4.2 Elementos de la organización

La organización se compone de elementos que la describen y conceptualizan para aplicarse en cualquier proyecto, la **figura 15** ilustra los elementos de la organización.



*Figura 15: "Elementos de la Organización".
Solval [20]*

Estructura: Se refiere al establecimiento del marco fundamental en el que se desarrollaran las actividades, establece la disposición y la correlación de las funciones, jerarquías y actividades necesarias para lograr los objetivos.

Sistematización: Se encarga de las actividades y recursos y también de la coordinación racional de los mismos para facilitar el trabajo y la eficiencia. Agrupa y asigna las responsabilidades.

La sistematización surge de la necesidad de agrupar, dividir y asignar funciones a fin de promover la especialización.

Jerarquía: Nace por la necesidad de establecer niveles de autoridad y responsabilidad dentro de una empresa. Fija la autoridad y la responsabilidad de cada miembro en cada nivel.

Simplificación de funciones: Establece los métodos más sencillos para realizar un trabajo de la mejor manera posible supervisando las actividades necesarias para lograr el fin general.

2.5 Dirección

La dirección es una parte importante del proceso administrativo, pues coordina las acciones que cada uno de los miembros y grupos de la empresa deben seguir, y esto se lleva a cabo con el fin de que en conjunto se lleven a cabo los planes de manera eficiente.

Esta etapa también es conocida como ejecución, comando o liderazgo [20], y es una función de trascendencia pues la dirección en sí soporta y lidera a la administración en sí misma.

La dirección influye en las personas, llevándolas a contribuir en la consecución de las metas de la organización. Implica mandar, influir y motivar a los empleados para realizar tareas esenciales. Es la supervisión cara a cara con los miembros de trabajo involucrados en las actividades diarias.

Es importante decir que el administrador debe ser considerado por separado de sus subordinados, y éste debe tomar los recursos humanos y otros recursos de tipo material que se le asignaron desde la gerencia para salir adelante de los problemas y solucionarlos para satisfacer las necesidades y alcanzar la meta. Pues si no lo hiciera, se presentarían conflictos y fracasos que podrían poner en riesgo el proyecto, o negocio.

2.5.1 Importancia de la dirección

La dirección es trascendental porque pone en marcha los lineamientos que se establecieron durante la planeación, la organización porque es a través de ella que se lograrán las formas de conducta más deseables en los miembros de la estructura organizacional. Entre muchos aspectos la dirección es importante por los siguientes puntos [20]:

- Determina la moral de los empleados y su productividad.
- Tendrá una mejor calidad, mientras más objetivos se logren, y mientras más eficientes sean los sistemas de control.

- Establece la comunicación necesaria para que la organización funcione.

2.5.2 Etapas de la dirección

Las etapas de la dirección están orientadas al administrador y niveles gerenciales y se aplican o llevan a cabo para dirigir al equipo hacia un punto determinado, sus etapas se ilustran en la **figura 16**:



Figura 16: "Etapas de la Dirección".
Solval [20]

Toma de decisiones: Es la elección de un curso de acción o alternativa. Para la toma de decisiones se lleva a cabo un análisis del problema y sus alternativas de solución para aplicar la decisión a la mejor alternativa.

Integración: En cuanto al personal se refiere a la selección de candidatos con las mejores alternativas de desarrollo de funciones.

Motivación: Es una parte importante de la dirección pues con ella se lleva a cabo la ejecución del trabajo de forma satisfactoria, acorde con las normas o patrones de conducta esperados.

Comunicación: Es un elemento de vital importancia pues involucra a los individuos no sólo como comunicadores sino también como receptores de la información que se les proporcione.

Supervisión: Se trata de vigilar y guiar a los subordinados, para que lleven a cabo sus actividades adecuadamente.

2.6 Control

El control consiste en establecer los sistemas que le permitan al administrador o la gerencia, medir los resultados actuales y pasados con la finalidad de saber qué es lo que se ha obtenido, qué es lo que se espera corregir, mejorar y formular.

Esta función de la administración consiste en medir y corregir el desempeño individual y también el organizacional para asegurar que los hechos se ajusten a los planes y objetivos de la empresa. Implica medir de forma rigurosa el desempeño en comparación con las metas y los planes, muestra en donde existen desviaciones con los estándares y ayuda a corregirlos. [20]

El control lleva al logro de los planes, y éste le permite al administrador tener los medios adecuados para verificar que los planes ya definidos se implanten de forma correcta.

El control se fundamenta en la retroalimentación como camino para obtener información comparada del desempeño de todos los elementos del sistema para iniciar acciones correctivas pertinentes.

El control es la última función en el proceso administrativo. Al igual que la planificación el control se ejecuta de manera continua. Se identifican los tipos de control como sigue:

1. Control preliminar (A través de la alimentación adelantada).
2. Control coincidente (A través de informes periódicos de desempeño).
3. Control por retroalimentación (Hace uso de la información de los resultados anteriores para corregir posibles desviaciones futuras de estándar aceptable).

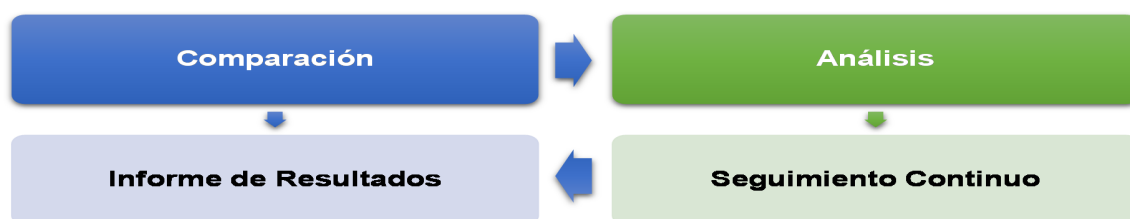
Se ejerce la vigilancia mediante la observación y los informes, y se concluye una acción a posteriori de replanificación concentrada en la atención de los resultados pasados para actividades futuras.

Sus principios Básicos son: [20]

- Señalar niveles de cumplimiento; Establecer niveles aceptables de producción, cuotas, ventas, etc.
- Verificar el desempeño en intervalos de tiempo regulares (cada hora, día, semana, mes, año).
- Determinar si existe una variación considerable de los resultados esperados, y si la hubiera tomar medidas como una mayor instrucción, sino continuar las actividades normalmente.

2.6.1 Etapas del control

El proceso de control tiene etapas que ayudan a vigilar las actividades periódicas del negocio y de cada centro de responsabilidad, las fases de esta etapa se ilustran en la **figura 17**:



*Figura 17: "Etapas del Control".
Solval [20]*

Comparación: Se refiere a comparar el desempeño con las metas y normas planificadas.

Informe de resultados: Prepara un informe de desempeño que muestra resultados reales.

Análisis: Analiza variaciones y operaciones para determinar las causas de estas.

Selección: Hace una selección del menú de alternativas, para ponerlas en práctica.

Seguimiento continuo: Hace un seguimiento para evaluar la efectividad de la corrección; Continúa con la alimentación adelantada para efectos de replantificación.

CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DEL PROCESO DE LA ADMINISTRACIÓN INTEGRAL DE YACIMIENTOS

3.1 Bases del proceso de la administración integral de yacimientos

El proceso de la administración integral de yacimientos consiste en establecer un propósito o una estrategia y el desarrollo de un plan de explotación basado en la información disponible, el cual debe ser implementado y monitoreado constantemente, así como evaluado, y retroalimentando al plan en forma continua.

Ninguno de los componentes de dicho proceso es independiente de los otros. La integración de éstos es esencial para el éxito de la administración integral de yacimientos. El administrador del yacimiento debe saber integrar dichos componentes, comunicar las decisiones y planear las actividades en respuesta a los objetivos deseados.

Es importante que exista una comunicación efectiva, un diálogo abierto entre los integrantes de los equipos de trabajo, así como entre las diversas disciplinas, constituyendo de esta manera verdaderos equipos de trabajo, integrando y compartiendo sus conocimientos. [4,13]

A decir de esto *Satter y Thakur* sostienen que la planeación es fundamental en la administración integral de yacimientos, la cual es el resultado de una visión, de la consecución de metas y objetivos [4]. El administrador y su equipo siempre deben tener en cuenta todos los eventos que podrían ocurrir a lo largo de la explotación del yacimiento, así como las opciones y alternativas que pudieran ser implementadas, evaluando las consecuencias económicas de cada una de ellas.

El plan de administración se mejora cuando se obtiene nueva información durante las etapas de monitoreo y evaluación, ya que éste debe ser constantemente actualizado y refinado, de manera tal que se hagan los ajustes necesarios para lograr el mayor beneficio económico, considerando la disponibilidad de recursos y

la demanda del mercado, lo cual impone al proceso un carácter dinámico y cíclico. [4,13]

Wiggins y Startzman [5] definen el proceso de administración de yacimientos considerando las etapas globales de toda actividad administrativa:

- 1) Definición de metas y objetivos.
- 2) Creación del plan de operaciones para alcanzar las metas y objetivos.
- 3) Monitoreo y control de las operaciones.
- 4) Auditoria de resultados.

Satter y colaboradores [4] enmarcan tareas de la administración integral de yacimientos, las cuales son:

- 1) Definición de objetivos.
- 2) Formulación del plan de desarrollo.
- 3) Implantación del plan.
- 4) Monitoreo.
- 5) Evaluación del plan.
- 6) Revisión del plan.
- 7) Conclusión del proceso que se da con el abandono del yacimiento.

De acuerdo a lo anterior, la **figura 18** ilustra las etapas para el proceso de la administración integral de yacimientos.

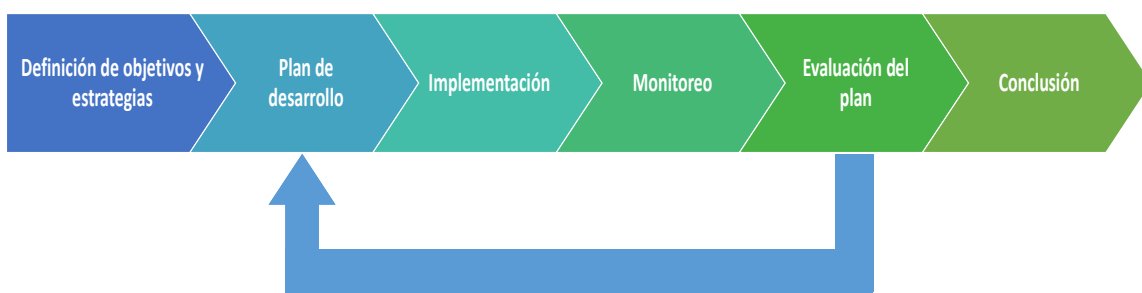


Figura 18: "Proceso de la administración integral de yacimientos".

Figura modificada de Thakur, y P.C. N., "Administración Integral de Yacimientos: Enfoque Moderno de Trabajo en Equipo".

3.2 Etapas del proceso de la Administración Integral de Yacimientos

3.2.1 Definición de objetivos y estrategias

En esta etapa se reconocen las necesidades y se definen las estrategias y objetivos basado en lo siguiente: [4]

- Características del yacimiento.
- Entorno Total.
- La tecnología disponible.

La comprensión de cada uno de estos elementos es el requisito previo para el establecimiento de estrategias a corto y largo plazo para la administración de yacimientos.

Existen dos tipos de objetivos: [13,14]

- a) El objetivo general de la administración integral de yacimientos, consiste en maximizar el valor económico asociado a la recuperación de hidrocarburos de un yacimiento. Este objetivo, tiene un carácter global y de largo plazo, se consigue mediante la ejecución de tareas (objetivos específicos).
- b) Los objetivos específicos que se establecen a lo largo del tiempo conforme a los requerimientos de las etapas por las que atraviesa el yacimiento en su vida productiva. Este tipo de objetivos deben ser realistas y alcanzables; Para establecerlos es indispensable entender y considerar las características del yacimiento y sus necesidades futuras, así como el ambiente en que opera y la tecnología disponible.

Antes de comenzar a definir los objetivos específicos y el conjunto de estrategias a emplear es importante decir que se deben tener en cuenta los componentes de la administración integral de yacimientos mencionados en el capítulo 1, referidos al conocimiento del yacimiento, el ambiente de administración y la tecnología disponible pues del conocimiento de cada uno de estos elementos, se tendrá la clave para establecer las estrategias a corto y largo plazo.

El éxito de la administración integral de yacimientos también depende del desarrollo en la tecnología, así como la ya existente, que puede ser empleada para caracterizar los yacimientos, mejorar la eficiencia en las operaciones y mejorar los procesos de recuperación de hidrocarburos, etc. [4]

El ambiente de administración. También es conocido como clima de negocios y se refiere a actividades como por ejemplo; la oferta y la demanda de hidrocarburos, los precios de aceite y del gas, la inflación, capital, etc., ya que todos estos factores tienen gran influencia en la toma de decisiones y son factores dinámicos más que estáticos, por lo que se deben incluir en el plan de administración integral de yacimientos. Algún cambio significativo en cualquiera de estos factores del ambiente de negocios, puede ser la causa para la revisión del plan. [4,13]

En el desarrollo de estrategias y efectividad de la administración integral de yacimientos es importante señalar que se debe tener un profundo entendimiento de otros elementos, como son: Seguridad y regulaciones ambientales, metas, cultura, esfuerzo de los miembros del equipo, actitud y el conocimiento del entorno que influye en la toma de decisiones. [4]

3.2.2 Plan de desarrollo.

En esta etapa se identifican de manera integral las mejores opciones para que sean implantadas en el yacimiento y se evalúan las consecuencias económicas de sus resultados. Es común utilizar por ejemplo la simulación numérica para analizar las opciones de explotación más viables en un yacimiento. De esta manera es posible generar diversos escenarios factibles de desarrollo/explotación y evaluar sus implicaciones técnicas y económicas, para luego definir el plan que en largo plazo cumpla con los objetivos de administración. Todo esto con la participación de los integrantes del equipo multidisciplinario en el que estén representadas todas las especialidades que intervienen en el desarrollo y explotación de un yacimiento. El plan debe contemplar todas estas disciplinas, tal como se muestra en la **figura 19**:

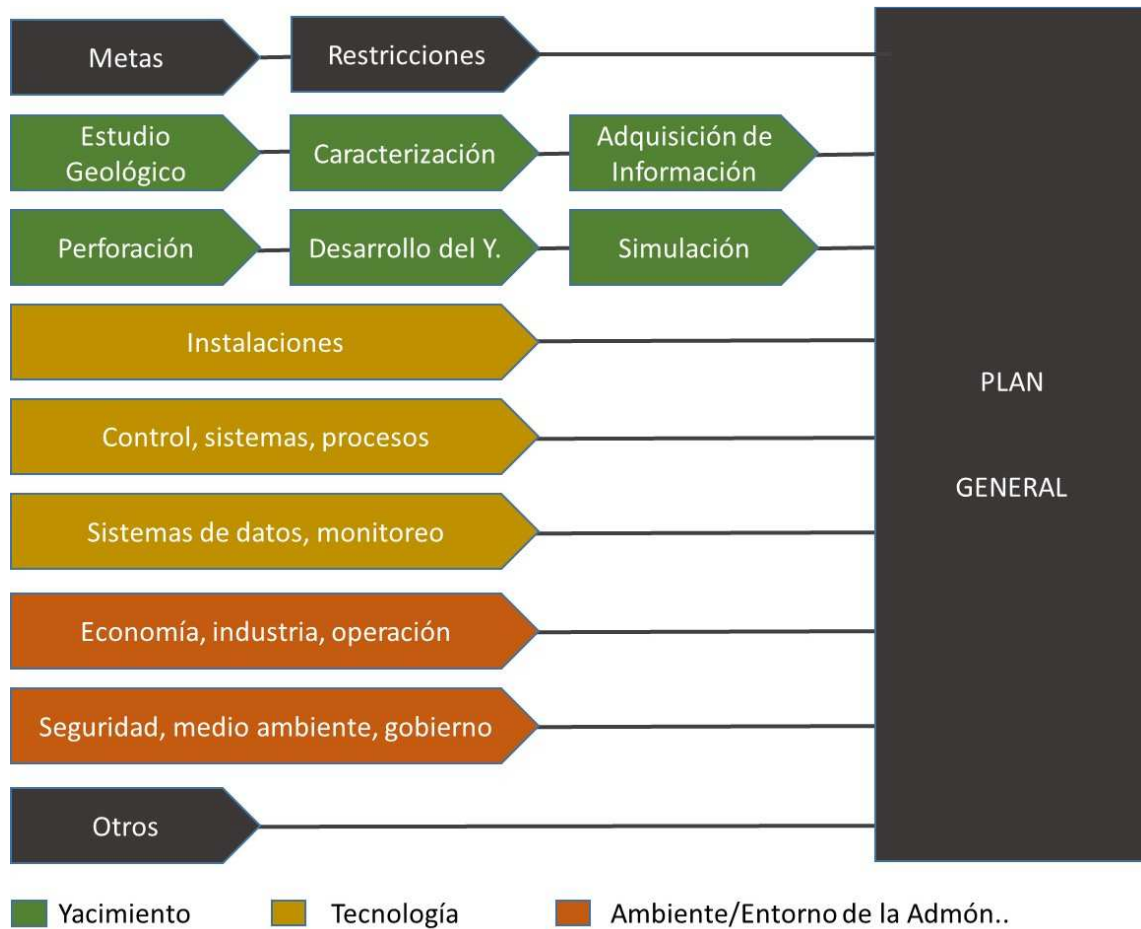


Figura 19: "Plan General de Administración Integral de Yacimientos".

Figura modificada de Pérez S., N.: "Administración de Yacimientos", y Peregrino. N., "Administración Integral de Yacimientos: Enfoque Moderno de Trabajo en Equipo".

Las estrategias de desarrollo y abandono dependerán de la etapa de vida en la que se encuentre el yacimiento.

En caso de un nuevo descubrimiento, será necesario dirigir las preguntas con el fin de saber cuál será el mejor desarrollo del campo tendrá que analizarse condiciones y fenómenos relacionados con el espaciamiento entre pozos, número de pozos, métodos de recuperación tanto primaria como secundaria y terciaria y/o mejorada. [4,13]

3.2.3 Características del plan de la administración integral de yacimientos

Un plan de administración integral de yacimientos proporcionará la pauta sobre la vida del yacimiento. Los objetivos específicos de cualquier plan dependerán del alcance necesario de éste, la etapa en curso del desarrollo del yacimiento y del tipo y escala de las decisiones requeridas [4, 13], como la implementación de un proceso de evaluación de potencial, optimización de la producción e inyecciones locales, nuevas instalaciones o equipos tecnológicos, etc.

El plan debe especificar las actividades de monitoreo y supervisión, incluyendo tipos de datos, construcción de la base de datos, análisis y proceso de datos, así como su tolerancia. De igual manera debe recomendar revisiones futuras basadas en criterios específicos, semejantes al comportamiento de los volúmenes de la producción o inyección de fluidos. [4,13]

El plan de desarrollo y explotación deberá ser flexible y modificarse a la luz de nueva información generada, como se mencionó previamente. Al descubrirse un yacimiento su información es limitada; Comúnmente se reduce a datos sísmicos, registros geofísicos, núcleos, pruebas de pozos (presión/producción) obtenidos del pozo exploratorio, y datos de fluidos del yacimiento.

La descripción que de él se tiene en esta etapa es incierta y consecuentemente las decisiones que se toman son de mayor importancia, tales como el dimensionamiento de las instalaciones de producción, número de pozos a perforar, etc. Este tipo de decisiones son las que conllevan al mayor riesgo.

Al final de la explotación del yacimiento se cuenta con la mejor caracterización, pues durante el tiempo de explotación y desarrollo del yacimiento se ha tenido la oportunidad de recolectar gran cantidad de información, sin embargo en esta etapa poco puede hacerse para influir en la rentabilidad total del yacimiento, debido a que las principales decisiones para su explotación ya fueron hechas. Por lo que el plan de explotación debe revisarse continuamente durante toda la vida del yacimiento, ya que al incorporar nueva información, el modelo teórico se ajusta y las

predicciones de producción y económicas tienen cada vez mayor grado de confiabilidad. [4,13]

Entre otras características, el plan debe contemplar lo siguiente: [4,13]

1. Señalar claramente las metas que deberán cumplirse para llegar al objetivo final.
2. Establecer las limitaciones técnicas, jurídicas, económicas, ecológicas, etc., bajo las cuales se va a llevar a cabo la administración.
3. Desarrollar un estudio que contenga información sobre la geología regional, estratigrafía, estructura del yacimiento o partes que se van a administrar.
4. Caracterizar apropiadamente al yacimiento a fin de tener claro discernimiento macro y microscópico del mismo, así como un adecuado conocimiento del flujo de fluidos en el medio poroso.
5. Realizar estudios de desarrollo del yacimiento que conlleven a optimizar el número de pozos a perforar.
6. Optimizar la perforación y terminación de pozos, así como definir el mejor sistema sub-superficial de producción.
7. Diseñar el sistema superficial de producción que permita la adecuada explotación de los yacimientos.
8. Efectuar los estudios de simulación para predecir el comportamiento del yacimiento y establecer el ritmo de explotación apropiado para las características del mismo.
9. Establecer un estricto control de la explotación del yacimiento desde la etapa inicial.
10. Diseñar los parámetros de control para el monitoreo de las actividades.

3.3 Pasos en la construcción de la administración integral de yacimientos

Satter y colaboradores [4] proponen un plan de desarrollo que consiste de 8 etapas y que se muestra en la **figura 20**:

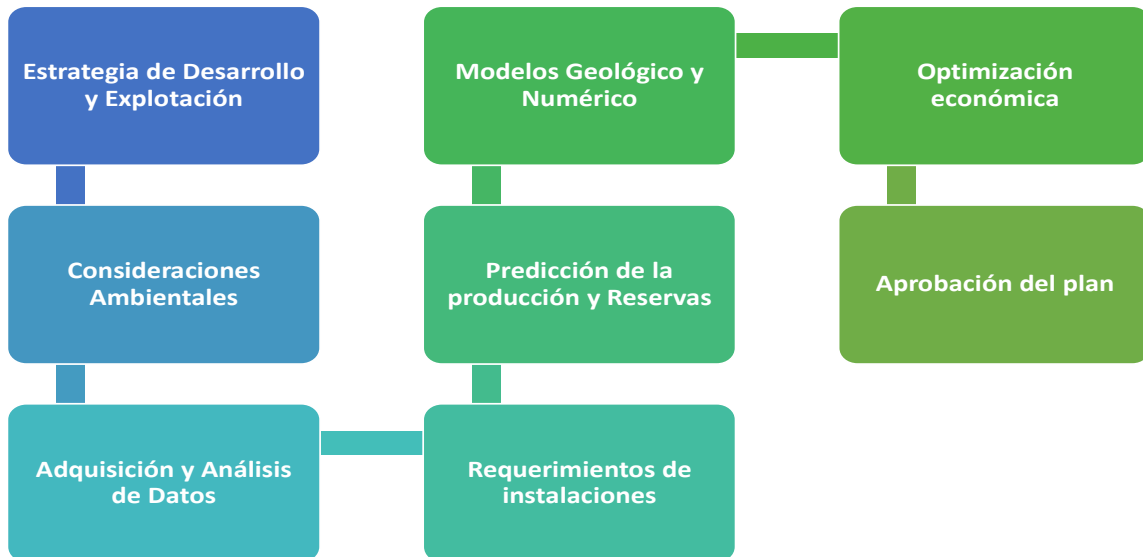


Figura 20: "Desarrollo del Plan".

Figura modificada de Thakur, y P.C. N., "Administración Integral de Yacimientos: Enfoque Moderno de Trabajo en Equipo".

Estrategias de desarrollo y agotamiento: Se refiere a establecer cómo se va a desarrollar el campo: espaciamiento entre pozos, número de pozos, esquemas de recuperación (primaria, secundaria, terciaria y/o mejorada), etc.

Consideraciones ambientales: Suceden en el desarrollo y en la operación de un campo, se tienen que incluir las consideraciones del medio ambiente y ecológico.

Adquisición y análisis de datos: El modelo del yacimiento se va conformando a partir de los datos disponibles y debe ir afinándose hasta el final de la explotación del yacimiento, lo que constituye un proceso continuo. Por lo que la medición, manipulación y análisis adecuado de la información es de vital importancia para el éxito de la administración integral de yacimientos.

Modelos geológico y numérico: El modelo geológico es derivado a partir de las mediciones de núcleos y registros de los pozos, extrapolados al yacimiento, usando tecnología, tales como geofísica, mineralogía, medio ambiente de depósito y diagénesis. El modelo geológico particularmente brinda la definición de las unidades geológicas y su continuidad, es una parte integral de la geo estadística y últimamente de los modelos de simulación de yacimientos.

Predicción de la producción y reservas: La viabilidad económica de un proyecto de recuperación de hidrocarburos es influenciada por el comportamiento de producción del yacimiento bajo las condiciones actuales y futuras de operación. Por lo tanto, la evaluación del comportamiento pasado y presente, así como el pronóstico de su futuro, es un aspecto esencial del proceso de la administración integral de yacimientos.

Requerimientos de instalaciones: Las instalaciones son el enlace físico con el yacimiento. Cualquier cosa que se realice al yacimiento, se hace a través de ellas. Éstas incluyen: perforación, terminación, bombeo, inyección, transporte y almacenamiento. El diseño y mantenimiento apropiado de las instalaciones, tiene un profundo efecto sobre la productividad del campo.

Optimización Económica: Se trata de tener en mente los pronósticos de precios de los hidrocarburos, tasas impositivas y costos de operación y mantenimiento para construir un modelo completo que permita simular diversos escenarios de explotación posibles.

La optimización económica es la meta final seleccionada por la administración integral de yacimientos. En la **figura 21** se presentan un esquema que ilustra los pasos involucrados en la optimización económica



Figura 21: "Pasos de la optimización económica".

Figura modificada de Thakur, *Administración Integral de Yacimientos: Enfoque Moderno de Trabajo en Equipo*".

Aprobación del Plan: Es el soporte de la alta dirección, gerencial y la confianza en el personal de campo, son esenciales para el éxito de un proyecto.

A decir de esto las actividades de una empresa se llevan a cabo en diferentes niveles jerárquicos, requiriendo para esto gerentes de diferente índole. A este respecto, la teoría organizacional reconoce 3 tipos de gerentes: Gerente de primera línea, gerente medio y alta gerencia. Estos se sostienen sobre una pirámide donde la base refiere a empleados sin un rango jerárquico elevado que se desempeñan en los departamentos que conforman a una empresa u organización.

Empleados: Desempeñan funciones que no son de gerencia, están insertados en las actividades de la organización y empresa.

Gerente de línea: Es el responsable del trabajo de los empleados que no son gerentes, a menudo pueden ser llamados supervisores, o también son conocidos como líderes de proyecto. Este gerente tiene el mismo trabajo que los empleados pero es él la cabeza del grupo.

Gerente medio: Mejor conocidos como administradores de activo, dirigen las actividades de los gerentes de niveles menores a éste y su responsabilidad consiste

en dirigir las actividades que ejercen las políticas de su organización y equilibrar las demandas de sus superiores y la organización en sí. Su trabajo es muy importante pues en ellos recae la realización de las actividades básicas en una empresa y la puesta en funcionamiento de estrategias y mejoras en las organizaciones.

Alta gerencia: Conformados por los subdirectores, director general ejecutivo, y el director, son un grupo pequeño de personas que son responsables de administrar toda la organización, ellos establecen las políticas de operación y dirigen la organización con su entorno.

Director Ejecutivo: es el gerente de mayor rango en toda la organización, éste toma las decisiones y dirige el rumbo de la empresa en conjunto con un consejo que se conforma por otros gerentes o especialidades de alto nivel, y se puede decir que éste es la cabeza de la compañía u organización.

Para ilustrar lo anterior en la **figura 22** se presentan un esquema de la pirámide organizacional de la gerencia.



Figura 22: "Pirámide organizacional de la gerencia. "
Figura modificada de: Jorge A. Marconi, habilidades y funciones gerenciales, Honduras, 2012

3.4 Implementación del plan de desarrollo

Una vez que el plan de desarrollo y explotación es aprobado por la alta dirección, deberán generarse los programas operativos, y proceder a su implantación.

La implementación es la parte más relevante del continuo proceso de la administración integral de yacimientos, en la que se conoce con mayor profundidad el yacimiento y se permite modificar o actualizar el plan general de administración.

Las operaciones en esta fase consisten principalmente de las actividades siguientes: [4,13]

1. Diseño, fabricación y montaje de instalaciones superficiales y subsuperficiales.
2. Desarrollo del programa de perforación y terminación de pozos.
3. Adquisición y análisis de datos: Registros de pozos, núcleos, datos de pruebas de presión, con el fin de mejorar la caracterización del yacimiento.
4. Diseño de una prueba piloto o la implantación a escala de campo de procesos de recuperación secundaria y/o mejorada de hidrocarburos.
5. Actualización continua de la base de datos.

Thakur [4] indica que la implementación exitosa de un plan requiere:

- Comenzar con un plan de acción, involucrando todas las funciones.
- Plan flexible.
- Apoyo de la alta dirección.
- Compromiso del personal de campo.
- Revisiones periódicas, involucrando a todos los miembros del equipo.

El primer paso implica comenzar con un plan de acción que involucre a todas las funciones. Es muy común por muchos administradores de yacimientos, esforzarse por idear un plan, pero este plan no involucra a todos los grupos funcionales. Así,

no todos los grupos adoptan estos programas y la cooperación entre diferentes funciones es inferior al nivel deseado.

Si un plan va a ser desarrollado e implantado en forma correcta, éste debe incluir a todas las disciplinas incluso a la gerencia.

El plan debe ser flexible. Aún si los miembros del equipo de administración de yacimientos preparan planes involucrando grupos funcionales, no se puede garantizar el éxito si éste plan no puede ser adaptado a las circunstancias del entorno de la administración (aspectos económicos, legales y ambientales). [4,13]

El plan debe tener soporte gerencial [4]. No sólo debe ser bueno técnicamente, sino que éste debe tener la anuencia o aprobación del más alto nivel gerencial. Sin ese soporte no será aprobado. Así, es necesario tener involucrada a la gerencia, desde “el primer día” [4].

El plan de administración de yacimientos, no podrá ser implantado apropiadamente, sin el soporte del personal de campo. El personal de campo también tiene que estar enterado y participar de este plan, a fin de que ellos también se entreguen al mismo. Es fundamental tener reuniones periódicas de revisión, involucrando a todos los miembros del equipo. La mayoría si no todas estas reuniones, deberán hacerse en las oficinas de campo. El éxito de estas reuniones dependerá de la habilidad de cada miembro del equipo de enseñar sus objetivos funcionales. [4,13]

3.5 Supervisión y monitoreo

La supervisión y el monitoreo del plan consiste en observar el comportamiento del yacimiento y determinar si concuerda con lo previsto en el plan de la administración.

Para que el programa de monitoreo sea exitoso, se requiere del esfuerzo coordinado de los diferentes grupos funcionales desde que inicia la producción del campo. Los ingenieros, geólogos, geofísicos, los profesionistas de otras disciplinas intrínsecos en las actividades y el personal de operaciones deberán trabajar conjuntamente con el apoyo de la administración. [4,13]

3.6 Evaluación del plan

La evaluación del plan se debe hacer periódicamente para asegurar que está siendo aplicado, que está trabajando y que continúa siendo válido. Puede pasar que el comportamiento del yacimiento no se ajuste exactamente al planeado, por lo que el equipo interdisciplinario deberá establecer criterios técnicos y económicos para determinar el éxito del proyecto. Dependiendo de la naturaleza del proyecto, se podría obtener un éxito técnico, pero un fracaso económico. [4,13]

Es importante decir que en el análisis final, el aspecto económico determinará el éxito o el fracaso del proyecto.

3.7 Revisión del plan

Los planes y objetivos deberán ser revisados cuando el comportamiento observado no concuerde con el esperado en el plan de administración o cuando las condiciones cambien. Se deben de responder preguntas, tales como [4]:

- ¿Está trabajando bien?
- ¿Qué necesita hacerse para que éste trabaje?
- ¿Qué podrá funcionar mejor?

A fin de que se pueda decir que se está practicando una administración integral de yacimientos adecuada.

3.8 Conclusión del plan

Finalmente, la conclusión del plan de administración de yacimientos ocurrirá con el abandono del yacimiento, cuando todos los planes de agotamiento hayan sido implantados.

3.9 Causas de fracaso del plan de administración integral de yacimientos

El fracaso se puede presentar en muchas ocasiones dentro de un programa de administración integral de yacimientos y en sentido estricto, este debería de ser

evitado, hay numerosas razones por las cuales los programas de administración integral de yacimientos fracasan; algunas de estas son [4]:

- Equipo de trabajo no integrado.
- Inicio tardío del proceso de administración integral de yacimientos.
- Falta de mantenimiento.

Equipo de trabajo desintegrado: Esto ocurre cuando una parte del sistema no está acoplado a un sistema integral (consistente en pozos, instalaciones superficiales y el yacimiento). Por ejemplo: se podrán hacer bien los estudios de fluidos y su interacción con la roca, pero al no considerar el pozo y/o el diseño del sistema superficial no se optimizará la recuperación de aceite y/o gas. Por lo tanto, la razón más importante por la que un programa de administración integral de yacimientos se desarrolla e implementa pobremente, se debe a que el esfuerzo del equipo de trabajo no esté integrado. [4]

Algunas veces las decisiones de operación se hacen porque los integrantes no reconocen la dependencia de un sistema sobre otro. También a veces, es porque los integrantes no tienen el conjunto de conocimientos requeridos en áreas críticas (esto es, geología y geofísica, ingenierías de perforación, yacimientos, producción e instalaciones superficiales).

Inicio tardío del proceso de la administración integral de yacimientos: Cuando la administración integral de yacimientos no se inicia a tiempo, esto puede ser cuando inicia dado a que sucedió una crisis, entonces el problema que hay que resolver, es mayor.

El inicio temprano de un programa de administración integral de yacimientos, coordinado, podría haber proporcionado mejores herramientas de monitoreo y evaluación y haber costado menos. Por ejemplo unas pocas pruebas durante la perforación, podrían haber ayudado a decidir si y dónde anclar la tubería de revestimiento. También realizando algunas pruebas tempranas podrían haber indicado el tamaño del yacimiento. Una definición y evaluación temprana del

sistema del yacimiento es un prerrequisito para una buena administración integral del yacimiento.

Falta de mantenimiento: De acuerdo con *Calhoun* se describió una analogía entre administración integral de yacimientos y salud.

De acuerdo con este concepto, no es suficiente para el equipo de administración determinar el estado de salud del yacimiento y después intentar mejorarlo. Una causa de la ineffectividad de la administración integral de yacimientos, es que la salud del sistema (pozo e instalaciones superficiales) no se ha mantenido desde el principio.

CAPÍTULO 4: CADENA DE VALOR DEL NEGOCIO PETROLERO

4.1 Definición de la cadena de valor del negocio petrolero.

Una cadena de valor empresarial, o simplemente conocida como cadena de valor, es un modelo teórico que permite la descripción del desarrollo de las actividades de una organización empresarial en el proceso de generación de valor al cliente final, concepto que fue descrito y popularizado a mediados de la década de los 80 por el ingeniero y economista estadounidense Michael Porter en su obra “Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance” (1985). [24]

La cadena de valor “Es la serie completa de actividades laborales de una organización, que añaden valor a cada etapa, desde la materia prima hasta el producto terminado” [25]

Posterior a los avances propuestos por Porter, la cadena de valor se usó como la base del pensamiento de una empresa. Se convirtió en una poderosa herramienta de análisis para la planeación estratégica, donde el objetivo final a seguir es maximizar la creación de valor mientras se minimizan los costos. De lo que se trata es de crear valor para el cliente en beneficio de una empresa. [23]

La cadena de valor es el conjunto de actividades de valor que decide realizar una unidad de negocio de una manera estratégica y competitiva, y determina las actividades distintivas que le permiten a la empresa u organización generar una ventaja competitiva.

El modelo subdivide o separa a la empresa en una serie de actividades primarias y de apoyo. Estas agregan valor a los productos y servicios.

[24] Porter, M. E. (1985) “*Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*”. Free Press, New York, 1985.

[25] S. Robbins, M. Coulter. “*Administración*”, Ed. Pearson, décima edición, México (2010)

Las actividades primarias están relacionadas generalmente con la producción y distribución del producto o servicio y son conocidas como núcleo (core business). O actividad “principal” o “esencial” de la organización. Las actividades primarias pueden ser referidas a la logística, operaciones, ventas, marketing y servicio. Las actividades de apoyo consisten en la infraestructura (administración y gerencia), los recursos humanos, la tecnología y las adquisiciones de la organización.

En la **figura 23** se presenta un esquema que ilustra el modelo de la cadena de valor que subdivide o separa a la empresa en actividades primarias (core business) y de apoyo.

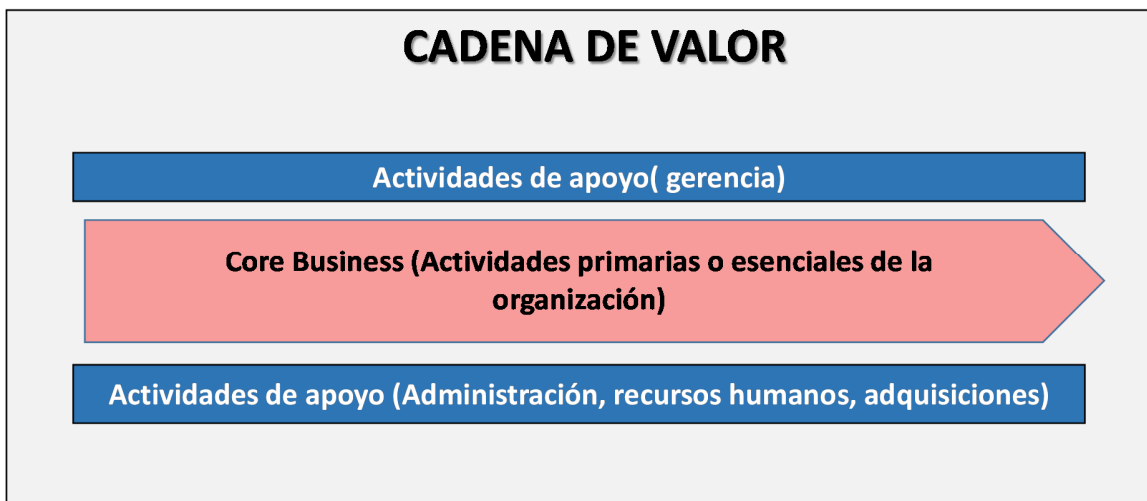


Figura 23: "Modelo de la cadena de valor en actividades primarias (core business) y de apoyo.

El uso de la cadena de valor en una empresa considera también la comparación de sus procesos de negocios con los de sus competidores o con otras empresas de industrias relacionadas o afines, esto para identificar y adoptar si fuese necesario las mejores prácticas. [24]

4.2 Alcances de la AIY en la cadena de valor del negocio petrolero.

La cadena de valor del negocio petrolero está estrechamente ligada a la administración integral de yacimientos, pues en esencia las actividades que se ejecutan en la AIY como en la cadena de valor son las mismas, en el sentido que la AIY está presente en las actividades de un proyecto petrolero y ésta misma está presente también en el ciclo de vida de un yacimiento, de manera que de ejecutarse todas las actividades de la que la AIY es responsable se cumplirán también con los objetivos planteados tanto en la AIY como en la cadena de valor que será maximizar las ganancias en beneficio de la empresa y también del cliente. En resumen la AIY está estrechamente ligada a la cadena de valor pues ésta representa el proceso con el cual se irán superando las actividades de la cadena de valor, es decir la administración integral de yacimientos fungirá como herramienta o medio de soporte a la cadena de valor, pues con ayuda de su proceso y las actividades desarrolladas en ésta se podrán lograr los objetivos que se plantean en la cadena de valor para cumplir con los objetivos planeados.

A decir de esto, como se ha definido en el capítulo uno, “Estado del arte de la administración integral de yacimientos”, la AIY es un proceso continuo, ordenado y repetitivo, que emplea de manera óptima recursos humanos, tecnológicos y económicos para generar, mediante la integración, procesamiento y análisis de la información disponible, el plan de desarrollo y explotación de un yacimiento, su implantación, monitoreo, seguimiento, evaluación y revisión, de manera que a lo largo de la vida del yacimiento se logre una recuperación económica de los hidrocarburos, maximizando las ganancias. [13,14].

La AIY persigue tres principales objetivos: La optimización de la recuperación de hidrocarburos. Minimización de las inversiones y los costos de operación. Y maximización de las ganancias obtenidas de un yacimiento.

La administración integral de yacimientos se presenta y juega un papel importante en todas las etapas de un proyecto petrolero (Desde la exploración pasando por el

descubrimiento, la delimitación, el desarrollo, la recuperación primaria, secundaria y terciaria hasta el abandono).

El objetivo a largo plazo es optimizar el valor económico asociado de la recuperación de hidrocarburos de un yacimiento (Mediante la optimización de la recuperación de hidrocarburos, minimización las inversiones y los costos de operación, maximización de las ganancias obtenidas de un yacimiento) de acuerdo a las etapas que atraviesa el yacimiento durante su vida productiva.

Debido a que la AIY se involucra también en todo el ciclo de vida de un yacimiento de petróleo o gas iniciando con el proceso de exploración seguido por el descubrimiento del yacimiento y su delimitación, siendo el yacimiento descubierto y delimitado se llevarán a cabo las etapas de recuperación primaria (Algunas veces con sistemas artificiales de producción, si se amerita), la etapa de recuperación secundaria y la terciaria o mejorada (También apoyadas de sistemas artificiales de producción, si fuera el caso), hasta el abandono o cierre de pozos y operaciones.

La AIY se puede relacionar con la cadena de valor del negocio petrolero y no solo eso sino que puede verse como un medio de soporte (Pemex PEP) [16], principalmente en el Upstream pues las actividades llevadas a cabo dentro de este eslabón de la cadena coinciden (Evaluación del potencial petrolero, incorporación de reservas, caracterización inicial y delimitación de yacimientos, desarrollo de campos y optimización, explotación de yacimientos, y en parte del midstream con la comercialización de hidrocarburos) [26]. Pues dichas actividades se planean, ejecutan, dirigen y supervisan también dentro de la AIY.

Además de que tanto en la administración integral de yacimientos como en la cadena de valor del negocio petrolero se requiere de la sinergia y del esfuerzo de un equipo de trabajo. Y todas las decisiones de operación se deben realizar por el

[26] Pemex, Pemex Exploración y Producción, "Cadena de valor de Pemex Exploración y Producción", México 2014.

equipo, que de mano con la gerencia, en respuesta al comportamiento natural del yacimiento, satisfarán los objetivos y metas.

No basta con decir que la administración integral de yacimientos es similar a la cadena del negocio petrolero y puede servir de soporte en toda la cadena, pues esto no es verdad, es importante resaltar que la AIY no puede ser vista como parte de toda la cadena del negocio petrolero (upstream, midstream, downstream), esto es porque existen algunas actividades como de comercialización al por mayor, estrategias de comercialización a gran escala y de negocios (midstream), procesamiento, refinación y comercialización de productos terminados (downstream) que no presentan una coincidencia de actividades y objetivos. En resumen fuera del upstream: etapa de Exploración y Producción y algunas actividades básicas del midstream como el acondicionamiento y la distribución primaria, la AIY pierde su alcance y es importante decir que ya no puede considerarse como similar al negocio petrolero después de ese punto.

4.3 La cadena de valor de la industria petrolera.

La cadena de valor de la industria petrolera corresponde al conjunto de actividades económicas relacionadas con: La exploración, explotación/producción, acondicionamiento y distribución básica (upstream: “corriente abajo”-“exploración y producción”-“etapa proveedora”), transporte y comercialización de los hidrocarburos, (midstream: “el medio de la corriente”), y la refinación, procesamiento, y comercialización de derivados (downstream: “corriente abajo”-“etapa de transformación”). Dicho conjunto de actividades también está conformado por la regulación y administración de éstas.

Desde el punto de vista de la administración integral de yacimientos, en este documento se expondrán únicamente las actividades del upstream y algunas relacionadas con el midstream. En la **figura 24**, se ilustra la cadena de valor general completa de la industria petrolera.

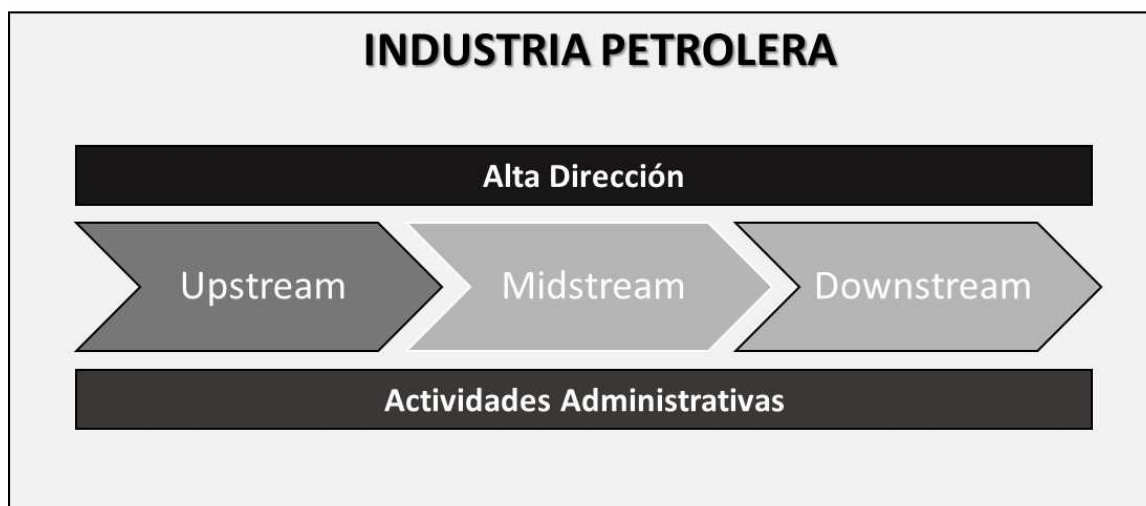


Figura 24: "La cadena de Valor de la industria petrolera".

4.3.1 Definición del término upstream.

A grandes rasgos, también es conocido como las actividades realizadas en el sector de exploración y producción de hidrocarburos (E&P).

Estas actividades incluyen las tareas de búsqueda de potenciales yacimientos de petróleo crudo y de gas natural, tanto subterráneos como submarinos, la perforación de pozos exploratorios, y posteriormente la delimitación y explotación de los pozos que llevan el petróleo crudo o el gas natural hasta la superficie, entre otras muchas. [27]

4.3.2 Actividades básicas involucradas en el upstream.

Exploración: Es una actividad básica para obtener los primeros indicios de un yacimiento potencial en el subsuelo. Para llevar a cabo esta actividad existen una amplia cantidad de métodos geofísicos de exploración como la sísmica, la magnetometría, la gravimetría, etc.

El objetivo de este proceso es llevar a la obtención de una imagen representativa de las capas de roca que existen en el subsuelo. [28]

El proceso sigue con la perforación de pozos, cuya finalidad es llegar hasta el objetivo en donde se ha previsto que posiblemente hay una acumulación de hidrocarburos (petróleo y gas).

En resumen, en esta etapa se obtiene la información del estudio geofísico de exploración correspondiente. Y continúa con el descubrimiento de un pozo productor.

[27] PSG, Company, "Defining Upstream Oil & Gas", U.S.A, portal web: <http://www.psgdover.com/es/oil-and-gas/oil-gas-market-overview/oil-gas-upstream>, consultado Febrero 2014

[28] Programa de Regionalización, sector hidrocarburos, Colombia., portal web: <http://www.anh.gov.co/portalregionalizacion/Paginas/LA-CADENA-DEL-SECTOR-HIDROCARBUROS.aspx> consultado Febrero 2015.

En la etapa de exploración se realizan actividades como la perforación de pozos exploratoria que ayudan en la delimitación del campo, en donde se identificarán los límites físicos pertinentes del campo para la explotación de éste. [27]

Explotación: Es el proceso mediante el cual se extraen los hidrocarburos (petróleo y gas), utilizando la energía misma del yacimiento o algún sistema mecánico de manera externa.

El objetivo de esta actividad es perforar y producir los pozos de una manera razonada y eficiente para transportar los fluidos desde el intervalo productor en el subsuelo, hasta la superficie.

Acondicionamiento básico y distribución primaria: El acondicionamiento y la distribución primaria, comprende las actividades de acondicionamiento de los productos básicos, y distribución primaria con clientes. Esto quiere decir, que en esta etapa se buscará que el producto sea llevado hasta el punto de venta y que para la entrega éste cumpla con los requerimientos de calidad necesarios para ser comercializado con el cliente.

La **figura 25** ilustra cada una de las actividades básicas involucradas en el Upstream:



Figura 25: "Actividades Básicas Involucradas en el Upstream".
Figura modificada, [28], Programa de Regionalización, sector hidrocarburos, Colombia, 2015.

4.3.3 Definición del termino midstream

A grandes rasgos, el midstream (el medio de la corriente) es conocido también como la etapa de transporte, ya sea por tuberías, ferrocarril, barco, buque tanque, o camión, comprende también el almacenamiento y la comercialización al por mayor de productos crudos de petróleo. [29]

Por ejemplo en esta etapa se hace uso de ductos y otros sistemas de transporte que pueden ser utilizados para trasladar petróleo crudo desde los sitios de producción a las refinerías con el objetivo de entregar los diversos productos refinados a los distribuidores del downstream.

El midstream también se involucra en las redes de gasoductos de gas natural que son las encargadas de recolectar gas de plantas de procesamiento de gas natural y lo transportan hasta los consumidores downstream, como por ejemplo algunas empresas de servicios públicos locales. [27,28]

Las operaciones midstream, dependiendo de la complejidad de la cadena de valor, en ocasiones y de forma general no es raro que incluyan algunos elementos del upstream y downstream. Por ejemplo, en el midstream se pueden incluir actividades relacionadas a las plantas de procesamiento de gas natural que purifican el gas natural crudo, y remueven el azufre, produciendo el azufre y el condensado respectivamente como productos terminados. [27,28]

4.3.4 Actividades básicas involucradas en el midstream

El medio de la corriente proporciona el vínculo vital entre las zonas productoras de petróleo y el consumidor.

[29] Asociación de Servicios de Petróleo de Canadá, (PSAC), "Industry Overview", Portal "<http://www.pzac.ca/business/industry-overview/>"; World Petroleum Council Canada, "About the industry" Portal, <http://wpccanada.com/yc/industry-info/about-the-industry/upstream-midstream-downstream.html>, consultado Febrero de 2015

Almacenamiento, Transporte y Comercialización: Consiste en la acción de almacenamiento y/o transporte de fluidos hidrocarburos (aceite y gas) desde el punto de venta hasta los sitios de almacenamiento y procesamiento adecuados; como son las estaciones de bombeo, refinerías y centros de comercialización (puertos). Los hidrocarburos se transportan a través de oleoductos (petróleo), gasoductos (gas), carro tanques (petróleo) y buques (petróleo), etc. [27, 28]

La comercialización comprende las actividades de contacto con los mercados, las tiendas y los procesos para el producto. En esta etapa se ponen en manos del consumidor en el downstream los productos básicos como el petróleo crudo, gas natural, líquidos de gas natural (LGN, principalmente etano, propano y butano) y azufre. La **figura 26** ilustra cada una de las actividades básicas involucradas en el Midstream.



Figura 26: "Actividades Básicas Involucradas en el Midstream"
Figura modificada, [28], Programa de Regionalización, sector hidrocarburos, Colombia, 2015.

4.3.5 Definición del termino downstream

El downstream se refiere a las tareas de refinamiento del petróleo crudo y al procesamiento y purificación del gas natural, así como también la comercialización y distribución de productos derivados del petróleo crudo y gas natural. [27]

4.3.6 Actividades básicas involucradas en el Downstream

Procesamiento y Refinación: El procesamiento y la refinación consiste en transformar el petróleo sometándolo a temperaturas altas, que alcanzan los 400 grados centígrados, para obtener productos derivados. Proceso mediante el cual el crudo se transforma en una gran variedad de productos derivados, principalmente, combustibles (diésel, gasolina etc.) y petroquímicos relacionados a la fabricación (vaselina, cepillos, llantas, plásticos, etc.). [27,28]

Comercialización de derivados: En este eslabón se realizan todas aquellas actividades de carácter comercial, para colocar los productos derivados a disposición de los usuarios. La **figura 27** ilustra cada una de las actividades básicas involucradas en el Downstream:



Figura 27: "Actividades Básicas Involucradas en el Downstream"
Figura modificada, imágenes tomadas de [28], Programa de Regionalización, sector hidrocarburos, Colombia, 2015.

4.3.7 Administración de la cadena de valor.

Las actividades de administración en la cadena de valor juegan un papel de suma importancia, pues tratan de crear una estrategia de valor que satisfaga las necesidades de los clientes y que logre una integración completa entre todos los miembros de la cadena.

Una buena cadena de valor será aquella en la que todos los participantes funcionen como equipo [30], y lograrlo dependerá fundamentalmente de la eficiencia en las prácticas de la administración.

4.3.8 Gerencia de la cadena de valor.

La gerencia será la cabeza en la cadena de valor. Sus funciones permitirán a las organizaciones, y sobre todo a sus dirigentes, tener un control más efectivo sobre los procesos, métodos, recursos humanos, tecnología y bienes adquiridos por la empresa, los cuales deberán ser observados y dirigidos de manera continua y estricta para producir un bien o prestar un servicio.

[30] Stephen. Robbins, Mary Coulter. "Administración",(2010),Pag.430

4.4 Etapas, procesos y actividades del upstream y midstream en el negocio petrolero en México.

Aunque existen una cantidad muy grande de cadenas de valor propuestas para cada empresa de forma particular de acuerdo a sus actividades. Para efectos del upstream y midstream Pemex PEP presenta una serie de etapas en la cadena de valor que se conforman en el siguiente orden:

Evaluación del potencial petrolero, incorporación de reservas, caracterización inicial y delimitación de yacimientos, desarrollo de campos y optimización, explotación de yacimientos, y la comercialización de hidrocarburos [26].

La **figura 28** ilustra las etapas de la cadena de valor de exploración y producción que propone Pemex (PEP) y es comparado con un esquema simple general de la cadena de valor del negocio de la industria petrolera en la parte superior (conformado por upstream, midstream y downstream).

Derivado a la investigación documental un aspecto importante a resaltar es que en la última etapa de la cadena de exploración y producción de Pemex definida como de “Comercialización de hidrocarburos”, ésta comparte actividades con las correspondientes al midstream como son: el transporte y el almacenamiento.



Figura 28: "Etapas del Upstream en el Negocio Petrolero".
 Figura modificada de [26] Pemex, Pemex Exploración y Producción, Cadena de valor de Pemex Exploración y Producción, México 2014.

4.4.1 Evaluación del potencial petrolero.

En la etapa de exploración, de evaluación del potencial petrolero se identifican, mapean y jerarquizan las áreas en donde existan mayores probabilidades de encontrar acumulaciones comerciales de hidrocarburos en el subsuelo.

Para llevar a cabo este proceso es necesario realizar estudios de geología superficial, geoquímica, gravimetría y magnetometría así como sísmica 2D.

Los especialistas además de estimar el potencial petrolero, identifican plays y proponen prospectos para su perforación con el objetivo de comprobar dicho potencial. [31]

4.4.1.1 Procesos de la evaluación de potencial petrolero

Los procesos que se llevan a cabo durante la evaluación del potencial petrolero son los siguientes [26]:

- 1.- Planeación y programación de evaluación del potencial.
- 2.- Análisis y evaluación de cuencas.
- 3.- Análisis y evaluación de sistemas petroleros.
- 4.- Análisis y evaluación de plays.
- 5.- Evaluación y control de evaluación del potencial.

4.4.1.2 Actividades ejecutadas en la evaluación de potencial petrolero

Las actividades que se llevan a cabo durante la evaluación de potencial petrolero son las siguientes [26]:

- 1.- Estrategia nacional de evaluación del potencial petrolero.
- 2.- Metodologías para evaluar el potencial petrolífero del subsuelo.
- 3.- Monitoreo tecnológico de las geociencias.

[31] Pemex, Pemex Exploración y Producción, Portal “La Industria petrolera mexicana”, <http://www.industriapetroleramexicana.com/>, México, consultado Febrero 2015.

- 4.- Procesamiento e información sísmica.
- 5.- Modelado geológico de cuencas.
- 6.- Análisis de riesgos.
- 7.- Evaluación de localizaciones exploratorias.
- 8.- Generación y evaluación de prospectos de evaluación del potencial petrolero.

4.4.2 Incorporación de reservas.

La etapa siguiente, con base en los procesos de Pemex (PEP), es la incorporación de reservas, esta etapa tiene la finalidad de descubrir reservas de hidrocarburos a partir de la identificación, jerarquización y perforación de oportunidades (pozos) exploratorios, mismos que son monitoreadas y estudiados a detalle por los geocientíficos con el apoyo de modelos geológicos construidos a partir de la información de pozos perforados, e información sísmica 2D y 3D. [31]

4.4.2.1 Procesos de la incorporación de reservas

Los procesos que se llevan a cabo durante la incorporación de reservas son los siguientes [26]:

- 1.- Planeación y programación de incorporación de reservas.
- 2.- Actualización de plays establecidos.
- 3.- Definición de prospectos e incorporación de reservas.
- 4.- Evaluación y control de incorporación de reservas.

4.4.2.2 Actividades ejecutadas en la incorporación de reservas

Las actividades que se llevan a cabo durante la incorporación de reservas son las siguientes [26]:

- 1.- Estrategia nacional de incorporación de reservas.
- 2.- Metodologías para cuantificar la incorporación de reservas.
- 3.- Optimización los costos de descubrimiento.
- 4.- Incorporación preliminar de reservas de hidrocarburos.
- 5.- Modelado geológico de sistemas petroleros.
- 6.- Análisis de riesgos.
- 7.- Evaluación de la tecnología de perforación de pozos exploratorios.
- 8.- Generación y evaluación de proyectos de incorporación de reservas.

4.4.3 Caracterización inicial y delimitación de yacimientos

En la tercera etapa de la cadena de valor, se realiza la delimitación de yacimientos, dando certeza a los volúmenes de reservas que fueron descubiertos, esto mediante un análisis de la geometría y propiedades estáticas y dinámicas de los yacimientos. Esto hace posible que las personas que participan en el proceso puedan conceptualizar con mayor grado de confianza su desarrollo y futuras exploraciones. [26]

4.4.3.1 Procesos de la caracterización inicial y delimitación de yacimientos

Los procesos que se llevan a cabo durante la caracterización inicial y delimitación de yacimientos son los siguientes [26]:

- 1.- Planeación y programación de caracterización inicial y delimitación de yacimientos.
- 2.- Caracterización inicial de yacimientos.
- 3.- Delimitación de yacimientos.
- 4.- Evaluación y control de caracterización inicial y delimitación de yacimientos.

4.4.3.2 Actividades ejecutadas en la caracterización inicial y delimitación de yacimientos

Las actividades que se llevan a cabo durante la caracterización inicial y delimitación de yacimientos son las siguientes [26]:

- 1.- Estrategia nacional de caracterización y delimitación de yacimientos.
- 2.- Metodologías de caracterización inicial y delimitación de yacimientos.
- 3.- Herramientas de evaluación probabilística.
- 4.- Incorporación de reservas probadas de hidrocarburos.
- 5.- Modelado geológico de yacimientos.
- 6.- Evaluación de la tecnología de perforación de pozos delimitadores.

CAPITULO IV: CADENA DE VALOR DEL NEGOCIO PETROLERO

7.- Generación y evaluación de proyectos de caracterización y delimitación de yacimientos.

8.- Certificación de reservas.

9.- Proyectos de inversión.

4.4.4 Desarrollo de campos y optimización.

En la etapa de desarrollo de campos y optimización se realiza un plan de desarrollo en donde se involucran la ingeniería de perforación, de terminación e intervenciones a pozos, para generar un estudio integral de los campos o su actualización si correspondiera, además de programar la ingeniería de construcción de infraestructura superficial de explotación más adecuada. En esta etapa se llevan a cabo importantes actividades como el modelado de los aparejos de producción y estandarización de los procesos de perforación, terminación e intervenciones a pozos. [31]

4.4.4.1 Procesos del desarrollo de campos y optimización

Los procesos que se llevan a cabo durante el desarrollo de campos y optimización son los siguientes [26]:

- 1.- Planeación del desarrollo de campos y optimización.
- 2.- Generación del estudio integral de los campos o su actualización.
- 3.- Ingeniería, Perforación, Terminación e Intervenciones a Pozos.
- 4.- Ingeniería y construcción de infraestructura superficial de explotación.

4.4.4.2 Actividades ejecutadas en el desarrollo de campos y optimización

Las actividades que se llevan a cabo durante el desarrollo de campos y optimización son las siguientes [26]:

- 1.- Estrategia nacional de desarrollo de campos petroleros.
- 2.- Tecnologías para el desarrollo de campos.
- 3.- Modelado de aparejos de producción.
- 4.- Herramientas de evaluación probabilística.
- 5.- Evaluación estocástica de proyectos de desarrollo de campos.
- 6.- Estandarización de los procesos de perforación, terminación e intervenciones a pozos.

- 7.- Diseño de modelos de infraestructura.
- 8.- Análisis de sistemas de transporte.
- 9.- Proyectos de inversión.

4.4.5 Explotación de yacimientos.

En la etapa de explotación de yacimientos se aplica la ingeniería de yacimientos para el modelado del comportamiento del yacimiento, y se analizan las curvas de declinación para la explotación formal, racionada y eficiente. Si se determinara o fuese necesario en esta etapa se analizan las tecnologías de recuperación secundaria y mejorada más apropiadas y se simulan las opciones de explotación de yacimientos para encontrar la más adecuada.

Además en la explotación de yacimientos se evalúa y supervisa la operación de pozos, su infraestructura y si fuese el caso se decide el abandono de los campos. [26]

4.4.5.1 Procesos de la explotación de yacimientos

Los procesos que se llevan a cabo durante la explotación de yacimientos son los siguientes [26]:

- 1.- Planeación de la operación y el mantenimiento de pozos e infraestructura de explotación.
- 2.- Operación y mantenimiento de pozos.
- 3.- Operación y mantenimiento de la infraestructura superficial de explotación.
- 4.- Evaluación y control de la operación y mantenimiento de pozos e infraestructura superficial de explotación
- 5.- Evaluación y control del desarrollo de campos y optimización.

4.4.5.2 Actividades ejecutadas en la explotación de yacimientos.

Las actividades que se llevan a cabo durante la explotación de yacimientos son las siguientes [26]:

- 1.- Estrategia nacional de explotación de yacimientos.
- 2.- Ingeniería y modelado del comportamiento de yacimientos.
- 3.- Análisis de curvas de declinación.
- 4.- Tecnologías de recuperación secundaria y mejorada.

- 5.- Simulación de opciones de explotación de yacimientos.
- 6.- Sistemas de medición.
- 7.- Selección de la calidad y tipo de fluidos a inyectar.
- 8.- Optimización de infraestructura.
- 9.- Modelado de sistemas de recolección.
- 10.- Proyectos de inversión.

4.4.6 Comercialización de hidrocarburos.

Durante esta última etapa se llevan a cabo algunas actividades como la planeación, evaluación, ejecución y optimización de las operaciones destinadas para la comercialización. [26]

4.4.6.1 Procesos de la comercialización de hidrocarburos

Los procesos que se llevan a cabo durante la comercialización de hidrocarburos son los siguientes [26]:

- 1.-Planeación de operaciones para la comercialización.
- 2.- Ejecución de operaciones de comercialización.
- 3.- Evaluación y control de las operaciones de comercialización.
- 4.- Optimización de las operaciones de comercialización.

4.4.6.2 Actividades ejecutadas en la comercialización de hidrocarburos

Las actividades que se llevan a cabo durante la comercialización de hidrocarburos son las siguientes [26]:

- 1.- Estrategia nacional de comercialización de hidrocarburos.
- 2.- Monitoreo y control automatizado en los ductos e instalaciones de transporte y distribución de gas y condensados.
- 3.- Optimización de los sistemas de mezclado.
- 4.- Evaluación del riesgo y la integridad mecánica de la infraestructura.
- 5.- Capacidad de respuesta inmediata para atender contingencias.
- 6.- Proyectos de inversión para los sistemas de transporte, almacenamiento y distribución de hidrocarburos.
- 7.- Contratos de compraventa de hidrocarburos.
- 8.- Concertar los precios para mantener la competitividad del aceite de importación.

4.5 Las líneas del negocio de exploración y producción.

Cada una de las etapas del negocio de exploración y producción se relaciona con el negocio petrolero y debido a que vistas de manera particular persiguen propósitos diferentes, se subdividen en líneas de negocio, en donde existen diferentes elementos que las determinan y dirigen. Las líneas de negocio que rigen a la exploración y producción son las siguientes [26]:

- 1.- Planeación y evaluación
- 2.- Exploración y activos
- 3.- Explotación y activos
- 4.- Ingeniería de desarrollo de obras
- 5.- Unidad de perforación y mantenimiento de pozos
- 6.- Operaciones y comercialización
- 7.- Mantenimiento

Las líneas de negocio que rigen la exploración, explotación y comercialización se ilustran en la **figura 29**:

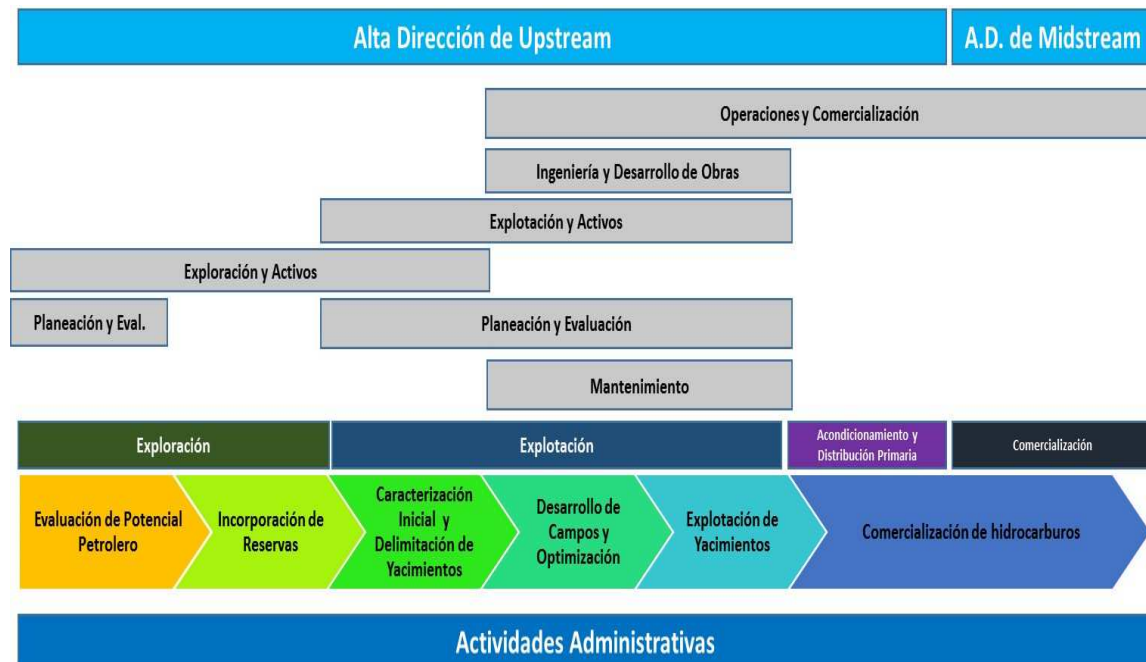


Figura 29: "Líneas de negocio que rigen la exploración y producción".

Figura modificada de [26] Pemex, Pemex Exploración y Producción, Cadena de valor de Pemex Exploración y Producción, México 2014.

4.6 La administración integral de yacimientos y las líneas de negocio del negocio petrolero

Como se revisó en el capítulo uno, en materia de las disciplinas complementarias de la AIY. Debido a que la evidencia encontrada en la literatura en México refiere una sensación de que la administración integral de yacimientos es en gran parte igual que la ingeniería de yacimientos, en el sentido que la mayoría de los esfuerzos en la AIY se dirigen a abundar en el conocimiento del yacimiento y la tecnología y se deja parcialmente de lado la integración de disciplinas relacionadas al entorno de la administración en donde figuran algunas otras disciplinas y conceptos como: Economía, finanzas, aspectos legales, de regulación gubernamental, protección ambiental, factores industriales y corporativos, conservación de recursos, etc. Una comparación de la AIY como disciplina dinámica con la cadena de valor referidas ambas al negocio petrolero permite observar que en la AIY enfocada a la perspectiva de negocios de la cadena de valor de la industria petrolera, la integración de disciplinas se vuelve fundamental, esto se refleja en que desde el punto de vista de un equipo multidisciplinario de trabajo, como en cada uno de los eslabones de la cadena de valor del negocio petrolero el trabajo en equipo conformado por una gran cantidad de profesionistas, es fundamental, esto es porque la administración integral de yacimientos permea en el ciclo de vida de un proyecto petrolero, en la vida de un yacimiento y desde luego también en la cadena de valor del negocio, donde todos los profesionistas que se vean involucrados en alguna actividad relacionada a lo anterior podrán encontrarse dentro de la cadena definida por líneas de negocios, donde van a colaborar de manera igualitaria contribuyendo al desarrollo de un yacimiento y su administración. Esto quiere decir que la integración es fundamental porque tanto el trabajo de un ingeniero petrolero, como de un geólogo, como de un geofísico, geo científico, legal, económico, administrativo, etc. Será igual de importante en el sentido que del trabajo conjunto se lograrán las metas y objetivos planteados.

Como se examinó a lo largo de este capítulo, el negocio petrolero tiene un amplio espectro de personas trabajando con el mismo objetivo (ingenieros, científicos, administrativos, legales, de seguridad y muchos otros), mismos que independientemente de su formación se involucran de manera individual en cada una de las actividades, procesos o etapas para buscar un bien común, que aterrizado con el concepto de cadena de valor lleva la materia prima a un producto terminado y éste a las manos de un cliente o consumidor final.

En el caso del upstream, (exploración, explotación y acondicionamiento y distribución primaria) consistentes en: Evaluación del potencial petrolero, incorporación de reservas, caracterización inicial y delimitación de yacimientos, desarrollo de campos y optimización, explotación de yacimientos, y la comercialización de hidrocarburos, ponen el aceite o gas a disposición del cliente final, que conocida también como la etapa de exploración y producción, cimienta las bases del negocio petrolero y que con esto también alimenta a la industria petrolera mexicana y al negocio de los hidrocarburos

Pemex Exploración y Producción en México es el encargado de ejecutar todas estas actividades para conformar el negocio petrolero y para satisfacer la misión y visión que esta se propone; *“Maximizar el valor económico a largo plazo de las reservas de crudo y gas natural del país, garantizando la seguridad de sus instalaciones y su personal, en armonía con la comunidad y el medio ambiente”* [32].

Es importante también decir que el negocio petrolero entendido como un todo que funciona por el trabajo en equipo no podría ser dirigido de una manera correcta y no podría tener un comportamiento eficiente y óptimo, si no se conformara también por los componentes de alta gerencia y administrativos, quienes se encargan y

[32] Petróleos Mexicanos, Organismos subsidiarios y filiales, Pemex PEP, portal web: <http://www.pemex.com/organismos/>, consultado Febrero de 2015.

velan por dirigir y administrar el negocio para llevarlo a una dirección determinada en beneficio de la empresa y también de sus clientes o consumidores.

Haciendo un comparación entre la administración integral de yacimientos misma que fue definida y estudiada a fondo en los capítulos uno y dos, el negocio petrolero y la cadena de valor de Pemex exploración y producción se pueden encontrar grande similitudes y coincidencias pues comparten los mismos objetivos y el alcance, al mismo tiempo que comparten la misma línea de acción y persiguen el mismo objetivo. La **figura 30** ilustra a la administración integral de yacimientos como el negocio petrolero:

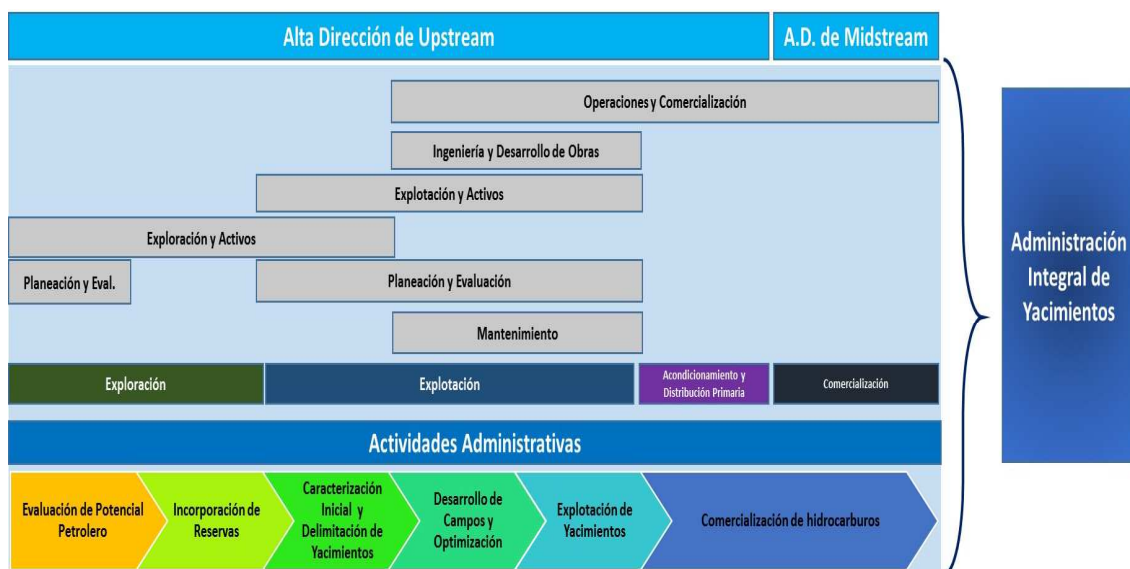


Figura 30: "La administración integral de yacimientos como el negocio petrolero".
 Figura modificada de [26] Pemex, Pemex Exploración y Producción, Cadena de valor de Pemex Exploración y Producción, México 2014.

Por lo anterior se puede decir que la administración integral de yacimientos es en si el negocio petrolero. Sin embargo para que la administración integral de yacimientos sea vista desde un enfoque que le permita ser el negocio petrolero de la exploración, producción y parte de la comercialización, es necesario dar un paso hacia adelante en las prácticas de esta disciplina dinámica, pues de su evolución y acoplamiento dependerá en gran medida el éxito en todos sentidos.

CAPÍTULO 5: NUEVO ENFOQUE DE LA ADMINISTRACIÓN INTEGRAL DE YACIMIENTOS

5.1 Introducción.

Posterior al análisis presentado en los capítulos previos se pueden observar 3 componentes básicos y fundamentales que alimentan a la administración integral de yacimientos y componen un nuevo enfoque que sirve de soporte al negocio petrolero y complementan el alcance de las actividades de la AIY en todos sentidos.

Los 3 componentes del nuevo enfoque de la AIY son los siguientes:

- Proceso administrativo.
- Ciclo de vida de un proyecto de Exploración y Producción (E&P).
- Cadena de valor del upstream y midstream.

El nuevo enfoque considera estos elementos debido a que el proceso administrativo es la herramienta principal de la cadena de valor del negocio petrolero a lo largo del ciclo de vida del proyecto de E&P.

Puede decirse que este nuevo enfoque aparece como parte del análisis de las disciplinas, procesos y actividades relacionados con la administración integral de yacimientos, y se basa en el estudio de las áreas de oportunidad, de los beneficios, los requerimientos y retos presentes que son reportados con respecto a la industria petrolera en el área de E&P.

La **figura 31** ilustra el nuevo enfoque de la administración integral de yacimientos:

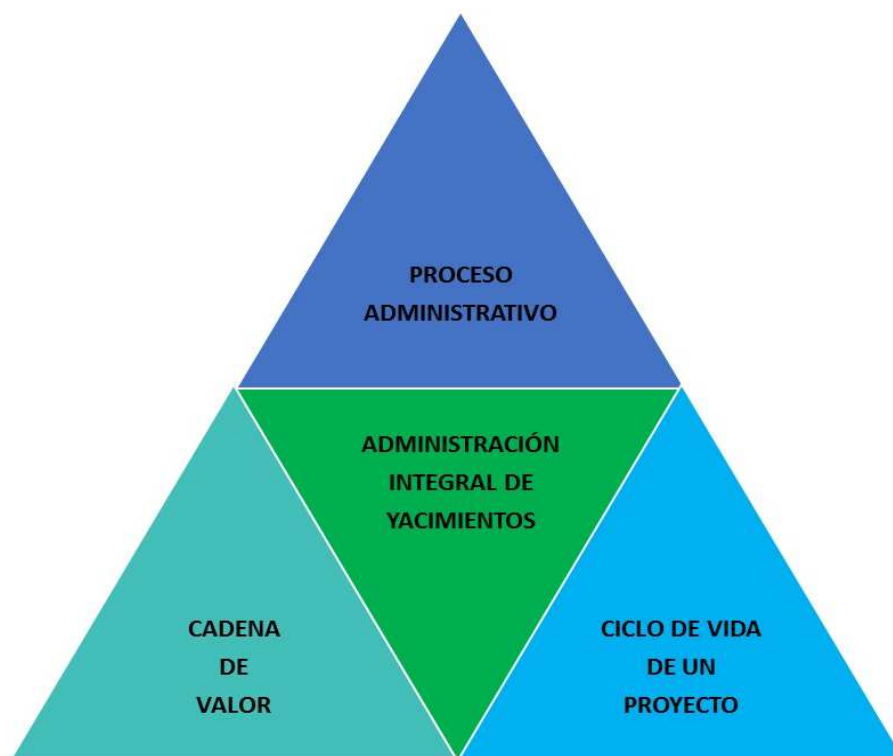


Figura 31: Nuevo enfoque de la administración integral de yacimientos".

5.2 Componentes del nuevo enfoque de la AIY.

5.2.1 El proceso administrativo.

Como se mencionó en el capítulo 2, el proceso administrativo reúne las técnicas a través de las cuales el conjunto de actividades que realiza una empresa siguen un orden sistemático, tomando en cuenta las necesidades existentes y recursos que posee para optimizar la realización de las mismas en el tiempo previsto [20].

El proceso administrativo en el nuevo enfoque de la administración integral de yacimientos facilita que varios profesionistas o grupos de personas trabajen juntas para el logro de objetivos comunes, mediante un proceso necesario para lograr las metas.

El proceso utilizado en este capítulo es retomado de *Henry Fayol*, quien propone a las acciones de planear, organizar, dirigir y controlar como el proceso ideal para gestionar un proyecto u organización, por lo que deberán ser las responsabilidades

del administrador [20,21]. La aplicación del proceso administrativo en la explotación integral de un yacimiento se ilustra en la **figura 32**:



Figura 32: "Proceso de la administración integral de yacimientos dentro del nuevo enfoque"

5.2.2 El ciclo de vida de un proyecto y la cadena de valor.

Como se observó y analizó en los capítulos 1, 3 y 4, la administración integral de yacimientos está presente en todas las etapas de un proyecto petrolero: Exploración, explotación y abandono (detalladamente desde la exploración pasando por el descubrimiento, la delimitación, el desarrollo, la recuperación primaria, secundaria y terciaria hasta el abandono) (**figura 4**) y juega un papel importante. Dependiendo de la calidad y rigurosidad de la administración se evitarán fracasos y tropezones que pongan en riesgo el éxito de un proyecto a cualquier escala.

A su vez la administración integral de yacimientos tiene una componente importante que es la cadena de valor y las líneas de negocios que de ella emanan, pues como se ha discutido, los objetivos, funciones y actividades que se llevan a cabo en la administración integral de yacimientos fungen como medio de aporte a la superación exitosa de las actividades de la cadena de valor, relación que se ilustra en la **figura 33**:

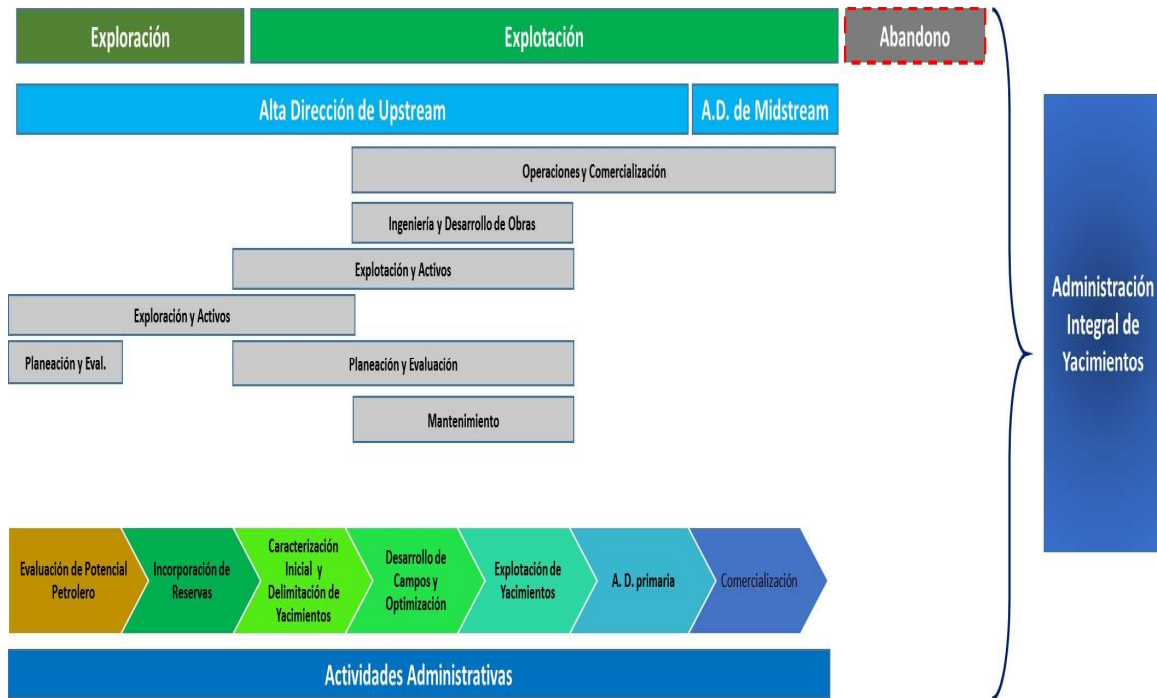


Figura 33: "Relación del ciclo de vida de un yacimiento y la cadena de valor"
 Figura basada en [26] Pemex, Pemex Exploración y Producción, Cadena de valor de Pemex Exploración y Producción, México 2014

5.2.2 Integración de la cadena de valor y el ciclo de vida de un proyecto con el proceso administrativo

Producto del análisis entre la cadena de valor y el ciclo de vida del proyecto de E&P se observa una febril interacción con el proceso administrativo. De forma que bajo este esquema se generará el proceso administrativo de la AIY pertinente que podrá dar consecución a los objetivos y metas planteados.

La **figura 34**, ilustra la relación entre la cadena de valor del negocio petrolero, el ciclo de vida de un proyecto petrolero y el proceso de la AIY.

De arriba hacia abajo, en primer lugar se ilustra el ciclo de vida de un proyecto petrolero de forma simplificada (exploración, explotación y abandono), posteriormente se ilustra el proceso administrativo (planeación, organización, dirección y control), y se concluye con la cadena de valor del negocio petrolero (upstream y midstream) en su composición de actividades básicas (core business) y secundarias (alta dirección y administrativas), resaltando las líneas de negocio correspondientes (exploración, explotación, acondicionamiento y distribución primaria y comercialización).

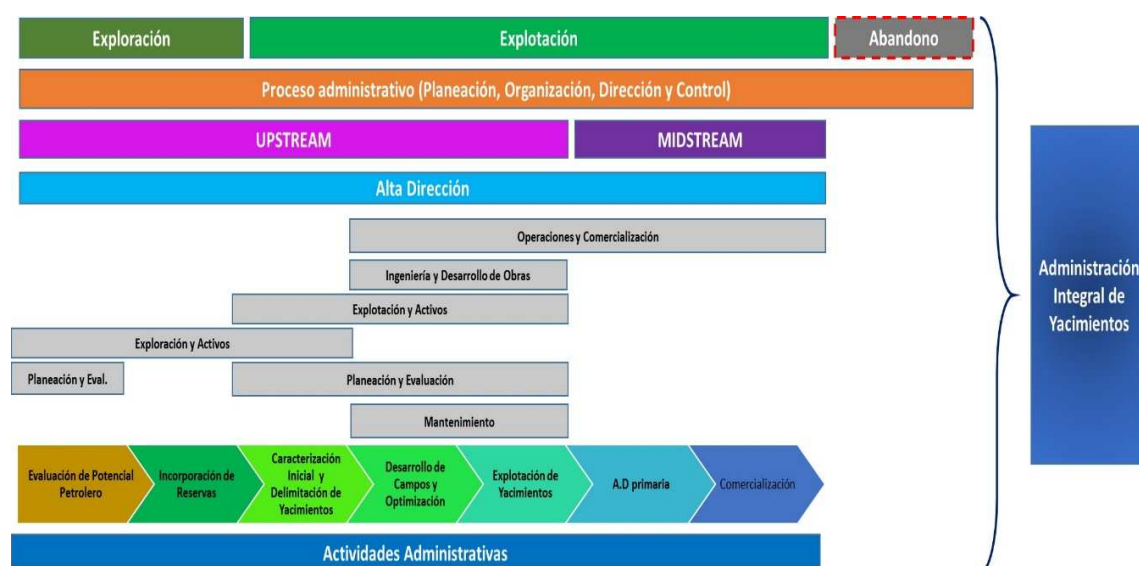


Figura 34: "Relación entre la cadena de valor del negocio petrolero, el ciclo de vida de un proyecto petrolero y el proceso administrativo de la AIY".

Figura basada en [26] Pemex, Pemex Exploración y Producción, Cadena de valor de Pemex Exploración y Producción, México 2014

5.7 Desarrollo del proceso administrativo bajo el nuevo enfoque de la AIY.

El proceso administrativo tiene una aplicación universal, por lo que sostiene la afirmación de que éste puede ser utilizado por los administradores del yacimiento o gerentes de proyecto de E&P. Mediante este proceso, de forma multidisciplinaria, varios profesionistas o grupos de personas trabajan juntas para el logro del objetivo común de maximizar el valor económico de los hidrocarburos.

Bajo este entendido, el proceso ayuda al equipo de proyecto y al administrador del yacimiento a que analice y entienda los problemas, y lo lleven a determinar los objetivos y los medios para alcanzarlos. [20]

Es importante resaltar que independientemente de la forma en la cual se lleve a cabo la administración, ésta constituye una unidad indisoluble, pues durante su aplicación, cada parte, cada acto, cada etapa se realiza al mismo tiempo y una con la otra están relacionadas mutuamente. [18, 19,20]

Este debe ser un proceso continuo que termina sólo cuando se abandona el yacimiento. [5]

5.3 Planeación integral de yacimientos

La planeación es fundamental para la administración integral de yacimientos. Muchas empresas hacen un muy buen trabajo pronosticando según sus previsiones; Los presupuestos financieros, los gastos y los ingresos, la producción, los ingresos estimados y las propuestas de gastos, parámetros en los que ellos basan sus proyecciones.

Sin embargo, muchos no planifican. La planeación no es más que la previsión. La planeación es una estrategia integral para la realización de los objetivos de la administración y esta debe ser la base para la administración integral de yacimientos, de forma tal que sobre ésta estén cimentados los pilares del negocio: la organización, dirección y control. Esta idea se ilustra en la **figura 35**:

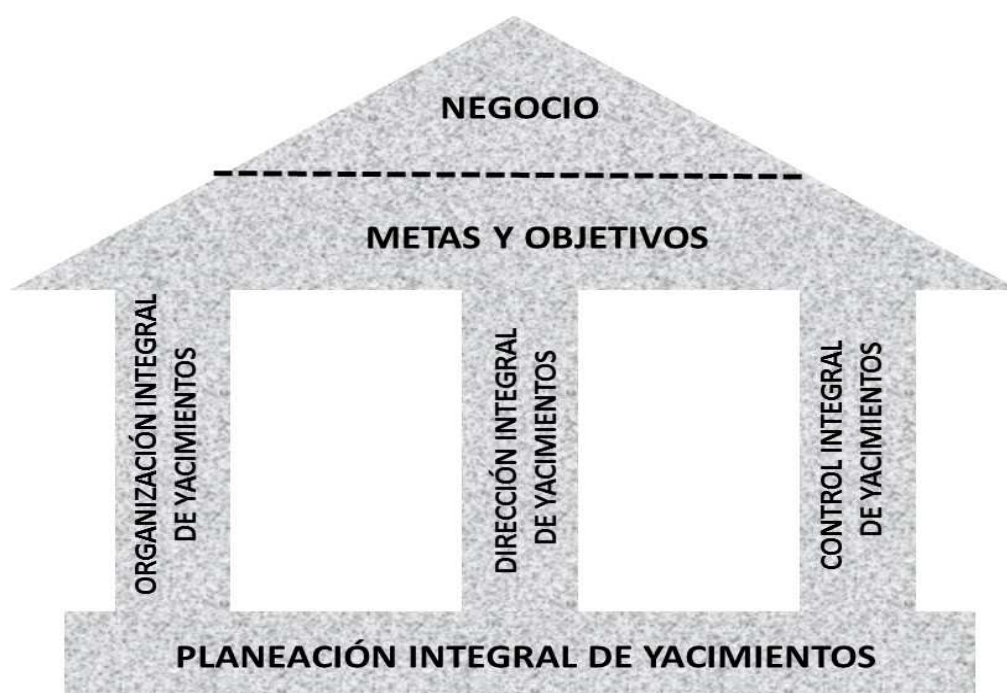


Figura 35: "Pilares del proceso de la administración integral de yacimientos".

La planeación de resultados es producto de pensar y analizar las cosas que sucederán en el futuro. El equipo de proyecto encargado del yacimiento debe mirar hacia todos los posibles eventos que podrían ocurrir, opciones y alternativas que se

puedan implementar y evaluar las consecuencias económicas de los distintos resultados [15].

Bajo el enfoque de la planeación, en el entendido que la planeación integral de yacimientos juega un papel de suma importancia en el proceso de AIY, la clase gerencial es decir los líderes de proyecto, el administrador de activo y la alta gerencia (subdirectores y directores de exploración y producción) deben planear considerando los siguientes elementos: Premisas, investigación, reglas y políticas, procedimientos y metas, estrategias, objetivos y propósitos. Elementos que se ilustran en la **figura 36**, y que posteriormente son detallados:



Figura 36: "Elementos de la planeación integral de yacimientos".

Premisas (internas o externas): Suposiciones futuras ante aquellas circunstancias o situaciones futuras que de alguna manera pueden afectar el curso en que se va a desarrollar el plan del proyecto petrolero.

Investigación: Procura obtener información para describir y predecir en la medida de lo posible el comportamiento de la explotación del yacimiento a través del proyecto.

Reglas y políticas: Son normas de acción específica que se van a establecer para que no puedan ser modificadas o cambiadas para la observancia de la toma de decisiones en la administración del yacimiento.

Objetivos (estratégicos, técnicos, operacionales): Resultados que la empresa encargada de la exploración y producción busca realizar en un tiempo determinado.

Presupuestos y programas (fijos o variables): Dinero destinado a obtener los resultados esperados.

Estrategias (curso de acción): Muestran o establecen la dirección y el destino de los recursos y esfuerzos para lograr los objetivos en las mejores condiciones.

Procedimientos y métodos (guía de acción): Puntualizan y detallan la forma en la cual se van a llevar a cabo las actividades petroleras correspondientes a cada integrante del equipo de proyecto.

Propósitos: El fin máximo que se persigue de forma permanente o parcial.

5.4 Organización integral de yacimientos

La organización se refiere a la definición y el orden de la estructura técnica sobre la posición y las relaciones entre las jerarquías, las funciones de los empleados involucrados en el proyecto de E&P, en aras de obtener una mayor eficiencia. Además, la organización trata de racionalizar los recursos humanos, materiales, monetarios, etc., mediante la agrupación, correlación y disposición de actividades. El propósito es favorecer la eficiencia del proyecto, empresa u organización.

Bajo el nuevo enfoque, en la organización, la clase gerencial, es decir los líderes de proyecto, el administrador de activo y la alta gerencia (subdirectores y directores de exploración y producción) y los empleados insertados en la cadena de valor y la en las funciones administrativas y cualquier otro involucrado de las actividades del proyecto petrolero deben organizarse conduciéndose bajo la estructura, sistematización, jerarquía, y la simplificación de funciones [20], misma que se ilustra en la **figura 37**:



Figura 37: "Elementos de la organización integral de yacimientos".

Estructura: Se establece el marco en que se desarrollarán las actividades petroleras, es decir se establecen disposiciones, correlación de funciones, jerarquías y actividades necesarias para que en conjunto y con ayuda de un equipo multidisciplinario de trabajo organizado se logren los objetivos.

Sistematización: Se encarga de sistematizar actividades y recursos y también se encarga de la coordinación racional de los mismos para facilitar el trabajo y la eficiencia. Agrupa y asigna las responsabilidades y surge de la necesidad de agrupar, dividir y asignar funciones a fin de promover la especialización en las diferentes ramas y actividades de quienes se involucran en el proceso, generando especialistas en distintos temas por ejemplo: especialistas en yacimientos, producción, perforación, legales, de evaluación económica, solo por mencionar algunos ejemplos.

Jerarquía: Es una condición natural, producto del proceso administrativo, que nace de la necesidad de establecer los niveles de autoridad y de responsabilidad pertinente dentro de una empresa, proyecto u organización. Se encarga de cada miembro en cada nivel, especificando sus funciones y responsabilidades.

Simplificación de funciones: Establece los métodos más sencillos para realizar un trabajo de la mejor forma con la menor desviación al estándar. Estas actividades se construyen con base en la experiencia o estándares establecidos que pueden ser o no retomados de otras organizaciones o de regulación gubernamental.

5.5 Dirección integral de yacimientos

La dirección es la encargada de coordinar las acciones de los miembros y grupos de trabajo multidisciplinario que están involucrados en la administración del yacimiento y su proceso correspondiente, y se tiene que llevar a cabo de forma obligatoria pues de ésta depende que el plan de exploración, explotación y abandono se lleve a cabo de forma eficiente.

La etapa es conocida como de ejecución, comando o liderazgo, y es una parte muy importante del proceso porque la dirección soporta y lidera a la administración integral del yacimiento y a su proceso en todos sentidos.

El control del plan consiste en observar el comportamiento de la explotación del yacimiento y determinar si concuerda con lo previsto en el plan.

La dirección influye en los equipos de trabajo para que logren las metas de la empresa u organización, por lo que es necesario mandar, influir y motivar al personal intrínseco en las actividades del negocio, desde el nivel individual al más grande que es la empresa en general, para realizar las tareas.

La clase de la gerencia (El administrador del yacimiento y distintos niveles jerárquicos como los líderes de proyecto y administrador de activo, etc.) para la dirección, deben de estar bien separados de sus subordinados (empleados), de forma tal que la clase de la gerencia pueda disponer de los recursos (materiales, económicos y humanos) para salir delante de los problemas y obstáculos que se presenten en el proyecto, para satisfacer las necesidades y alcanzar la meta (dirigiendo a sus empleados o subordinados) , pues de lo contrario se pueden presentar riesgos y conflictos que podrían comprometer el proyecto de E&P.

Bajo el nuevo enfoque, durante la dirección la clase gerencial, es decir los líderes de proyecto, el administrador de activo, y la alta gerencia (subdirectores y directores de exploración y producción) quienes son las cabezas funcionales de los empleados subordinados involucrados de las actividades del proyecto de E&P, deben observar las etapas de la dirección (integración, comunicación y supervisión) que se ilustran

en la **figura 38**, para que puedan tomar decisiones acertadas en momentos de presión y dificultades técnicas o adversidades que amenacen el proyecto:



Figura 38: "Elementos de la dirección integral de yacimientos".

Integración: Selección de candidatos (ingenieros, geocientíficos, técnicos, administrativos, legales, económicos, finanzas, etc.) con las mejores capacidades, experiencia, talento, y con las mejores oportunidades para el desarrollo de funciones.

Comunicación: Es un elemento de vital importancia pues involucra a todos los individuos comunicándoles la información necesaria para que estos puedan realizar sus labores de forma consiente. La comunicación fundamenta el trabajo en equipo, especialmente en un equipo multidisciplinario pues será la pieza clave para favorecer el pensamiento “fuera de la caja” (es decir, desde el punto de vista de un tercero) y la posterior retroalimentación que los alimente y les motive a alcanzar la meta final de una forma más rápida y satisfactoria.

Supervisión: En esta etapa cada uno de los gerentes o cabezas funcionales deben vigilar y guiar a sus subordinados, para que lleven a cabo sus actividades adecuadamente. La supervisión del plan consiste por ejemplo en observar el comportamiento de la explotación del yacimiento y determinar si concuerda con lo previsto en el plan.

Para que el programa de supervisión sea exitoso, se requiere del esfuerzo coordinado de los diferentes grupos involucrados en la explotación desde que inicia la puesta en marcha del proyecto. Los ingenieros, geocientíficos, los profesionistas de otras disciplinas intrínsecas en las actividades y el personal de operaciones deberán trabajar conjuntamente. [4,13]

5.6 Control integral de yacimientos

En el control, el líder de proyecto (gerente de línea), administrador del yacimiento, administrador de activo (gerencia media) y la alta gerencia establecerán los sistemas para medir los resultados actuales y pasados con la finalidad de observar y evaluar para saber qué es lo que se ha obtenido, qué es lo que se espera corregir, mejorar y formular. Es decir, los planes y objetivos deberán ser revisados cuando el comportamiento observado no concuerde con el esperado en el plan de administración o cuando las condiciones cambien a fin de que se pueda decir que se está practicando una administración integral de yacimientos adecuada. Se deben de responder preguntas, tales como [4]:

- ¿Se está trabajando bien?
- ¿Qué necesita hacerse para que éste trabaje?
- ¿Qué podrá funcionar mejor?

En el control se llevará a cabo la medición y la corrección del desempeño tanto individual y organizacional para que los hechos se ajusten a los planes y objetivos de la empresa o proyecto.

Esto implica una medición rigurosa del desempeño en comparación con las metas y planes, para verificar y atender las desviaciones al estándar y corregirlos si fuera el caso.

El administrador de yacimientos o de activo así como los altos gerentes tendrán los medios adecuados para ver que los planes se estén implantando y ejecutando de forma correcta. El administrador podrá escuchar a su equipo de trabajo (empleados) para obtener información y retroalimentarse de sus opiniones y comentarios, y así llevar a cabo acciones correctivas, el control se lleva a cabo como sigue: [20]

- Control preliminar: Alimentación adelantada.
- Control coincidente: Informes periódicos de desempeño.
- Control por retroalimentación: (Este tipo de control usa la información de los resultados anteriores para corregir posibles desviaciones futuras)

Bajo el nuevo enfoque, en la dirección la clase gerencial, es decir los líderes de proyecto, el administrador de activo y la alta gerencia (subdirectores y directores de exploración y producción), deberán tener en cuenta la siguiente secuencia de actividades de dirección que se ilustran en la **figura 39**:



Figura 39: "Elementos de la control integral de yacimientos".

Comparación: Comparación de desempeños en relación a las normas y metas planificadas (generalmente se generará un informe de desempeño para ver los resultados reales).

Análisis: Análisis de variaciones y operaciones para determinar sus causas

Seguimiento continuo: Se evalúa la efectividad de la corrección, para efectos de re-planificación.

5.7 El proceso administrativo en las actividades del ciclo productivo de valor para la conformación del flujo de trabajo de AIY.

El “ciclo productivo de valor” es definido para fines de este documento como la integración del ciclo de vida de un proyecto petrolero de E&P en relación la cadena de valor del negocio petrolero (upstream-midstream). A continuación se describirán las actividades para llevarse a cabo durante el ciclo productivo de valor dentro del proceso administrativo.

5.7.1 Evaluación de potencial petrolero

En la **tabla 2** se describen las actividades para llevarse a cabo en la evaluación de potencial petrolero durante la etapa de exploración en relación con el ciclo productivo de valor dentro del proceso administrativo:

Proceso de AIY	Actividades
Planeación integral de la evaluación de potencial	<ul style="list-style-type: none"> • Planeación y Programación de Evaluación del Potencial. • Justificación, objetivo y propósito de la evaluación de potencial. • Estrategia de evaluación del potencial petrolero. • Obtención e información con el uso de metodologías para evaluar el potencial petrolífero del subsuelo (Procesamiento e información sísmica, modelado geológico de cuencas, etc) • Análisis de riesgos. • Evaluación de localizaciones exploratorias. • Generación y evaluación de prospectos de evaluación del potencial petrolero. • Análisis de cuencas, de Sistemas Petroleros y de Plays.
Organización integral de la evaluación de potencial	<ul style="list-style-type: none"> • Designación de los responsables de la evaluación de potencial. • Definición de sus actividades y sus responsabilidad. • Asignación de recursos para la evaluación de potencial.
Dirección integral de la evaluación de potencial	<ul style="list-style-type: none"> • Selección de personal para las actividades de la evaluación de potencial. • Supervisión de las locaciones explorarías, y los prospectos de la evaluación de potencial petrolero. • Optimización los costos de la evaluación de potencial
Control integral de la evaluación de potencial	<ul style="list-style-type: none"> • Control de Evaluación del Potencial. • Monitoreo y seguimiento continuo de tipo tecnológico de las geociencias.

Tabla 2: " Actividades en la evaluación de potencial petrolero durante la etapa de exploración"
 Tabla basada de [26] Pemex, Pemex Exploración y Producción, Cadena de valor de Pemex Exploración y Producción, México 2014.

5.7.2 Incorporación de reservas

En la **tabla 3** se describen las actividades para llevarse a cabo en la incorporación de reservas durante la etapa de exploración en relación con el ciclo productivo de valor dentro del proceso administrativo:

Proceso de AIY	Actividades
Planeación integral de la incorporación de reservas	<ul style="list-style-type: none"> • Planeación y Programación de Incorporación de reservas. • Justificación, objetivo y propósito de la incorporación de reservas. • Estrategia de incorporación de reservas. • Consideraciones legales y normas sobre la incorporación de reservas. • Incorporación preliminar de reservas de hidrocarburos. • Obtención de información por modelado geológico de sistemas petroleros. • Análisis de riesgos y evaluación la tecnología de perforación de pozos exploratorios. • Análisis de los criterios para cuantificar la incorporación de reservas. • Generación de proyectos de incorporación de reservas. • Premisas e investigación sobre metodologías para cuantificar la incorporación de reservas. • Definición de Prospectos e Incorporación de Reservas.
Organización integral de la incorporación de reservas	<ul style="list-style-type: none"> • Designación de los responsables de la incorporación de reservas . • Definición de sus actividades y sus responsabilidad. • Asignación de recursos.
Dirección integral de la incorporación de reservas	<ul style="list-style-type: none"> • Selección de personal para las actividades de la incorporación de reservas. • Supervisión de Prospectos y supervisión en la Incorporación de Reservas. • Optimización los costos de descubrimiento.
Control integral de la incorporación de reservas	<ul style="list-style-type: none"> • Informes sobre la incorporación de reservas. • Control de Incorporación de Reservas. • Seguimiento continuo de la información generada en la incorporación de reservas.

Tabla 3: "Actividades en la incorporación de reservas durante la etapa de exploración"
 Tabla basada de [26] Pemex, Pemex Exploración y Producción, Cadena de valor de Pemex Exploración y Producción, México 2014.

5.7.3 Caracterización inicial y delimitación de yacimientos

En la **tabla 4** se describen las actividades para llevarse a cabo en la caracterización inicial y delimitación de yacimientos durante la etapa de explotación en relación con el ciclo productivo de valor dentro del proceso administrativo:

Proceso de AIY	Actividades
Planeación integral de la caracterización inicial y delimitación de yacimientos	<ul style="list-style-type: none"> • Planeación y Programación de Caracterización Inicial y Delimitación de Yacimientos. • Estrategia de caracterización y delimitación de yacimientos. • Empleo de metodologías de caracterización inicial y delimitación de yacimientos. • Obtención de información por modelado geológico de yacimientos, procesado de información con herramientas de evaluación probabilística. • Incorporación de reservas probadas de hidrocarburos y certificación de reservas. • Evaluación de la tecnología de perforación de pozos delimitadores. • Objetivo, propósito y análisis de Proyectos de inversión.
Organización integral de la caracterización inicial y delimitación de yacimientos	<ul style="list-style-type: none"> • Designación de los responsables de la caracterización inicial y delimitación de yacimientos • Organización de caracterización inicial y delimitación de yacimientos • Asignación de recursos
Dirección integral de la caracterización inicial y delimitación de yacimientos	<ul style="list-style-type: none"> • Selección de personal para las actividades de caracterización Inicial y delimitación de yacimientos. • Comunicación y difusión de la información de la caracterización inicial y d. de y. • Supervisión en la Caracterización Inicial de Yacimientos. • Supervisión de la Delimitación de Yacimientos.
Control integral de la caracterización inicial y delimitación de yacimientos	<ul style="list-style-type: none"> • Informes de desempeño sobre la caracterización y delimitación • Control de Caracterización Inicial y Delimitación de Yacimientos. • Seguimiento continuo de la información generada para la caracterización y delimitación de yacimientos.

Tabla 4: "Actividades en la caracterización inicial y delimitación de yacimientos durante la etapa de explotación"

Tabla basada de [26] Pemex, Pemex Exploración y Producción, Cadena de valor de Pemex Exploración y Producción, México 2014.

5.7.4 Desarrollo de campos y optimización

En la **tabla 5** se describen las actividades para llevarse a cabo en el desarrollo de campos y optimización durante la etapa de exploración en relación con el ciclo productivo de valor dentro del proceso administrativo:

Proceso de AIY	Actividades
Planeación integral del desarrollo de campos y optimización	<ul style="list-style-type: none"> • Planeación del Desarrollo de Campos y Optimización. • Estrategia de desarrollo de campos petroleros. • Objetivo, propósito y análisis de proyectos de inversión. • Tecnologías para el desarrollo de campos, modelado de aparejos de producción. • Procesado de información con herramientas de evaluación probabilística. • Evaluación estocástica de proyectos de desarrollo de campos. • Diseño de modelos de infraestructura. • Generación del Estudio Integral de los Campos o su actualización.
Organización integral del desarrollo de campos y optimización	<ul style="list-style-type: none"> • Designación de los responsables del desarrollo de campos y optimización • Organización de las operaciones de desarrollo de campos y optimización. • Asignación de recursos. • Simplificación por la estandarización de los procesos de perforación, terminación e intervenciones a pozos.
Dirección integral del desarrollo de campos y optimización	<ul style="list-style-type: none"> • Selección de personal para las actividades de desarrollo de campos . • Optimización de las actividades de desarrollo de campos • Evaluación y supervisión de Ingeniería, Perforación, Terminación e Intervenciones a Pozos.
Control integral del desarrollo de campos y optimización	<ul style="list-style-type: none"> • Control de Ingeniería y Construcción de Infraestructura Superficial de Explotación. • Análisis de las operaciones de de desarrollo de campos y optimización. • Informes de desempeño de las perforaciones, terminaciones y diseños de aparejos de producción. • Seguimiento continuo a las actividades de desarrollo de campo y optimización

Tabla 5: " Actividades en el desarrollo de campos y optimización durante la etapa de explotación"
 Tabla basada de [26] Pemex, Pemex Exploración y Producción, Cadena de valor de Pemex Exploración y Producción, México 2014.

5.7.5 Explotación de yacimientos

En la **tabla 6** se describen las actividades para llevarse a cabo en la explotación de yacimientos durante la etapa de exploración en relación con el ciclo productivo de valor dentro del proceso administrativo:

Proceso de AIY	Actividades
Planeación integral de la explotación de yacimientos	<ul style="list-style-type: none"> • Planeación de la Operación y el Mantenimiento de Pozos e Infraestructura de Explotación. • Estrategia de explotación de yacimientos. • Objetivo, propósito y análisis de proyectos de inversión. • Análisis de Ingeniería y modelado del comportamiento de yacimientos, curvas de declinación y de tecnologías de recuperación secundaria y mejorada. • Simulación de opciones de explotación de yacimientos y modelado de sistemas de recolección.
Organización integral de la explotación de yacimientos	<ul style="list-style-type: none"> • Organización de las operaciones y mantenimiento de Pozos. • Asignación de recursos • Operación y Mantenimiento de la Infraestructura Superficial de Explotación. • Selección de la calidad y tipo de fluidos a inyectar.
Dirección integral de la explotación de yacimientos	<ul style="list-style-type: none"> • Selección de personal para las operaciones de la explotación • Evaluación y Supervisión de la Operación y Mantenimiento de Pozos e Infraestructura Superficial de Explotación • Optimización la infraestructura.
Control integral de la explotación de yacimientos	<ul style="list-style-type: none"> • Control y monitoreo Desarrollo de Campos y Optimización. • Informes de desempeño de la explotación • Seguimiento continuo a los sistemas de medición

Tabla 6: "Actividades en la explotación de yacimientos durante la etapa de explotación"
 Tabla basada de [26] Pemex, Pemex Exploración y Producción, Cadena de valor de Pemex Exploración y Producción, México 2014

5.7.6 Comercialización de hidrocarburos

En la **tabla 7** se describen las actividades para llevarse a cabo en la comercialización de hidrocarburos durante la etapa de exploración en relación con el ciclo productivo de valor dentro del proceso administrativo:

Proceso de AIY	Actividades
Planeación integral de la comercialización de hidrocarburos	<ul style="list-style-type: none"> • Planeación de operaciones para la comercialización. • Objetivo, propósito y análisis de los proyectos de inversión para los sistemas de transporte, almacenamiento y distribución de hidrocarburos. • Estrategia de comercialización de hidrocarburos. • Consideraciones legales y normas para la comercialización de hidrocarburos
Organización integral de la comercialización de hidrocarburos	<ul style="list-style-type: none"> • Disposición de las operaciones de comercialización • Coordinación y asignación de recursos para la comercialización • Organización de actividades de comercialización, sistemas de mezclado, etc.
Dirección integral de la comercialización de hidrocarburos	<ul style="list-style-type: none"> • Selección del personal encargado de la comercialización • Concertar los clientes y los precios para importación o venta. • Optimización de los sistemas de mezclado. • Supervisión de las Operaciones de Comercialización.
Control integral de la comercialización de hidrocarburos	<ul style="list-style-type: none"> • Control y monitoreo de las Operaciones de Comercialización. • Monitoreo y control automatizado en los ductos e instalaciones de transporte y distribución de gas y condensados. • Informes de desempeño • Seguimiento continuo de las operaciones de comercialización y la capacidad de respuesta inmediata para atender contingencias.

Tabla 7: "Actividades en la comercialización de hidrocarburos durante la etapa de explotación"
 Tabla basada de [26] Pemex, Pemex Exploración y Producción, Cadena de valor de Pemex Exploración y Producción, México 2014

5.7.7 Abandono de pozos

En la **tabla 8** se describen las actividades para llevarse a cabo en el abandono durante la etapa de abandono en relación con el ciclo productivo de valor dentro del proceso administrativo, Es la actividad final en la operación de un pozo cuando se cierra permanentemente bajo condiciones de seguridad y preservación del medio ambiente:

Proceso de AIY	Actividades
Planeación integral del abandono de pozos	<ul style="list-style-type: none"> • Justificación, objetivo y propósito del abandono • Plan de desarrollo, trabajos y presupuesto • Consideraciones legales y normas ambientales del abandono • Planeación y programación del abandono
Organización integral del abandono de pozos	<ul style="list-style-type: none"> • Designación del responsable del abandono • Organización de actividades de taponamiento de pozos, desmantelamiento, desinstalación de maquinaria y equipos • Coordinación y asignación de recursos para el abandono
Dirección integral del abandono de pozos	<ul style="list-style-type: none"> • Comunicación y notificación del abandono • Selección de compañía o asignación del personal para abandono • Dirección, supervisión de obras de abandono
Control integral del abandono de pozos	<ul style="list-style-type: none"> • Control y monitoreo del abandono • Informes del desempeño en el programa de abandono • Análisis de operaciones de abandono • Seguimiento en la preservación del medio ambiente

Tabla 8: "Actividades en el abandono durante la etapa de abandono"
 Tabla basada de [26] Pemex, Pemex Exploración y Producción, Cadena de valor de Pemex Exploración y Producción, México 2014

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir de la investigación desarrollada en este trabajo se pueden realizar las siguientes conclusiones:

1. La comprensión de la cadena de valor del negocio de Exploración y Producción (upstream y midstream) es fundamental para la aplicación de la AIY esto para visualizar la posición que ocupa cada uno de los miembros involucrados para que estos sean conscientes en cómo sus labores y actividades trascienden.
2. El nuevo enfoque propuesto puede ser aplicado dentro de cualquier proyecto de E&P, en cualquier momento, (desde la exploración hasta el abandono) para un buen desarrollo del negocio petrolero.
3. El nuevo enfoque de la AIY facilita la creación de un marco normativo vasto y riguroso, no solo en la planeación, sino también en la organización, dirección y control.
4. La administración integral de yacimientos que no es consiente del negocio petrolero, dirige todos sus esfuerzos para enriquecer únicamente el conocimiento técnico, en especial del yacimiento, dejando a un lado la maximización de valor económico.
5. Los esfuerzos para llevar a cabo un mejor proceso de la AIY en la planeación, organización, dirección y control integral de yacimientos facilitan que la incertidumbre pueda ser cuantificada, tolerada y mitigada y que se tomen medidas al respecto no solo en la etapa inicial sino también durante cualquier etapa del proyecto.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6. Para favorecer que las adecuaciones al plan sean razonables y se minimicen, es indispensable sustentarlo mediante metodologías de diseño de proyectos, tales como la VCD.
7. El equipo de administración integral de yacimientos debe estar conformado por un grupo de diseño o planeación de yacimientos, otro de dirección y organización de yacimientos y, por último, uno de control de yacimientos.
8. El conocimiento principal del líder es la administración de proyectos, complementado con conocimientos técnicos multidisciplinarios básicos.
9. La responsabilidad, en el caso actual de México, del administrador de activo es comunicar claramente a su equipo de proyecto los objetivos que se pretenden y cómo van a ser medidos los resultados.
10. El proceso de la toma de decisión, en sí, debe ser lo más cuantitativo posible por lo cual es muy eficiente el uso de la metodología VCD.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Energy Information Administration (EIA), "México- Overview data for Mexico", <http://www.eia.gov/countries/>, consultado Febrero de 2015.
- [2] EIA, "México- Overview data for Mexico / Total Energy Consumption in Mexico by Type" 2012, <http://www.eia.gov/countries/>, consultado Febrero de 2015.
- [3] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México). "El sector energético en México" 2014 / Instituto Nacional de Estadística y Geografía.-- México: INEGI, c2014.
- [4] Satter, A. y Thakur, G.C.: "Integrated Petroleum Reservoir Management: A Team Approach", PennWell Books, Tulsa, Oklahoma (1994), E.U.A.
- [5] M.L Wiggins y R.A Startzman, "An Approach to Reservoir Management", Society of Petroleum Engineers, SPE Paper-20747, Texas A&M U ,1990.
- [6] Thakur, G.C.: "Reservoir Management: A Synergistic Approach", paper SPE 20138 presentada en la conferencia Permian Basin Oil and Gas Recovery 1990, Midland, TX.
- [7] Pérez S., N.: "Administración de Yacimientos", Tesis para obtener el título de Ingeniero Petrolero, FI, UNAM, Abril 2000.
- [8] Wyllie R. "Reservoir Mechanics - Stylized Myth or Potential Science?," JPT (Junio 1962) 583.
- [9] Essley P. L.: "What is Reservoir Engineering?," JPT (Enero 1965) 19.
- [10] Craig F. F. y cds.: "Optimized Recovery Through Continuing Interdisciplinary Cooperation," JPT (Julio 1977) 755.
- [11] Harris D. G. y Hewitt C. H.: "Synergism in Reservoir Management-The Geologic Perspective," JPT (Julio 1977) 761.
- [12] Thakur, G.C.: "What is Reservoir Management," JPT (Junio 1996) 520-525; artículo SPE 26289.
- [13] Peregrino C. N., "Administración Integral de Yacimientos: Enfoque Moderno de Trabajo en Equipo", Tesis para obtener el título de ingeniero Petrolero, FI, UNAM, Sep. 2005.

-
- [14] Rodríguez de la Garza, F.: "La Administración de Yacimientos en México: Situación Actual y Perspectivas," *Publicación del Colegio de Ingenieros Petroleros de México*, Vol. II No. 3, Julio- Septiembre 2001.
- [15] Wiggins, M.L., "A Manual for Petroleum Reservoir Management", ed. Crisman Institute for Petroleum Reservoir Management, Department of Petroleum Engineering, Texas A&M U, College Station, TX (1989).
- [16] García, H. F. "Administración de yacimientos en Pemex Exploración y Producción" PEMEX, PEP, Octubre 2014.
- [17] Richardson J.G. y Sneider, R.M.: "Synergism in Reservoir Management," artículo editado por David H. Johnston, Exxon Production Research Co., Box 2189, Houston, Texas.
- [18] Gido J., Clements J. P., "Administración exitosa de proyectos", CENGAGE Learning, Quinta Edición, México, 2012.
- [19] Chiavenato Idalberto, *Introducción a la teoría general de la administración*, 7a. ed., McGraw-Hill Interamericana, 2004, p. 10.
- [20] Solval V.J.M "El Proceso Administrativo", recurso electrónico, consultado Enero de 2015.
- [21] Bustos F.E. "Proceso Administrativo", Instituto Politécnico Nacional, Junio, México 2003.
- [22] Hellriegel, D. y Slocum, J.W. Jr.: "Management", 4th ed., Addison-Wesley Publishing Co., Reading, MA (1986) 1214, 186-188.
- [23] Koontz H., H. Weihrich, "Administración, una perspectiva global", E.U.A., Ed. MacGraw-Hill, 1998.
- [24] Porter, M. E. (1985) "Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance". Free Press, New York, 1985.
- [25] S. Robbins, M. Coulter. "Administración", Ed. Pearson, décima edición, México (2010)
- [26] Pemex, Pemex Exploración y Producción, "Cadena de valor de Pemex Exploración y Producción", México 2014.
- [27] PSG, Company, "Defining Upstream Oil & Gas", U.S.A, portal web: <http://www.psgdover.com/es/oil-and-gas/oil-gas-market-overview/oil-gas-upstream>, consultado Febrero 2014
-

[28] Programa de Regionalización, sector hidrocarburos, Colombia., portal web: <http://www.anh.gov.co/portalregionalizacion/Paginas/LA-CADENA-DEL-SECTOR-HIDROCARBUROS.aspx> consultado Febrero 2015

[29] Asociación de Servicios de Petróleo de Canadá, (PSAC), "Industry Overview", Portal "<http://www.pfac.ca/business/industry-overview/>"; World Petroleum Council Canada, "About the industry" Portal, <http://wpcanada.com/yc/industry-info/about-the-industry/upstream-midstream-downstream.html>, consultado Febrero de 2015

[30] Stephen Robbins, Mary Coulter. "Administración", (2010), Pag.430

[31] Pemex, Pemex Exploración y Producción, Portal "La Industria petrolera mexicana", <http://www.industriapetroleramexicana.com/>, México, consultado Febrero 2015.

[32] Petróleos Mexicanos, Organismos subsidiarios y filiales, Pemex PEP, portal web: <http://www.pemex.com/organismos/>, consultado Febrero de 2015.