

**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
CENTRO DE ESTUDIOS DEL DESARROLLO (CENDES)**

**Aprendizaje tecnológico en métodos de recuperación de  
petróleo en la industria petrolera venezolana**

**Autor: Ana Josefina Barrios de Carrero**

**Trabajo que se presenta para optar al grado  
de Magister Scientiarum en Política y Gestión  
de la Innovación Tecnológica**

**Tutor: Dr. Luis F. Marcano González**

**Caracas, Julio 2015**



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
VICERRECTORADO ACADÉMICO  
CENTRO DE ESTUDIOS DEL DESARROLLO



## VEREDICTO

Quienes suscriben, miembros del jurado designado por la Comisión Técnica del Centro de Estudios del Desarrollo de la Universidad Central de Venezuela, para examinar el **Trabajo de Grado** presentado por: **ANA JOSEFINA BARRIOS DE CARRERO** Cédula de identidad N° 9.661.373, bajo el título **“APRENDIZAJE TECNOLÓGICO EN MÉTODOS DE RECUPERACIÓN DE PETRÓLEO EN LA INDUSTRIA PETROLERA VENEZOLANA”**, a fin de cumplir con el requisito legal para optar al grado académico de **MAGÍSTER SCIENTIARUM EN POLÍTICA Y GESTIÓN DE LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA**, dejan constancia de lo siguiente:

1. Leído como fue dicho trabajo por cada uno de los miembros del jurado, se fijó el día 21 de julio de 2015 a las 03:30 pm., para que la autora lo defendiera en forma pública, lo que ésta hizo en el Salón Luis Lander, mediante un resumen oral de su contenido, luego de lo cual respondió satisfactoriamente a las preguntas que le fueron formuladas por el jurado, todo ello conforme con lo dispuesto en el Reglamento de Estudios de Postgrado.
2. Finalizada la defensa del trabajo, el jurado decidió **aprobarlo**, por considerar, sin hacerse solidario con las ideas expuestas por la autora, que se ajusta a lo dispuesto y exigido en el Reglamento de Estudios de Postgrado. Para dar este veredicto, el jurado estimó que el trabajo examinado presenta coherencia e integración entre el problema, marco teórico y marco metodológico.
3. La autora, como conocedora del área de estudio, logra una aproximación novedosa, fundamentada en el conocimiento técnico, que constituye un aporte valioso en la comprensión de la gestión tecnológica de la industria petrolera venezolana.

En fe de lo cual se levanta la presente ACTA, a los 21 días del mes de julio del año 2015, conforme a lo dispuesto en el Reglamento de Estudios de Postgrado.

  
**José Gregorio Centeno**  
C.I. V-5.246.580  
INTEVEP  
Jurado Principal



  
**Luis Marcano González**  
C.I. V-3.404.273  
UCV-Arquitectura  
Tutor-Coordinador

  
**Alexis Mercado**  
C.I. V-5.430.487  
UCV-CENDES  
Jurado Principal

*En memoria al ser que me dio la vida, su esfuerzo, educación, dedicación y amor hasta el último momento y a quién le debo en parte todo lo que soy y lo que he logrado. Te amo y siempre te amaré y recordaré mami linda.*

*A mi papi quien, para mí, es un ejemplo de padre con sus enseñanzas, amor y forma de ver la vida, me hace reflexionar y demostrar que con empeño y dedicación todo se puede...*

*Te amo papi y espero que Dios nos permita seguir compartiendo unos años más.*

## AGRADECIMIENTOS

*Cuando tomé la decisión de iniciar los estudios en el CENDES, lo hice con el propósito de querer hacer algo diferente a lo que había estado acostumbrada por muchos años: la química, la matemática, los números, en fin, las ciencias puras. Sin embargo, a medida que avanzaba en la maestría, me di cuenta que lo que hice fue orientar mi tendencia natural por la investigación; ya no hacia la química o la matemática per se, sino a conocer como esos conocimientos adquiridos debían ser enfocados estratégicamente hacia la producción de un bien social, útil y novedoso.*

*Este trabajo de grado representó para mí un reto y un gran esfuerzo debido a todos los inconvenientes que se me presentaron durante estos cuatro años. Unos fueron muy duros, sobre todo ya al final y pensé en varias oportunidades en no continuar. Mas sin embargo, no lo hice y tomé la sabia decisión, gracias a Dios, de hacerle caso a los consejos de algunas personas muy especiales en mi vida para continuarlo y terminarlo. Fueron muchas las personas que de una u otra forma, directa o indirectamente contribuyeron en este trabajo, no obstante, estoy casi segura que al expresar mis agradecimientos habrán algunas que injustamente no las mencione y pido de antemano disculpa por tales olvidos.*

*Agradezco en primer lugar a mi tutor, el Dr. Luis F. Marcano, por ser un excelente profesor y guía. Nunca me abandonó y sobre todo, siempre confió en que este trabajo saldría adelante y de buena manera. Espero no haberlo defraudado.*

*A mi papá, por darme siempre sabios consejos y palabras de aliento para que siempre logre culminar mis metas y a mi mamá, que aunque ya no está físicamente conmigo, siempre estará en mis pensamientos y en mi corazón y me dará su bendición desde donde quiera que esté. Los amo.*

*A mi amado esposo, Freddy, por su comprensión y ayuda absoluta durante tantos años juntos y en especial en los momentos en que más lo he necesitado. A mis hijos Sarahi (mi ñañita) y Josué (mi chiquitico) quienes me han sabido comprender y aceptar las consecuencias de una responsabilidad que es mía, como lo son mis estudios, pero que los involucra a ellos. Les pido disculpas porque en ciertas situaciones estuve ausente, aunque físicamente presente. Los amo.*

*A mi siempre amiga y hermana de corazón, Maury, por su apoyo siempre incondicional en todas las etapas de mi vida, tanto personales como profesionales, te quiero manita linda!*

*A mis hermanas: Raquel, Leida y Lisbeth y a mis sobrinos por su apoyo cuando siempre los necesito tanto físico como espiritual, por ser tan especiales, que Dios los bendiga y les de mucha felicidad.*

*A Carlos Márquez, José Centeno y Marta Carrillo de PDVSA Intevep por brindarme el apoyo y autorización para realizar esta investigación.*

*A mis amigos: José Gregorio (Goyito), Patricia (Paty), María Yaneth, Yngrid y Odalis por escucharme, entenderme y apoyarme en mis momentos malos y buenos.*

*A mis compañeros y compañeras de PDVSA que gentilmente aceptaron participar en las entrevistas. Sin su colaboración esta investigación, simplemente, no hubiese sido posible.*

*A mis compañeros, compañeras profesores y profesoras del CENDES por los momentos tan amenos que compartimos, de verdad aprendí mucho de ustedes.*

## RESUMEN

Este estudio presenta una investigación exploratoria sobre el aprendizaje tecnológico de procesos de recuperación térmica de crudo en la industria petrolera venezolana, particularmente en PDVSA Intevep, en los últimos diez años. El análisis se basó en la identificación de procesos tecnológicos y organizacionales capaces de integrarse y adaptarse a los cambios del entorno, para lograr un aprendizaje tecnológico integral y dinámico. Para su realización se utilizó la técnica de la entrevista, la observación y la revisión bibliográfica.

El estudio permitió dividir el proceso de aprendizaje tecnológico en los subprocesos organizacional, relacional, estructural y tecnológico y se elaboró un modelo de gestión en el cual se identificó la interrelación existente entre: Estado-Instituto de investigación-Empresa.

Se identificó que el proceso de aprendizaje tecnológico está caracterizado por el desarrollo de estrategias organizacionales tales como: promoción de la autoformación de personal nuevo ingreso en áreas relacionadas directamente con los métodos térmicos de producción de petróleo; aplicación de un modelo optimizado de gestión orientado a concentrar en un solo proyecto y gerencia las actividades de Asistencia Técnica Especializada y de Investigación, optimizando la base de recurso humano, financiero y estructural de PDVSA Intevep y generando un equilibrio entre estas actividades, aplicación de un esquema de trabajo en el cual el aparato productivo e instituto de investigación trabajan de manera integrada desde la concepción de cualquier actividad del proyecto hasta su evaluación a escala piloto. Como principal medio para el aprendizaje se tiene el auto aprendizaje y como métodos: el aprender-haciendo y el aprender-investigando. Con respecto al subproceso relacional, se han desarrollado diferentes vinculaciones tanto internas con empresas, institutos y organismos del estado; como externas a través de empresas extranjeras. Se identificó que PDVSA posee varios niveles de dominio de tecnologías por métodos térmicos: uso eficiente de tecnologías y la adaptación y mejoras de las mismas a las condiciones propias de nuestros yacimientos.

**PALABRAS CLAVES:** APRENDIZAJE TECNOLÓGICO; CAPACIDADES TECNOLÓGICAS; DOMINIO TECNOLÓGICO; INDUSTRIA PETROLERA VENEZOLANA; RECUPERACIÓN MEJORADA.

**INDICE GENERAL**

	Página
FIRMA JURADO EXAMINADOR	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN	v
LISTA DE FIGURAS	ix
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I. ESTRATEGIAS DE LA INVESTIGACIÓN	7
Objetivo general	7
Objetivos específicos	7
Características de la investigación	8
Población y muestra	9
Técnicas e instrumentos de recolección de datos	10
Diseño del instrumento y tratamiento de datos	10
Limitaciones durante la investigación	11
CAPITULO II. APRENDIZAJE TECNOLÓGICO Y SUS IMPLICACIONES EN LA INDUSTRIA PETROLERA VENEZOLANA	13

La visión de un aprendizaje tecnológico integral y dinámico	14
Características que determinan el proceso de aprendizaje tecnológico en las organizaciones	16
Capacidades tecnológicas y sus características	17
Dominio Tecnológico	19
Etapas del dominio tecnológico	20
Aprendizaje tecnológico en la industria petrolera nacional e internacional	21
Revisión de antecedentes	26
<b>CAPITULO III. EL ROL DEL CENTRO TÉCNICO-CIENTÍFICO DE LA INDUSTRIA PETROLERA VENEZOLANA: PDVSA-INTEVEP COMO IMPULSOR DE TECNOLOGÍAS</b>	<b>28</b>
<b>CAPITULO IV. PRINCIPALES HALLAZGOS EN MATERIA DE APRENDIZAJE TECNOLÓGICO EN PROCESOS TÉRMICOS DE RECUPERACIÓN DE CRUDO</b>	<b>34</b>
Aspectos resaltantes del aprendizaje tecnológico en métodos térmicos de extracción de petróleo en PDVSA Intevep antes del 2003	35
Aprendizaje tecnológico en la nueva PDVSA	40
Subproceso organizacional	41
Subproceso relacional o vinculaciones con el entorno	54
Subproceso estructural	57

Subproceso tecnológico	58
ASPECTOS FINALES DE LA INVESTIGACIÓN A MANERA DE CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
BIBLIOGRAFÍA	69
ANEXOS	75

**LISTA DE FIGURAS**

		Página
Figura 1	Contribución porcentual de las principales fuentes de energía a la demanda mundial energética para el periodo 2010-2040	21
Figura 2	Reservas de crudo a nivel mundial para el año 2013	23
Figura 3	Distribución en Venezuela de las reservas probadas de petróleo por tipo de crudo	26
Figura 4	Elementos de gestión de la investigación y desarrollo en PDVSA Intevep	33
Figura 5	Distribución en el periodo de tiempo comprendido entre 1965 y 2001 de los documentos técnicos clasificados según el tipo de método de recuperación mejorada de hidrocarburos estudiado	36
Figura 6	Distribución de documentos técnicos en PDVSA Intevep por tipo de tecnología en el periodo de tiempo comprendido entre 1980-2002	38
Figura 7	Distribución del personal nuevo ingreso en el periodo entre 2003-2008 por nivel de formación	43
Figura 8	Distribución del personal de métodos de recuperación térmica por nivel de formación alcanzado para el año 2013	44
Figura 9	Distribución del personal de métodos de recuperación térmica por nivel de formación (Visión 2017)	44

Figura 10.	Distribución del personal dedicado a procesos de RMH térmico por nivel de dominio del idioma inglés	45
Figura 11	Distribución de los métodos de aprendizaje utilizados en PDVSA Intevep	49
Figura 12	Distribución de la frecuencia con la que los profesionales entrevistados utilizan algunos medios de aprendizaje	50
Figura 13	Distribución por tipo de actividad de investigación realizada	51
Figura 14	Medios utilizados para almacenar la información generada	52
Figura 15	Principales tecnologías de métodos térmicos en recuperación de crudo y su etapa de madurez tecnológica	62
Figura 16	Mapa de relaciones o modelo de gestión de PDVSA Intevep en materia de procesos de recuperación mejorada por métodos térmicos	64

## INTRODUCCIÓN

El presente es un estudio exploratorio fundamentado en la identificación de ciertos procesos característicos del aprendizaje tecnológico acumulado y desarrollado en la industria petrolera venezolana, particularmente en la filial científico-tecnológica de Petróleos de Venezuela S.A., PDVSA Intevep, en los últimos 10 años.

En esta oportunidad se dirigió la atención hacia el área de producción donde uno de los retos tecnológicos de la empresa es el incremento de la productividad de los pozos y aumento del factor de recobro tanto en yacimientos de crudo liviano, mediano y condensado, como en crudos pesados y extra pesados. De acuerdo al último informe de gestión anual de PDVSA correspondiente al año 2013, las reservas probadas de crudo en Venezuela fueron estimadas por el orden de los 298 mil 353 millones de barriles, de los cuales 259 mil 460 millones de barriles corresponden a crudo pesado y extra pesado, encontrándose estos principalmente concentrados en la Faja Petrolífera de Orinoco “Hugo Chávez Frías”.

En la actualidad, aún con los avances tecnológicos existentes, muchos de los crudos no convencionales<sup>1</sup> son difíciles de producir, debido a las condiciones geológicas de los yacimientos en donde se encuentran (presión, temperatura, heterogeneidad, profundidad, espesores de arenas, etc.) y a su principal característica o propiedad: crudos de alta viscosidad<sup>2</sup>, la cual restringe su transporte tanto dentro como fuera del yacimiento. Es en este sentido que PDVSA y particularmente PDVSA Intevep tiene como reto tecnológico el disminuir las viscosidades y aumentar la movilidad de estos crudos pesados y extra pesados tanto en el yacimiento como en el fondo del pozo. Este reto puede

---

<sup>1</sup>Los crudos no convencionales son aquellos que no son capaces de fluir naturalmente dentro, ni fuera de la roca que conforma el yacimiento. Los crudos no convencionales venezolanos llamados crudos extra pesados son capaces de fluir a las condiciones de presión y temperatura de yacimiento, pero no fuera de él, es decir, a través de las tuberías de producción. Mientras que los crudos pesados a pesar de fluir en el yacimiento y en la tubería, bajo ciertas características propias de viscosidad, su recuperación no es efectiva, ni eficiente bajo métodos tradicionales de producción en frío.

<sup>2</sup> El valor de viscosidad de crudo a condiciones de yacimiento es una medida importante para las empresas operadoras a la hora de caracterizar el crudo, ya que determina su capacidad de fluir dentro del mismo (Kokal & Al-Kaabi, 2010)

ser superado mediante tecnologías de recuperación de crudo las cuales hacen uso de energía térmica para disminuir su viscosidad y por ende aumentar su movilidad. Es en este tipo de tecnologías, de métodos térmicos para recuperar petróleo pesado y extra pesado, que está enmarcado el aprendizaje tecnológico estudiado en este trabajo.

La motivación para realizar esta investigación es debido a que nuestro país posee las mayores reservas de crudo pesado y extra pesado en todo el mundo y existe a su vez una necesidad imperante de ofertar suficiente cantidad de petróleo para suplir los requerimientos energéticos a nivel mundial. Por otra parte, la extracción de este tipo de crudo requiere tecnologías de recuperación altamente especializadas que demandan de altas capacidades tecnológicas y de un proceso de aprendizaje profundo y complejo el cual merece la pena ser investigado. Además, existe el hecho que la autora de este trabajo es trabajadora de PDVSA Intevep y tutora de la pericia de Métodos de Recuperación de Crudo. Como tutora de pericia tiene la responsabilidad principal de asegurar la formación integral de los profesionales de PDVSA Intevep asociados a dicha pericia y proponer estrategias que promuevan el desarrollo, la preservación, transferencia y actualización del conocimiento en la organización en esta área medular del negocio. Representa entonces un reto y una necesidad el hecho de identificar como se han realizado los procesos de aprendizaje tecnológico en materia de recuperación mejorada de petróleo en la industria petrolera y muy en particular en Petróleos de Venezuela S.A.

Para cualquier conocedor petrolero de los procesos de extracción o recuperación de crudo no es secreto que Venezuela posee una larga trayectoria en materia de recuperación de petróleo pesado por métodos térmicos por más de 60 años. En ese tiempo se acumuló un importante proceso de aprendizaje tecnológico y se desarrollaron capacidades tecnológicas en esta área. Sin embargo, en el año 2002, producto de una serie de eventos políticos en contra del gobierno y en los cuales la industria petrolera fue protagonista, se produjo un paro petrolero en el

cual 18 mil 756 personas fueron despedidas de esta principal industria del país<sup>3</sup>. La mayoría de estos profesionales poseían estudios de tercer, cuarto y quinto nivel y contaban con más de 10 años de experiencia en la industria. Además habían iniciado y desarrollado un importante proceso de acumulación de conocimientos tácitos y explícitos de gran interés para PDVSA en el área de recuperación mejorada de hidrocarburos y especialmente en métodos térmicos.

Es así como el panorama bajo el cual se forjó el aprendizaje tecnológico y las capacidades tecnológicas en procesos térmicos para la recuperación de petróleo pesado y extra pesado en PDVSA y otras áreas medulares del negocio petrolero, presentó su momento de gran crisis. No obstante, la industria se ha recuperado desde entonces y hoy en día cuenta con muchos profesionales jóvenes, la mayoría con apenas 10 años de experiencia o menos quienes han tenido que tomar las riendas tanto en aspectos técnicos, científicos como organizacionales, en compañía de los que aún estamos en la industria y que llevamos y practicamos los valores organizacionales de nuestra PDVSA muy en alto: respeto; apego a principios éticos y morales; justicia y equidad; innovación, conciencia del deber social y solidaridad.

Estos nuevos profesionales han venido adquiriendo conocimientos y desarrollando procesos de aprendizaje de diferentes maneras, adaptándose a la dinámica de la empresa y su entorno. Estos procesos de aprendizaje, en una visión muy particular del investigador, se han adaptado a la nueva forma de afrontar los retos tecnológicos que se han presentado y se siguen presentando a la industria. Los profesionales de PDVSA-Intevep ya no desarrollan una idea y ven si pueden ofrecérsela a algún negocio en las áreas operativas para que la implemente y con mucha suerte la masifique, sino deben de tener claro: a) para que se va a desarrollar cualquier tecnología, b) a quien va a beneficiar, c) que intereses económicos va a responder o d) que implicaciones geopolíticas va a generar, siguiendo como guía de trabajo la Ley del Plan de la Patria y muy

---

<sup>3</sup>Información obtenida del sitio web de PDVSA. Bitácora. Diciembre 2002-abril de 2003. [http://www.pdvsa.com/index.php?tpl=interface.sp/design/readmenuhist.tpl.html&newsid\\_obj\\_id=121&newsid\\_temas=13](http://www.pdvsa.com/index.php?tpl=interface.sp/design/readmenuhist.tpl.html&newsid_obj_id=121&newsid_temas=13)

particularmente la Plena Soberanía Tecnológica destacada en el Plan Siembra Petrolera 2013-2019.

En función de todo el planteamiento antes expuesto surge la siguiente interrogante: ¿Cómo ha sido el desarrollo del aprendizaje tecnológico en la generación adaptación y desarrollo de nuevas tecnologías para el aumento del factor de recobro por métodos térmicos y el grado de dominio tecnológico alcanzado por el centro de apoyo científico y tecnológico de la industria petrolera venezolana, PDVSA-Intevep, en los últimos 10 años?

Con el fin de obtener una respuesta a la interrogante planteada se definió como objetivo principal *identificar los procesos de aprendizaje tecnológico y el grado de dominio tecnológico en procesos de recuperación mejorada de hidrocarburos por métodos térmicos que posee Petróleos de Venezuela S.A. en los últimos 10 años*. La consecución de este objetivo general va en función de alcanzar una serie de objetivos específicos que están interrelacionados entre si y fueron diseñados considerando aspectos tales como: la identificación de los objetivos que persigue la empresa con el aprendizaje tecnológico en procesos de recuperación mejorada por métodos térmicos; los recursos (endógenos o exógenos) que utiliza; las competencias técnicas y gerenciales necesarias y desarrolladas; los métodos de aprendizaje utilizados por los profesionales encargados de llevar a cabo los desarrollos tecnológicos y finalmente los medios de información utilizados. Además, se propuso identificar el grado de dominio tecnológico alcanzado en materia de métodos térmicos para recuperación mejorada de crudo pesado y extra pesado; capacidad de vulgarización del conocimiento adquirido en la materia y detectar la existencia o desarrollo de planes de integración de procesos organizacionales y tecnológicos capaces de desarrollar nuevas tecnologías en procesos térmicos y transferirlas exitosamente para su implantación, comercialización y masificación.

En este punto es menester preguntarse ¿en que puede ayudar este trabajo tanto a la industria petrolera venezolana (caso de estudio), como al Centro de Estudios del Desarrollo (CENDES) como instituto de investigación y docencia en el campo

de las ciencias del desarrollo y de la planificación?. En primer lugar se puede decir que conocer como PDVSA Intevep lleva a cabo el proceso de aprendizaje tecnológico, desarrolla sus capacidades tecnológicas y explora el grado de dominio tecnológico que posee en un determinado proceso, es de gran interés ya que al realizar este diagnóstico inicial y basado en la necesidad de mejorar los procesos de recuperación de crudo que garanticen alcanzar las metas de producción propuestas, se pueden establecer planes a futuro que consideren aspectos en los diferentes componentes de un aprendizaje tecnológico integral (incluyendo aspectos tecnológicos y organizacionales). En segundo lugar, a la fecha no se ha registrado ningún trabajo orientado hacia el estudio del aprendizaje tecnológico en el área de tecnologías de recuperación mejorada de hidrocarburos en la industria petrolera ni a nivel nacional ni internacional, lo cual puede constituir como detonante de otros temas de investigación de mayor profundidad en esta área y que a su vez contribuyan a aumentar el acervo de conocimientos en las investigaciones sobre conducta y cultura organizacional, cambio técnico y aprendizaje tecnológico en la industria petrolera.

A continuación se presenta un resumen de los diferentes capítulos en los que fue dividido este trabajo de investigación. En el primer capítulo se le presenta al lector los aspectos relativos a la estrategia de investigación empleada para recopilar y analizar la información considerada como necesaria para llevar a cabo la investigación. Se plantean los objetivos de la investigación y así mismo se hace referencia al tipo de estudio realizado, las técnicas e instrumentos de recolección de datos utilizados y el tratamiento que se le otorgó a los mismos.

En el segundo capítulo se dan a conocer aspectos teóricos sobre el aprendizaje tecnológico, la importancia de los procesos de recuperación mejorada de la industria petrolera para el desarrollo futuro de las naciones. Otro aspecto a considerar en este capítulo son los diferentes estudios o enfoques que sobre el aprendizaje tecnológico y capacidades tecnológicas se han desarrollado en el sector petrolero tanto a nivel nacional como internacional.

El tercer capítulo se refiere sobre lo que es PDVSA Intevep y su rol como centro de técnico científico de la industria petrolera venezolana.

El cuarto capítulo documenta los principales hallazgos encontrados luego de analizar la información recolectada durante la investigación. Destacando en primer lugar aquellos aspectos que permitieron identificar lo que pretende aprender PDVSA en materia de tecnologías para recuperar el petróleo pesado y extra pesado; conocer el grado de madurez de la tecnología donde se concentran los mayores esfuerzos; los tipos de relaciones llevadas a cabo tanto dentro como fuera de la empresa que potencien o contribuyan con la acumulación del aprendizaje tecnológico. Además de conocer como los profesionales recién contratados luego del paro petrolero del 2002, aprendieron y desarrollaron estrategias que ayudaran a una efectiva y rápida acumulación de conocimientos técnicos-científicos y como el componente organizacional contribuyo a lograr dicho proceso. En segundo lugar, se identificó el grado de dominio tecnológico que posee PDVSA Intevep en materia de tecnologías de recuperación de crudo pesado y extra pesado por métodos térmicos.

En el quinto y último capítulo se sintetizan los comentarios de cierre, resumiendo los diferentes descubrimientos, sugerencias y recomendaciones finales surgidas del estudio exploratorio que servirán como referencia y antecedentes para futuras investigaciones.

# CAPITULO I.

## ESTRATEGIAS DE LA INVESTIGACIÓN

### **Objetivo general**

Identificar los procesos de aprendizaje y grado de dominio tecnológico en procesos de recuperación mejorada de hidrocarburos por métodos térmicos que posee la industria petrolera venezolana (PDVSA) en los últimos 10 años.

### **Objetivos específicos**

- Identificar cuáles son los objetivos que persigue la empresa con el aprendizaje en procesos de RMH
- Explorar que tipo de recursos utiliza PDVSA (endógenos o exógenos) para llevar a cabo los procesos de aprendizaje
- Detectar las competencias técnicas y gerenciales necesarias y desarrolladas por la empresa para poder evaluar un proceso de RMH determinado
- Identificar los métodos de aprendizaje desarrollados por los diferentes actores involucrados en la aplicación de métodos de RMH
- Identificar los medios de formación o tecnologías de información utilizados para el aprendizaje tecnológico acumulado
- Detectar la existencia de estudios de inteligencia tecnológica y el grado de transferencia de tecnología logrado en procesos de contratación y convenios específicos desarrollados

- Identificar la capacidad que ha desarrollado PDVSA para fabricar las piezas, máquinas y equipos necesarios para llevar a cabo los procesos térmicos de RMH, mediante la copia
- Identificar la capacidad que ha desarrollado PDVSA para modificar y mejorar las piezas, máquinas y equipos o procesos ya existentes necesarios para llevar a cabo los procesos térmicos existentes de RMH
- Explorar la capacidad de PDVSA para aplicar y difundir los procedimientos y técnicas aprendidas y obtener nuevos procesos térmicos en RMH
- Detectar la integración de procesos organizacionales, tecnológicos y de gestión capaces de desarrollar nuevos procesos térmicos de RMH y transferirlos efectivamente

## **Características de la investigación**

La investigación fue realizada a nivel exploratorio. Según Huerta (2010), se justifica la realización de este tipo de investigación cuando existe la necesidad de acercarse a una situación o a un contexto desde una comprensión más abierta y distanciada de los conceptos tradicionales. Se escogió este tipo de investigación en vista de que no existen evidencias bibliográficas de trabajos anteriores basados en el estudio de procesos de aprendizaje y desarrollo de capacidades tecnológicas en procesos de recuperación mejorada de hidrocarburos en la industria petrolera y más aún, bajo la percepción de un nuevo modelo de aprendizaje integral y dinámico.

El diseño de la investigación fue de campo, del tipo evolutivo-contemporáneo, haciendo uso de un estudio de caso (Huerta, 2010). En este tipo de diseño el investigador obtiene información relacionada con su estudio a partir de fuentes vivas o materiales, en su contexto natural o habitual. La recolección de los datos

pertenece a un evento actual considerando los cambios a lo largo del tiempo, mediante el estudio exhaustivo del caso PDVSA Intevep S.A. donde se identificó como se ejecutan los procesos de aprendizaje tecnológico en tecnologías de RMH mediante procesos térmicos en los últimos 10 años.

## **Población y muestra**

Se consideró como población a todos los profesionales que desarrollan algún tipo de actividad relacionada con procesos de Recuperación Mejorada de Hidrocarburos, sin embargo, debido al numeroso capital humano que posee PDVSA y que muchos de ellos dedican horas labor a ejecutar actividades en RMH, se optó por escoger como muestra y objeto de estudio a PDVSA Intevep debido a su orientación estratégica en generar soluciones tecnológicas integrales y desarrollar tecnologías propias, siendo responsable en el resguardo del acervo tecnológico de PDVSA.

La muestra fue no probabilística del tipo intencional; conformada de acuerdo al juicio o criterios del investigador (Arias, 2006). La muestra fue seleccionada en función de la posición o cargo que ocupan en la empresa diferentes profesionales y su relación con la planificación y desarrollo de proyectos de recuperación mejorada de crudo por métodos térmicos. Fueron considerados: gerentes de división, gerentes de departamento, jefes de proyecto, tutores de pericia, líderes de actividad, investigadores y técnicos, en total 23 profesionales.

## **Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Como técnicas para llevar a cabo la investigación se utilizaron la entrevista, la observación participante no estructurada y la revisión bibliográfica. Las mismas sirvieron para reunir los datos necesarios y conocer acerca de cómo se han llevado a cabo los procesos de aprendizaje tecnológico de procesos térmicos de recuperación mejorada de hidrocarburos en PDVSA Intevep S.A. y el grado de dominio tecnológico que posee la empresa. Se hizo uso de indicadores planteados por diversos autores en la literatura y modificados o adaptados por la investigadora, según el caso.

## **Diseño del instrumento y tratamiento de datos**

El instrumento para realizar la entrevista fue la guía de entrevista del tipo estructurado. La misma se elaboró haciendo uso de indicadores adecuados, tomados de la literatura y en algunos casos fue necesario reformularlos para adaptarlos a la investigación. Con el fin de considerar el enfoque integral del aprendizaje tecnológico que se pretendió abordar en este trabajo, se identificaron cuatro *subprocesos* que se interrelacionan entre sí para caracterizar finalmente el *proceso* de aprendizaje tecnológico: estos subprocesos fueron definidos como: 1) organizacional, 2) relacional, 3) tecnológico y 4) estructural. En el Anexo 1 se encuentra el modelo de entrevista utilizado en esta investigación.

Otra técnica utilizada en la realización de esta investigación, fue la observación. Esta consistió en visualizar el entorno estudiado, en forma sistemática, determinando cualquier hecho, fenómeno o situación producida, en función de los objetivos de investigación establecidos. El instrumento de recolección de datos utilizado fue el cuaderno de notas. Las observaciones fueron realizadas en

situaciones que por su naturaleza eran indicativas, para la investigadora, como escenarios claves para obtener información importante para la investigación, tales como asistencias a congresos, reuniones y charlas técnicas, foros, entre otros.

Para la realización de estudio y como ayuda para descubrir con que base de recurso humano en métodos de recuperación térmica contaba y cuenta PDVSA Intevep antes y después del paro petrolero ocurrido en el 2002, se realizó un estudio bibliométrico, con información obtenida de la base de datos de Petróleos de Venezuela S.A., RIPPET<sup>4</sup>. El periodo de búsqueda fue abierto hasta el año 2013. Se utilizó como estrategia de búsqueda palabras o frases claves tales como: RMH, “Recuperación Mejorada de Hidrocarburos”, EOR, “Enhanced Oil Recovery; “inyección de vapor, “procesos térmicos”. Con la información obtenida se generó una base de datos en Excel que permitió establecer comparaciones con respecto al número de investigadores, área de investigación, periodo de tiempo con mayor número de publicaciones, filial involucrada en el estudio, definición de la relación laboral de esos profesionales en la actualidad, entre otros aspectos de interés para la investigación. Esto con el fin de identificar cuantos están fuera de la empresa producto del paro petrolero, cuantos jubilados luego del 2002, quienes se mantuvieron en la industria, pero luego de más de 15 años de experiencia renunciaron y quienes aún se mantienen activos en el área de recuperación mejorada de crudo por procesos térmicos en PDVSA Intevep.

## **Limitaciones durante la investigación**

Debido a que los procesos de Recuperación Mejorada de Hidrocarburos (RMH) involucran un conjunto de acciones y tecnologías que van desde la consideración de facilidades de manejo y transporte de los fluidos de inyección; facilidades de inyección en los pozos; estudios y evaluación del comportamiento

---

<sup>4</sup>Red de Información Petrolera y Petroquímica

de los fluidos dentro del yacimiento; facilidades de producción, almacenamiento y disposición de los fluidos producidos con bajo valor comercial (desechos), el intentar considerarlos todos en un solo trabajo de tesis, tomaría mucho tiempo. Es por ello que esta investigación sólo consideró los aspectos relacionados con los estudios dentro del yacimiento. Un estudio que involucre toda la cadena de valor de aplicación de procesos de RMH podrá ser considerado para futuras investigaciones.

Otras limitantes fueron del tipo económico, temporal y de disposición de los entrevistados. La entrevista fue elaborada para realizarla personalmente, y en aquellos casos donde el entrevistado se encontraba en áreas lejanas a la ciudad de Caracas (Oriente y Occidente del país), se había considerado la opción de realizar viajes para aplicarla. Sin embargo, se tuvieron inconvenientes del tipo logístico, por lo que se optó por enviar las encuestas vía correo electrónico, pero la mayoría de los entrevistados se encontraban de vacaciones para la fecha prevista de realización de la misma, por lo que solo fueron considerados aquellos profesionales que se encontraban en PDVSA Intevep y aquellos que no estaban de vacaciones y pudieron responder la encuesta vía correo electrónico.

## CAPITULO II

### APRENDIZAJE TECNOLÓGICO Y SUS IMPLICACIONES EN LA INDUSTRIA PETROLERA VENEZOLANA

El acelerado cambio tecnológico experimentado en las últimas décadas, ha obligado a empresas y organizaciones con un fuerte componente tecnológico e intensivas en capital, a la búsqueda, creación y utilización de capacidades tanto tecnológicas, como organizacionales con la finalidad de generar procesos, productos y servicios de mejor calidad y precios que satisfagan las exigencias cada vez mayores de los mercados locales, regionales, nacionales e internacionales (Miao, Wei, & Ma, 2007). De esta forma se establece un sistema de interrelaciones entre diferentes organizaciones que involucran actividades de ensayo y error, experimentación y el desarrollo de nuevas rutinas que permitan mejorar su desempeño a través del tiempo, acumulando experiencia y madurando el conocimiento adquirido, lo cual es conocido como aprendizaje tecnológico.

Bell en 1984 citado por Lugones et al. (2007) realizó un planteamiento del aprendizaje tecnológico como una variedad de procesos mediante los cuales los individuos y las organizaciones, adquieren conocimiento y habilidades técnicas. Una secuencia de etapas que van desde la iniciación o adquisición hasta la mejora o la innovación. Sin embargo, esta visión lineal no necesariamente puede ser aplicada de manera general a cualquier organización, ya que en un entorno dominado por las tecnologías de la información, donde el acceso al conocimiento esta menos restringido y donde el compartir información no es tan tedioso, la aplicación de ciertas etapas en un orden específico y considerando única y exclusivamente el aspecto tecnológico, ha quedado a un lado como modelo para explicar el crecimiento tecnológico y económico de organizaciones inmersas en economías emergentes de países en vías en desarrollo. Es así como el concepto de aprendizaje tecnológico ha evolucionado de acuerdo a la visión que varios

autores poseen con respecto a cómo las firmas aprenden y los individuos que las conforman.

Hoy en día, las empresas, tratan de aprovechar ciertas capacidades que ya poseen, pudiendo obviar algunas de las etapas planteadas por los primeros teóricos del aprendizaje tecnológico con la finalidad de ganar tiempo y ser más competitivos al tener que enfrentarse con tecnologías similares en países desarrollados (Chen & Qu , 2003). Se plantean entonces nuevos modelos de aprendizaje tecnológico basados en su carácter integral y dinámico y donde se conjugan dimensiones organizacionales y tecnológicas que evolucionan continuamente para adaptarse a los cambios que le impone el entorno (Sampedro Hernández & Vera-Cruz , 2003).

### **La visión de un aprendizaje tecnológico integral y dinámico**

Autores como Villavicencio (2006)y Torres-Vargas (2006), hacen referencia al papel que juega el aprendizaje organizacional como un proceso complejo de articulación de conocimientos y experiencias que posee cada individuo bajo ciertas condiciones. Indican que es necesario dejar de ver a las empresas como entes pasivos o estáticos, aislados de su entorno, para evaluarlas bajo la óptica de un sistema dinámico. Debido a que dicho entorno evoluciona constantemente, la empresa debe evolucionar también y para ello requiere de cambios los cuales obligan a desarrollar capacidades dinámicas (Teece, 2007). Estas capacidades involucran un aprendizaje también dinámico que no sólo se refiere a los aspectos tecnológicos, sino que debe considerar aquellos que no lo son, tales como: técnicas de gestión, aspectos geográficos y organizacionales y factores de crisis el cual genera un aprendizaje discontinuo (Kim, 2001).

El desarrollo o existencia de un aprendizaje integral ha sido planteado desde 1996 por Lei et al, citado por (Chen & Qu , 2003). Estos autores definieron el

concepto de “meta aprendizaje “como un aprendizaje basado en la transferencia y recuperación de la información, experimentación y establecimiento de ciertas rutinas de manera dinámica, capaz de identificar, desarrollar y sostener efectivamente las capacidades tecnológicas nucleares o distintivas de la empresa u organización (Leonard-Barton, 1992). Luego, Chen y Qu en el 2003, desarrollaron un nuevo modelo de aprendizaje tecnológico basado en la integración y simultaneidad de componentes operacionales (adquisición de tecnologías), tácticos (asimilación) y estratégicos (mejora) que permiten desarrollar capacidades tecnológicas, gerenciales y organizacionales en empresas ubicadas especialmente en países en vías de desarrollo y que contribuyen a construir apropiada y efectivamente sus propias capacidades tecnológicas.

Entre los factores a considerar en este modelo integral destacan: 1) la necesidad que tienen las empresas de definir los **objetivos del aprendizaje**, identificando que necesitan aprender para ser más competitivas aprovechando al máximo las competencias tecnológicas y gerenciales que poseen, manteniéndolas y mejorándolas; 2) los **recursos o fuentes de conocimiento** utilizados, bien sea mediante el conocimiento formal, si el mismo es sistematizado dentro de las instancias organizativas de la empresa (conocimiento explícito), o el informal, si depende sólo de la experiencia del personal técnico/obrero (conocimiento tácito o implícito); 3) las **relaciones o vinculaciones existentes** tanto internas (dentro de la misma organización), como externas. Mercado (2000) señala que las fuentes de conocimiento utilizadas para llevar a cabo el aprendizaje tecnológico y desarrollar las capacidades tecnológicas pueden ser del tipo *endógeno*, basado en las capacidades propias de la empresa (capacidades endógenas) o *exógenas*, las cuales son obtenidas de fuentes externa (locales o extranjeras) de la empresa; 4) los **sujetos del aprendizaje**, ya que en la visión integral del aprendizaje tecnológico no solo aprenden los individuos, sino también las organizaciones, la forma como se organizan y se involucran para lograr un aprendizaje más efectivo, se le conoce como aprendizaje organizacional; 5) el **método utilizado** para el aprendizaje, el cual depende del objetivo planteado por

la empresa y los actores que ésta posee para desarrollar o fortalecer sus propias capacidades tecnológicas. Dependiendo del tipo de conocimiento requerido, la empresa debe ser capaz de aplicar o adaptar un determinado método. Si lo que se desea es adquirir o asimilar conocimiento tecnológico, los métodos de aprender haciendo o aprender usando, respectivamente, son los adecuados; si por el contrario, lo que se quiere es mejorar la tecnología, lo más recomendable es aprender mediante actividades de I+D. Para el caso de conocimiento gerencial, métodos de benchmarking o mejores prácticas son los más recomendados.

### **Características que determinan el proceso de aprendizaje tecnológico en las organizaciones**

Los procesos de aprendizaje tecnológico no se llevan a cabo de igual manera en todas las organizaciones. Existen factores o características en las empresas y su entorno capaces de determinar la característica del proceso de aprendizaje tecnológico que desarrollan (Villavicencio, Arvanitis, & Minsberg , 1995). Entre esas características podemos mencionar las siguientes:

- Conocimientos y experiencias que poseen y desarrollan diferentes actores de la empresa, capaces de movilizar y generar nuevos conocimientos y que actúan como detonantes en el aprendizaje tecnológico. Esto comprende conocimientos previos adquiridos en áreas afines que pueden integrarse para generar nuevos conocimientos o aplicaciones.
- Difusión e intercambio del conocimiento en el seno de la empresa través de interrelaciones con actores dentro y fuera de ella, lo cual implica canales de información confiables y duraderos con proveedores, otras organizaciones, instituciones, departamentos, etc.
- La perpetuación de esos procesos permite la construcción de una memoria tecnológica, reforzando la adquisición y generación del

conocimiento tecnológico en la empresa. El conocimiento acumulado durante el proceso de aprendizaje tecnológico debe ser codificado para que el mismo pueda ser transferido y se convierta en aprendizaje organizacional.

- La estructura organizativa de las empresas; pues no todas ellas se dotan de normas y reglas que permiten el acceso y difusión del conocimiento tecnológico por parte de los actores, ni la acumulación y sistematización de la experiencia del aprendizaje.
- La complejidad de la tecnología utilizada en los procesos productivos, mecánicos o automatizados, ligada al grado de madurez de la tecnología o a la frontera alcanzada a nivel internacional, así como el carácter de la apropiación, estandarización y dificultades de acceso a ella van a determinar el tipo de aprendizaje tecnológico desarrollado y las etapas involucradas en el mismo.
- El sector de actividad en el que se encuentran o las características de los productos que laboran, pueden requerir de un alto grado de contenido tecnológico, de especialización y precisión o a la inversa, productos estandarizados con bajos niveles de incorporación de conocimiento y fácil ubicación en el mercado.

## **Capacidades tecnológicas y sus características**

La generación de las capacidades tecnológicas y del aprendizaje como un proceso de acumulación de éstas, surge entre los años 80 y 90. En 1993 Bell y Pavitt citado por Lugones et al. (2007) definieron a las capacidades tecnológicas como las habilidades necesarias para generar y administrar el cambio técnico, que incluyen destrezas, conocimientos y experiencias distintas de las requeridas para operar los sistemas técnicos. Autores como Lall citado por (López, Vessuri , & Canino, 2008), definen las capacidades tecnológicas como aquellas habilidades para controlar, asimilar, adaptar, difundir, mejorar y desarrollar

nuevas tecnologías y utilizarlas con éxito en la comercialización de productos. Además, estas capacidades tecnológicas pueden ser consideradas como procesos continuos, idiosincráticos e internos y en buena medida informales (Testa, 2000), (Carvajal, 2010).

Finalmente y como opinión personal, las capacidades tecnológicas, tal como lo comentan los autores mencionados anteriormente, son un conjunto de habilidades o destrezas que desarrollan y acumulan las organizaciones en su interior y de manera continua, con la finalidad de generar y administrar el cambio técnico. Para ello, hacen uso tanto de mecanismos o procesos formales o explícitos, como de aquellos basados en la experiencia de los individuos que conforman dichas organizaciones mediante el conocimiento tácito o informal.

Dentro de la caracterización de las capacidades tecnológicas, Carvajal (2010) presenta las siguientes:

- a) Son adquiridas por procesos de aprendizaje tanto formal como informal. De acuerdo a lo planteado por Carvajal, estos procesos de aprendizaje deben considerar los siguientes factores: naturaleza de la tecnología o sector productivo, trayectorias tecnológicas, regímenes tecnológicos, sistemas nacionales de innovación y la participación del sector privado, entre otros.
- b) Presentan un componente cognitivo. Es decir, a partir del desarrollo de las capacidades y sus actualizaciones se adquiere conocimiento que refuerza la estructura cognitiva de los agentes involucrados.
- c) Son dinámicas. Aprendizaje constante a través de lo aprendido-desaprendido. Las capacidades que se adquieren en un determinado periodo histórico pueden variar en otro, lo cual depende de la tecnología definitoria del momento. Además, consideran la relación mutua entre las capacidades de las empresas (coordinación eficaz y adaptación de las competencias internas y externas), la tecnología y la innovación. Las capacidades tecnológicas se consideran como procesos constantes de

actualización en contextos geográficos, tecnológicos, organizacionales, políticos, económicos y sociales determinados y cambiantes.

- d) Son de carácter acumulativo. Aprendizaje incremental, continuo o discontinuo. El aprendizaje haya sido considerado exitoso o no, es acumulativo y posee diversos grados de madurez.
- e) Son internas. Proviene de las personas, organizaciones o comunidades y por lo tanto requieren de un ambiente favorable para que se desarrollen. No pueden ser implementadas desde el exterior de la empresa u organización.
- f) Están interrelacionadas. Es decir no son aisladas, ya que forman parte de un sistema, del Sistema Nacional de Innovación. En este aspecto, es necesario considerar las diferentes relaciones organizacionales existentes entre el sistema industrial, el político y el educativo, de acuerdo al triángulo de Sábato (Sábato & Botana, 1968).
- g) Son locales y tienen una base territorial y organizacional. El entorno, la ubicación geográfica y las proximidades relacionales con otras empresas conexas, determinarán las competencias específicas de dicha empresa

## **Dominio tecnológico**

De acuerdo a lo planteado en los apartados anteriores, la capacidad que posee una organización o empresa para saber producir, diseñar y crear nuevos conocimientos y tecnologías (capacidad de aprendizaje tecnológico) así como su capacidad económica y organizativa, juegan un rol fundamental en la permanencia de la misma en el mercado (competitividad) y en alcanzar la verdadera soberanía tecnológica de la región, estado o país donde está inmersa. A este conjunto de factores de múltiples dimensiones, así como los diferentes niveles alcanzados durante el proceso de aprendizaje tecnológico se le conoce como dominio tecnológico (Martínez, 1986).

## **Etapas del dominio tecnológico**

Según Martínez (1986), las etapas del dominio tecnológico se encuentran estrechamente relacionadas con las principales fases del aprendizaje tecnológico presentadas en capítulos anteriores y planteados por Pirela (1996) y Villavicencio (1995) de acuerdo a lo siguiente:

***Etapas I. Utilización simple.*** Esta etapa o fase involucra: posesión, uso y consumo de la tecnología. Puede incluir búsqueda de información especializada y así poseer un conocimiento y comprensión básica de la misma. En esta fase la tecnología no es utilizada con todas sus capacidades.

***Etapas II. Utilización eficiente.*** Debido a una comprensión y familiarización con el proceso, en esta etapa es posible la fabricación propia de piezas, máquinas y equipos mediante la copia.

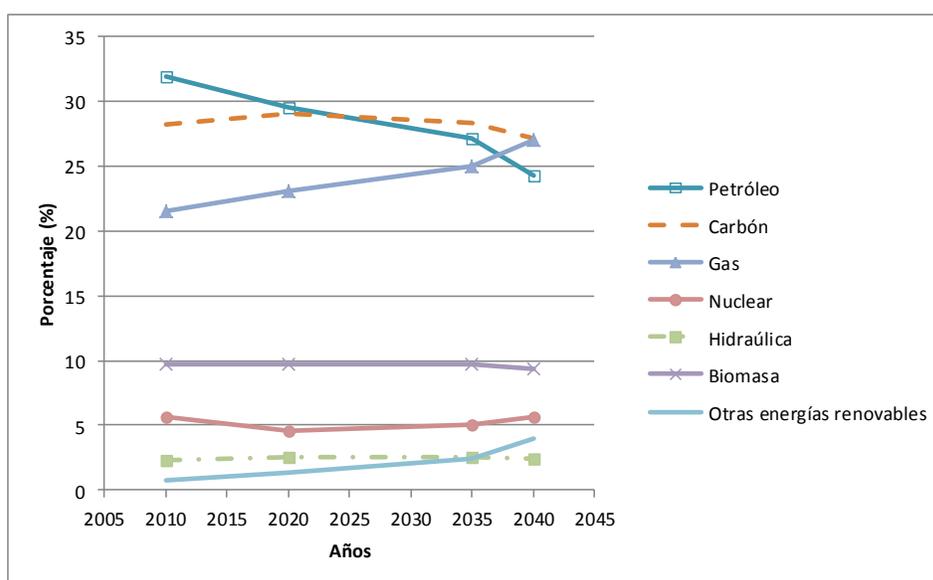
***Etapas III. Mejora.*** Modificación del diseño y mejoramiento de estándares

***Etapas IV. Aplicación innovadora.*** En este grado de dominio de la tecnología, la organización es capaz de aplicar y difundir adecuadamente los procedimientos y técnicas aprendidos. Además, puede realizar adaptaciones y mejoras de tal forma de obtener nuevos productos o aplicaciones.

***Etapas V. Desarrollo.*** Mediante la acumulación de un conjunto de capacidades de diferente índole: tecnológicas, de conocimientos, organizacional, económica, etc. La empresa es capaz de desarrollar nuevos productos y procesos y transferirlos efectivamente.

## Aprendizaje tecnológico en la industria petrolera nacional e internacional

De acuerdo a las predicciones en el crecimiento económico mundial, la demanda energética sufrirá un incremento de al menos un 60 por ciento en el período 2010-2040. Se pasará de 256 millones de Barriles de Crudo Equivalentes (BCE) en el 2010 a 410 millones de BCE en el 2040 (OPEP, 2014). Siendo este crecimiento impulsado por los países en vías de desarrollo, en particular, por parte China, India y otros países de Asia. En la Figura 1 se indica la contribución de cada tipo de fuente de combustible para suplir dicha demanda.



Fuente: (OPEP, 2014) (Modificada por la investigadora)

Figura 1. Contribución porcentual de las principales fuentes de energía a la demanda mundial energética para el periodo 2010-2040

En esta gráfica se observa que hasta el año 2020 el petróleo será la principal fuente energética a nivel mundial. No obstante, luego de esa fecha, podría ser desplazado por el carbón y el gas, especialmente en los países desarrollados si se logra la masificación de tecnologías actuales para la explotación y producción de dichas fuentes, haciéndolas menos contaminantes y reduciendo los costos de inversión. No obstante, para los países en vías de desarrollo, el petróleo es y

seguirá siendo su principal fuente de energía. En la actualidad la economía mundial está centrada en el petróleo, el cual cubre casi un 35 por ciento del consumo energético mundial, seguido por el carbón con 29 por ciento, luego el gas natural con una participación de 24 por ciento y por último la energía nuclear con un 6 por ciento, aproximadamente.

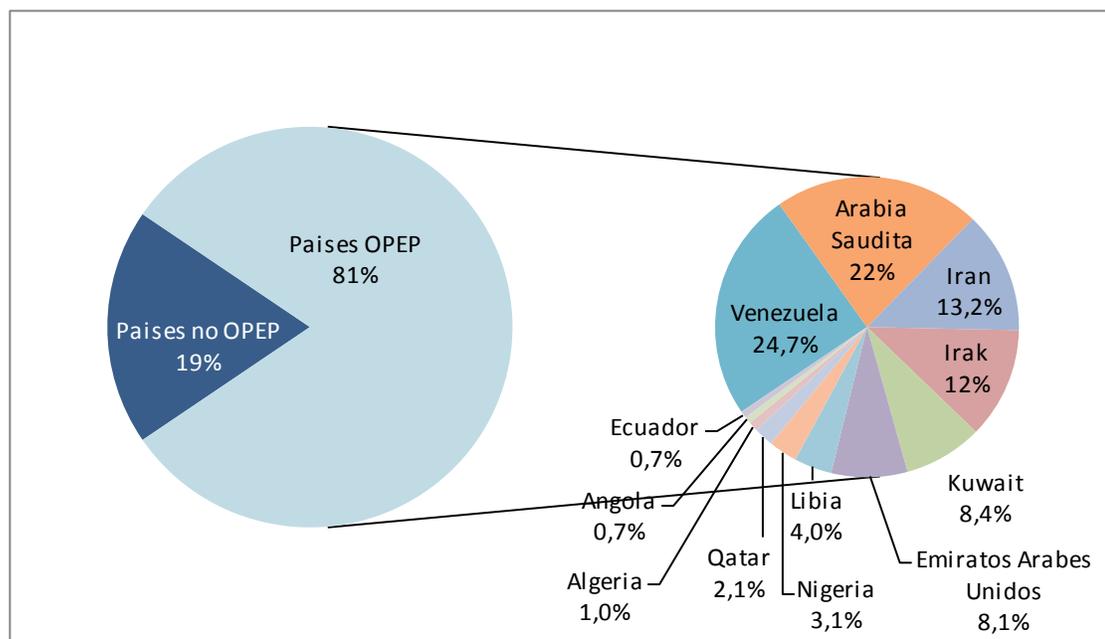
Es en este sentido, que las grandes empresas petroleras a nivel mundial están orientando sus esfuerzos en proyectos de investigación y desarrollo, permitiendo en el mediano y largo plazo contar con tecnologías capaces de afrontar los retos de producción requeridos y satisfacer la demanda. Entre los principales retos tecnológicos del sector petrolero mundial se encuentra aumentar la recuperación final de hidrocarburos en campos ya descubiertos (campos maduros) empleando nuevas tecnologías en el área de perforación, métodos de producción más eficientes y métodos cada vez más sofisticados de recuperación mejorada. En América Latina empresas tales como: PETROBRAS, PEMEX y PDVSA, por nombrar algunas en esta zona geográfica de nuestro interés, están realizando esfuerzos en desarrollar y acumular capacidades tecnológicas que le permitan, mediante la aplicación de tecnologías novedosas y eficientes desde el punto de vista económico y ambiental, afrontar los cambios y retos tecnológicos que se avecinan y los retos de producción que demandará en un futuro cercano el consumo energético global.

Venezuela posee un gran reto como país con las mayores reservas probadas de crudo a nivel mundial<sup>5</sup>: desarrollar eficientemente la Faja Petrolífera del Orinoco Hugo Chávez Frías (FPO-HCF). De acuerdo a la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) y del Informe de Gestión Anual de PDVSA para el año 2013, las reservas probadas de nuestro país se encuentran por el orden de los 298 mil 353 millones de barriles de petróleo, de las cuales 259 mil 460 millones de barriles se encuentran FPO-HCF lo que representa un 87 por ciento del total de nuestras reservas de petróleo. Estos datos hacen de

---

<sup>5</sup>Las reservas probadas son los volúmenes de hidrocarburos recuperables, estimados con razonable certeza de yacimientos conocidos. Debido a la incertidumbre inherente al carácter limitado de los datos sobre los yacimientos, las estimaciones de las reservas están sujetas a modificaciones en el tiempo, a medida que se va disponiendo de mayor información (Petroleos de Venezuela S.A. PDVSA, 2013)

Venezuela el país con mayores reservas a nivel mundial con un 24,7 por ciento del total de las reservas de los países de la OPEP, tal como lo muestra la Figura 2.



Fuente: Datos tomados del boletín anual 2014 de la OPEP<sup>6</sup> y adaptados por la autora

Figura 2. Reservas de crudo a nivel mundial para el año 2013

Las grandes reservas probadas de crudo a nivel mundial que aún están por ser explotadas se encontraban para el 2013 en unos 1490 mil millones de barriles según el informe de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEC, 2013). Dicho valor depende de las tasas de recuperación de crudo actuales, lo cual significa que un aumento o disminución de éstas harían una gran diferencia con el volumen estimado de dichas reservas. En el 2011 el entonces presidente de la SPE<sup>7</sup>, Alain Labastie, indicó que el factor de recobro máximo a obtener a nivel mundial en los campos petroleros está alrededor del 35 por ciento del total de reservas a nivel mundial (British Petroleum, 2013). Es decir, el otro restante 65 por ciento, lo cual representa cerca de 968 mil 500 millones de barriles de

<sup>7</sup>SPE: Society Petroleum Engineers o Sociedad de Ingenieros Petroleros

crudo aún quedan en los yacimientos esperando por ser producidos. En este sentido, la mayoría de las empresas petroleras a nivel mundial están tratando de maximizar el factor de recuperación (FR)<sup>8</sup> de los campos existentes y recurren a técnicas de extracción no convencionales. Sin embargo, la implementación y desarrollo de ciertas tecnologías de Recuperación Mejorada de Hidrocarburos (RMH)<sup>9</sup> fallan en cuanto a la relación entre el precio del crudo y el tipo de recurso energético a explotar. Solo serán técnica y económicamente factibles aquellas tecnologías de RMH capaces de mitigar el balance entre la oferta y la demanda.

Las tecnologías de RMH son generalmente complejas e intensivas tanto en capital como en recursos, sus altos costos son atribuidos principalmente a los altos costos de inversión y riesgos financieros. Hasta los momentos estas técnicas representan una de las alternativas de mayor interés para poder recuperar las enormes reservas de petróleo existentes.

Según una publicación del Dr. Kokal<sup>10</sup> (Kokal & Al-Kaabi, 2010), la producción mundial de petróleo por técnicas de RMH se había mantenido en los últimos años en alrededor de 3 millones de barriles por día, en comparación con casi 85 millones de barriles diarios de producción obtenidos para finales del 2013 por cualquier otra técnica convencional de recuperación de petróleo. Esto equivale a casi un 3,5 por ciento de la producción diaria. De esta producción asociada a técnicas de RMH, la mayor parte está relacionada con métodos térmicos los cuales contribuyen en promedio con 2 millones de barriles de petróleo por día. La idea principal detrás de los métodos térmicos es introducir calor dentro del yacimiento con la finalidad de reducir la viscosidad del crudo. Debido a que la viscosidad disminuye rápidamente a medida que la temperatura incrementa, entonces, una relativa pequeña adición de calor al yacimiento puede cambiar

---

<sup>8</sup>Factor de recobro es la cantidad de petróleo o gas presente en un yacimiento (en sitio) expresado porcentaje que puede ser extraído y producido con la tecnología disponible.

<sup>9</sup>Tecnologías capaces de incrementar el factor de recobro mediante la inyección de agentes de naturaleza química (inyección de surfactantes, polímeros y/o álcalis); térmica (inyección de vapor o combustión in situ) o gas bajo condiciones miscibles, capaces de interferir en las propiedades fisicoquímicas de los fluidos presentes en el yacimiento y que permit en disminuir la saturación de crudo residual en el medio poroso, por debajo de aquella obtenida por la aplicación de métodos primarios, secundarios o terciarios en los que sólo se han aplicado tecnologías para mantenimiento de (Lake, 1989).

<sup>10</sup> Experto en recuperación mejorada de la compañía estatal de Arabia Saudita, Saudi Aramco

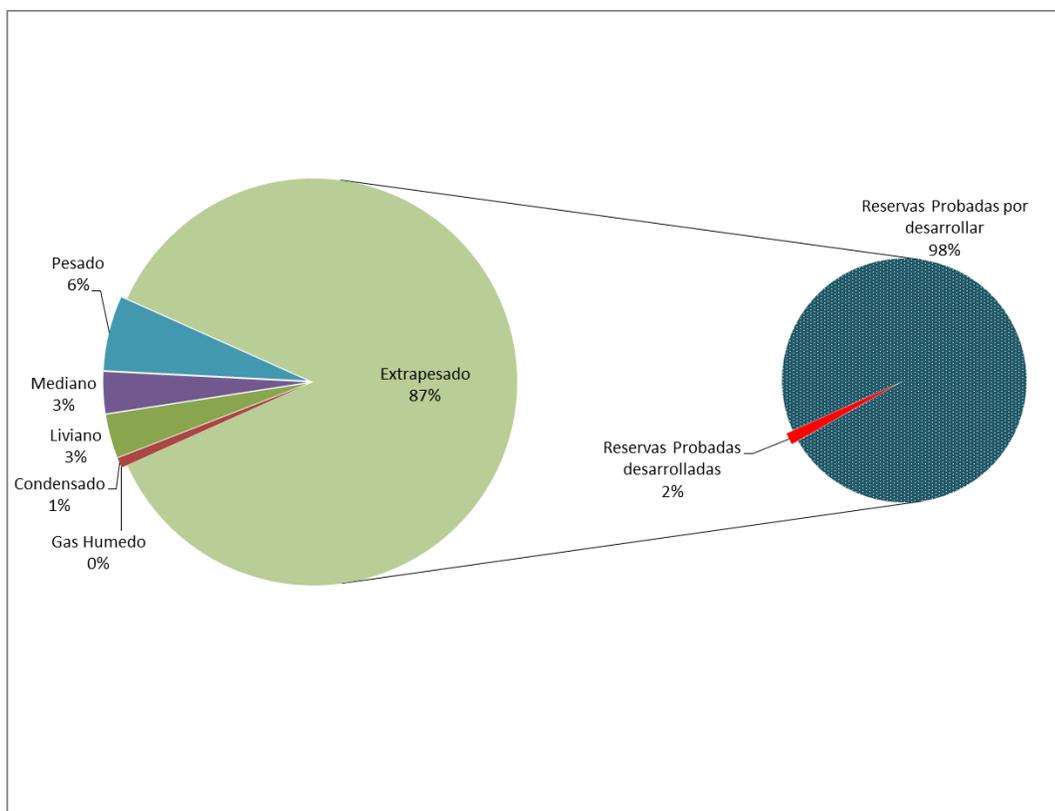
significativamente la movilidad del crudo, facilitando su extracción. Entre los métodos térmicos más populares aplicados hoy en día se tienen: inyección alterna o cíclica de vapor; inyección continua de vapor; Vapor Asistido por Drenaje Gravitacional (SAGD)<sup>11</sup>; otros métodos térmicos con menor aplicación comercial son: calentamiento eléctrico, inyección de agua caliente y combustión in situ.

Con un panorama en el cual casi el 70% de las reservas probadas a nivel mundial pertenecen a los crudos pesados y extra pesados, en donde las mayores reservas se concentran en nuestro país y siendo los métodos térmicos los más utilizados para la extracción de este tipo de crudo, se planteó la inquietud de conocer como ha sido el aprendizaje tecnológico y el desarrollo de capacidades en esta área del desarrollo tecnológico de la industria petrolera, considerando que las grandes reservas de este tipo de petróleo en Venezuela tienen un bajo grado de desarrollo, apenas un dos por ciento, de acuerdo a la Figura 3.

Con esta perspectiva de grandes reservas, Petróleos de Venezuela S.A. (PDVSA), tiene como principal objetivo cumplir con los lineamientos estratégicos y políticas que, en materia petrolera, se han establecido con el fin alcanzar los objetivos estratégicos y políticas de la Ley del Plan de la Patria; Segundo Plan Socialista de Desarrollo Económico y Social de la Nación 2013-2019. Al revisar estos objetivos estratégicos se identificaron aquellos relacionados directamente con: 1) la consolidación de la soberanía en el manejo del recurso petrolero y todas las actividades que este sector incluye y 2) el desarrollo de capacidades científico-tecnológicas.

---

<sup>11</sup> SAGD : Steam Assited Gravity Drainage



Fuente: Informe de gestión anual de PDVSA (Petróleos de Venezuela S.A. PDVSA, 2013) y modificado por la autora

Figura 3. Distribución en Venezuela de las reservas probadas de petróleo por tipo de crudo

## Revisión de antecedentes

Con el fin de determinar la existencia de antecedentes a este estudio se planteó a necesidad de realizar un estado del arte sobre los procesos de aprendizaje tecnológico y acumulación de capacidades tecnológicas en la industria petrolera nacional e internacional. Con respecto a los antecedentes relacionados con el estudio de procesos de aprendizaje se encontró que la mayoría de la literatura hace referencia al estudio del aprendizaje tecnológico tradicional planteado por Bell en 1984, citado por Lugones et al. (2007) y (Katz & Kosacoff, 1998) el cual está basado solo en aspectos tecnológicos. En Latinoamérica, se han identificado estudios orientados principalmente hacia el sector manufacturero

(Contreras & Munguía, 2007),(Velarde, Martínez, & Rojas , 2012); otros hacia el sector químico, (Villavicencio, Arvanitis, & Minsberg , 1995), (Mercado, 2000); entre muchos otros. En el sector energético, específicamente en tecnologías de captura y secuestro de dióxido de carbono, destacan los trabajos de (Van den Broek, Hoefnagels, Rubin, Turkenburg, & Faaij, 2009); (Riahi, Rubin, & Schrattenholzer, 2004); (Riahi , Rubin, Taylor, Schrattenholzer, & Hounshell, 2004) y hacia el uso del carbón en Japón (Nakata, Sato, Wang, Kusunoki T., & Furubayashi, 2011).

No obstante, hacia el área del aprendizaje directamente en la industria petrolera destacan los trabajos de Arrazate (2006), quien presenta una descripción del aprendizaje tecnológico en un centro de investigación científica del sector petrolero en México; la tesis de maestría de Øvsterud (2013), donde se evaluó el aprendizaje tecnológico desarrollado y acumulado y la construcción de capacidades tecnológicas domesticas en otro centro de investigación petrolera pero en esta oportunidad en Cuba. La compañía Ecopetrol reporta en su página WEB la cronología de como se ha llevado a cabo y cómo ha evolucionado el aprendizaje tecnológico durante su historia (Ecopetrol, 2010), en Brasil (De Oliveira & Roa Rubiano) y (Furtado, 2013) reportan el aprendizaje tecnológico desarrollado en PETROBRAS y la capacidad de esta empresa para innovar en las fronteras tecnológicas, en Estados Unidos, Helfat (1997) realizó un estudio de la acumulación de capacidades dinámicas y aprendizaje tecnológico en un instituto de investigación petrolero.

En Venezuela, se han llevado a cabo ciertos estudios del aprendizaje tecnológico en la industria petrolera, orientados principalmente hacia el sector conexo (Testa, 2000), Empresas Mixtas (González & Sánchez , 2011); tecnologías orientadas hacia la refinación y en mejoramiento de crudos pesados (López M. , 2006), (Vessuri, 1997). Ningún estudio sobre procesos de aprendizaje tecnológico en el área de métodos de recuperación mejorada en la industria petrolera fue identificado ni a nivel nacional ni internacional.

## CAPITULO III

### EL ROL DEL CENTRO TÉCNICO-CIENTÍFICO DE LA INDUSTRIA PETROLERA VENEZOLANA: PDVSA-INTEVEP COMO IMPULSOR DE TECNOLOGIAS

El instituto de apoyo científico y tecnológico a la industria petrolera venezolana, PDVSA Intevep, tiene actualmente como principal objetivo la captura, desarrollo, optimización y masificación de nuevas tecnologías. Fue instituido en febrero de 1974, como una Fundación para la Investigación en Hidrocarburos y Petroquímica y tuvo como primer nombre Invepet. Posteriormente, en 1976, junto con la nacionalización de la industria petrolera y creación de la empresa nacional Petróleos de Venezuela S.A. (PDVSA), el Invepet es renombrado como INTEVEP “Instituto de Tecnología del Petróleo” con el fin principal de garantizar, a las concesionarias locales, el acceso a las tecnologías desarrolladas por sus compañías matrices en el extranjero; teniendo como principal patrocinante a PDVSA. En junio de 1979, Petróleos de Venezuela convierte a Intevep en una de sus filiales y el mismo se constituye como empresa mercantil.

Desde su fundación Intevep ha sufrido una serie de cambios en sus objetivos. En sus primeros años era un instituto dedicado casi exclusivamente a la investigación básica en el área de los hidrocarburos, debido a que el mismo fue fundado sobre la base del Centro de Petróleo y Petroquímica del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC) no siendo tomado muy en serio por su casa matriz PDVSA como su instituto de apoyo tecnológico (Vessuri, 2005). Luego, en 1987 PDVSA decide que Intevep debe centralizar las actividades de ingeniería básica y la prestación de servicios técnicos operacionales avanzados dejando a un lado la investigación, pero en 1989, vuelve a darse un vuelco en el alcance de las actividades de Intevep, dándosele importancia a ambos aspectos: la investigación y la tecnología. Es en esta fecha cuando vuelve a cambiar de denominación y pasa ser: *Intevep, S.A., Centro de*

*Investigación y Apoyo Tecnológico.* Este cambio obedece en principio a la visión de la empresa de integrar o converger el área de la ciencia con la tecnología. No obstante, no es sino hasta los años 90' cuando PDVSA incluye por primera vez en su Plan de Negocios 1993-2002 el aspecto tecnológico en toda su cadena de valor (Vessuri & Canino, 1996). Este hecho desencadena una serie de estrategias organizacionales las cuales contribuyeron a la creación de proyectos orientados a la asistencia técnica especializada y al desarrollo y/o adaptación de tecnologías capaces de resolver los problemas identificados en las áreas operacionales. Los técnicos e investigadores de Intevep sacrificaron un poco el tiempo y dedicación a la investigación básica y orientaron sus esfuerzos hacia la prestación de servicios, mediante el contacto directo con el personal de áreas operacionales ubicadas en los propios campos petroleros. Esta visión permitió a los investigadores, técnicos y jefes de proyectos obtener una visión más aterrizada del problema que debían resolver, de la realidad de su entorno, tanto a corto plazo, mediante la prestación de un servicio de asistencia técnica especializada; como a mediano y largo plazo mediante la generación de proyectos de investigación y desarrollo y de investigación básica orientada, respectivamente.

Esta estrategia de gestión, como centro de investigación, fue bien acertada tomando en consideración ciertos aspectos desarrollados por Marcano (2000) quien propone una serie de elementos que considera deben existir y estar vinculados en cualquier centro de investigación. Esto con la finalidad de alcanzar una mejor gestión de sus actividades y proyectos tomando en consideración el entorno social, económico, político y cultural de los países latinoamericanos con el fin de promover, mantener y defender su independencia y soberanía. Marcano plantea los siguientes componentes: 1) concepción de la investigación como un sistema; 2) conocimiento de la rama de actividad donde se actúa, 3) desarrollo de proyectos propios; 4) equilibrio entre proyectos propios y servicios; 5) disposición de aparato de producción y 6) formación de personal de alto nivel. Dichos componentes fueron evaluados en Intevep para conocer si éste aplica el

modelo de gestión que propone Marcano como centro de investigación y apoyo tecnológico a PDVSA. A continuación se presentan los resultados obtenidos.

Tal como se señaló en párrafos anteriores PDVSA Intevep ha venido manejando desde 1989 la **concepción del proceso de investigación y desarrollo como un sistema** en el cual confluyen y se alimentan los proyectos de Asistencia Técnica Especializa (ATE). Estos fundamentan la confiabilidad operacional y la optimización de costos, ofreciendo soluciones tecnológicas en exploración, producción, transporte, refinación, mejoramiento y comercialización de petróleo, gas y sus derivados. Adicionalmente, mediante las actividades de ATE Intevep es capaz de resolver ciertas problemáticas e identificar aspectos tecnológicos que podrían representar una amenaza, oportunidad o debilidad para la corporación. Estos aspectos son tomados por los proyectos de Investigación y Desarrollo (ID) y de Investigación Estratégica (IE) orientados a desarrollar nuevas tecnologías y/o adaptar tecnologías existentes y al entendimiento de los fenómenos implícitos en dichas tecnologías, para así lograr un posicionamiento tecnológico de la corporación y la valorización de la base de recursos existentes.

Con respecto al **conocimiento de la rama de actividad donde se actúa**, es decir, los negocios de Petróleo y Gas y Energía, PDVSA Intevep ha desarrollado y promueve el conocimiento de estos negocios en sus diferentes áreas de la cadena de valor, en los aspectos técnicos, operacionales y comerciales, con el fin de entender la generación de valor de la base de recurso de hidrocarburos a través de la tecnología. El logro se obtiene mediante el desarrollo de una estrecha relación entre la estrategia tecnológica a seguir y los planes de negocio, los cuales están alineados a las políticas emanadas por el Ministerio del Poder Popular de Petróleo y Minería en el Plan Siembra Petrolera y con las políticas del Estado en relación al seguimiento de la Ley del Plan de la Patria 2013-2019, garantizando productividad, sustentabilidad y retorno de beneficios al estado venezolano. Luego, se establecen prioridades al jerarquizar las áreas a las que debe canalizarse el apoyo tecnológico efectivo. Finalmente, se desarrollan estrategias y se definen en conjunto, con la participación de los diferentes

actores tanto de PDVSA Intevep como de las áreas operacionales, las diferentes actividades y proyectos a desarrollar. De esta forma se garantiza la asertividad, pertinencia y efectiva transferencia de los resultados obtenidos en cada uno de los **proyectos propios** desarrollados por Intevep.

PDVSA Intevep S.A. al ser una empresa de carácter mercantil, específicamente bajo una denominación de Sociedad Anónima, filial de PDVSA, debe recuperar costos bajo el esquema de una unidad de negocio. Es por ello que los servicios tecnológicos se hacen bajo esquemas de corresponsabilidad, compartiendo riesgos y beneficios, utilizando los esquemas de facturación, recobro y rendición de cuentas. Para eso generan **proyectos propios** en los cuales PDVSA, como casa matriz, adquiere un rol activo en la integración de la tecnología y el aprendizaje al negocio, desde la definición de los diferentes requerimientos y proyectos hasta la aplicación o implementación de los resultados y productos en las operaciones o unidades de producción. De esta forma se promueve un **equilibrio entre proyectos propios y servicios y una disposición del aparato de producción**. La existencia de ese equilibrio permite al investigador y a los técnicos estar en contacto con los problemas de su área de competencia y aplicar la base de conocimientos adquiridos de su experticia en la resolución de dichos problemas, mediante los proyectos de investigación estratégica y de investigación y desarrollo cuyos resultados son posteriormente probados a escala piloto en las unidades de producción (Marcano, 2000). En la actualidad, Intevep focaliza su esfuerzo en tres áreas medulares para PDVSA: crudos pesados y extra pesados de la Faja Petrolífera del Orinoco Hugo Chávez Frías, gas costa afuera y optimización de la producción en áreas tradicionales.

El último aspecto, y no menos importante, es el de **formación del personal de alto nivel**. PDVSA Intevep siempre ha realizado y continua realizando grandes esfuerzos en la capacitación de su personal, con el fin de generar un cumulo importante conocimientos con la capacidad de afrontar los diferentes cambios tecnológicos a los que se enfrenta la industria petrolera moderna, generando y fortaleciendo sus capacidades tecnológicas. En este sentido, es pertinente

mencionar la creación, bajo decreto presidencial en el 2009, de la Universidad Venezolana de los Hidrocarburos (UVH), la cual surge en el marco de la Misión Alma Mater, programa orientado a la construcción y creación de universidades territoriales y especializadas (Ministerio del Poder Popular para la Educación Universitaria, Ciencia y Tecnología, 2014). La UVH posee sus instalaciones dentro de PDVSA Intevep donde se dictan cursos de maestría para formar profesionales inmersos en las actividades petroleras principalmente en el área de exploración y caracterización de yacimientos capaces de llevar a cabo investigaciones y propuestas para resolver situaciones específicas de las áreas operativas de PDVSA. Además, se forma el personal mediante cursos técnicos específicos para el área en el cual se desenvuelve, bien sea exploración, yacimientos, producción, refinación, etc. Otra estrategia de formación que utiliza PDVSA Intevep es mediante el establecimiento de contratos con asesores tanto nacionales como internacionales de alto nivel, con el fin de transferir conocimientos a los nuevos profesionales mediante el aprender haciendo.

Finalmente y a manera de conclusión de este capítulo, se puede decir que la gestión del instituto de apoyo tecnológico y científico de PDVSA permite que las tecnologías desarrolladas y/o adaptadas puedan ser probadas a escala piloto por la unidad de producción, que en este caso son las diferentes áreas operacionales de PDVSA. Esto se logra mediante el establecimiento de un equilibrio entre los proyectos propios de investigación estratégica, investigación y desarrollo y de asistencia técnica, planteado la investigación como un sistema y con un profundo conocimiento de la actividad petrolera para la cual trabaja en cualquiera de los eslabones de la cadena de valor del negocio petrolero (exploración, producción, refinación, transporte y comercialización) y en estrecha relación con el aparato productivo, al diseñar, planificar y ejecutar los proyectos en conjunto con las áreas operacionales. La Figura 4 resume los diferentes aspectos a considerar en la gestión de los centros de investigación aplicados a PDVSA Intevep S.A. como centro de apoyo científico y tecnológico de PDVSA.

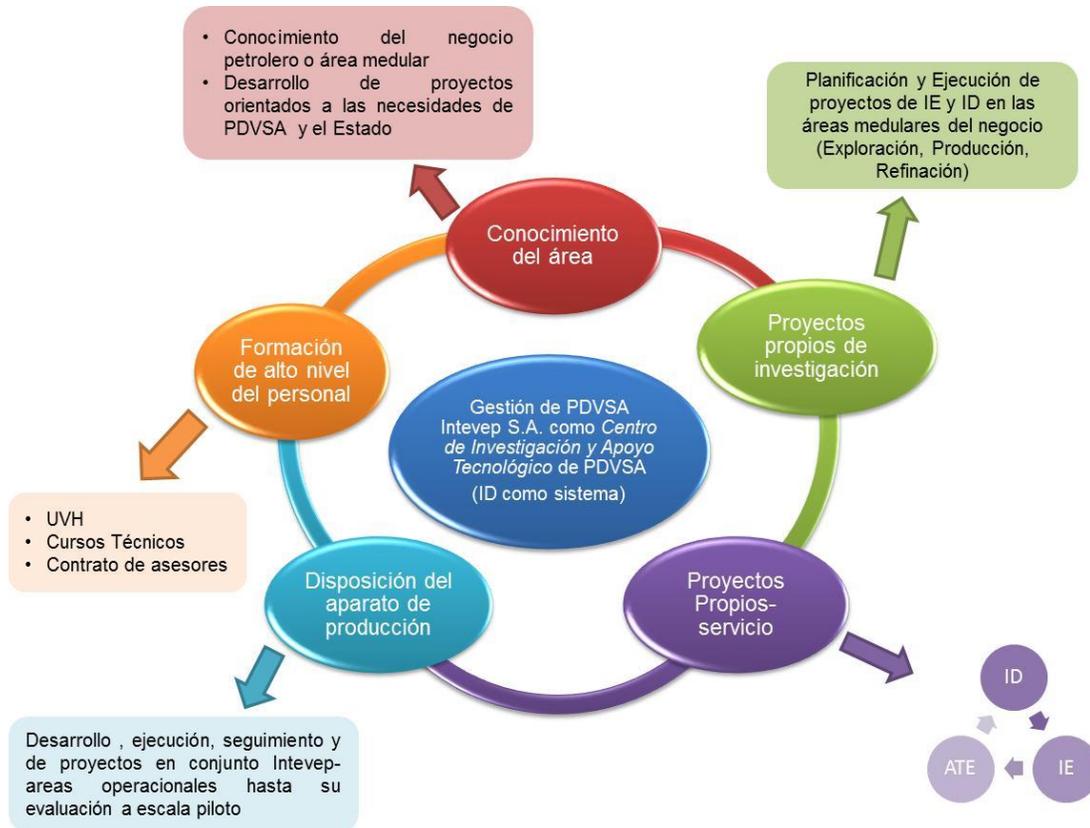


Figura 4. Elementos de gestión de la investigación y desarrollo en PDVSA Intevep

## **CAPITULO IV**

### **PRINCIPALES HALLAZGOS EN MATERIA DE APRENDIZAJE TECNOLÓGICO EN PROCESOS TÉRMICOS DE RECUPERACIÓN DE CRUDO**

La acumulación de capacidades tecnológicas de una empresa para adquirir, asimilar y mejorar tecnologías, va a depender de los mecanismos que, en materia de gestión tecnológica y organizacional, lleva a cabo con el fin de lograr un proceso de aprendizaje tecnológico rápido y eficaz. Este aprendizaje debe ser dinámico e integral, de acuerdo a lo planteado por Kim (2001) y Chen (2003). Es decir, no debe ser rígido, sino adaptarse de acuerdo a la situación, a los objetivos estratégicos planteados para un determinado tiempo y debe considerar tanto los aspectos tecnológicos como los no tecnológicos, como es el caso de la gestión organizacional.

Las tecnologías de recuperación mejorada de petróleo son procesos complejos que exigen una profundidad de conocimientos técnicos y amplia experiencia operativa con el fin de maximizarla recuperación de hidrocarburos de manera rentable y con responsabilidad ambiental. En tal sentido, el conocer los procesos de aprendizaje tecnológico alcanzados en esta área en la industria petrolera venezolana y el grado de dominio tecnológico que posee la misma, es de vital importancia para desarrollar planes y estrategias que permitan mejorar ese proceso de acumulación de conocimiento y ponerlo en práctica de manera adecuada, con el fin de alcanzar y desarrollar capacidades tecnológicas que permitan afrontar los retos de producción planteados por PDVSA en el corto, mediano y largo plazo.

Los métodos térmicos de extracción de petróleo juegan un papel vital como técnicas de recuperación mejorada de crudos difíciles de producir y transportar, como es el caso de los pesados y extra pesados. Sin embargo, su aplicación de

manera eficiente y oportuna demanda altas capacidades tecnológicas por parte de las operadoras que las aplican o pretenden aplicarlas, ya que estos métodos de recobro requieren asegurar una eficiencia energética superior a otras técnicas de recuperación mejorada, así como el control ambiental de los subproductos generados durante su aplicación.

La comprensión de como se ha desarrollado el proceso de aprendizaje tecnológico y el grado de dominio actual que posee PDVSA en dichas tecnologías, requieren de un estudio completo en el que se incluyan o por lo menos se mencionen algunos aspectos claves relacionados con dicho proceso de aprendizaje en la industria petrolera venezolana. Se debe tomar como hito un hecho histórico ocurrido en el año 2002 en el que más de 16 mil trabajadores de la industria petrolera se unieron a un paro que ocasionó, además de pérdidas económicas de gran magnitud para el país, la pérdida de un conocimiento tácito y explícito de gran valor y la discontinuidad en un proceso de acumulación de aprendizaje tecnológico. Sin embargo, a partir del 2003 PDVSA continuó adelante y se pretendió con este trabajo averiguar los niveles de aprendizaje tecnológico que se tenían antes del paro y los actuales e identificar las estrategias utilizadas para afrontar los nuevos retos que se le han presentado.

### **Aspectos resaltantes del aprendizaje tecnológico en métodos térmicos de extracción de petróleo en PDVSA Intevep antes del 2003**

Con el fin de identificar como ha sido el proceso de aprendizaje de PDVSA en el periodo comprendido entre el 2003-2013, en materia de tecnologías de recuperación mejorada por métodos térmicos, el cual es el objetivo de este estudio, pareció importante y necesario comparar algunos factores determinantes del aprendizaje acumulado antes del paro petrolero. Para ello se procedió a analizar la documentación técnica generada y almacenada en la base de datos de PDVSA, RIPPET para un periodo de tiempo abierto hasta el año

2013 en el área de procesos recuperación mejorada de crudo por métodos térmicos.

El instituto de apoyo científico y tecnológico de PDVSA ha estado en los últimos 20 años trabajando en lo que se refiere al estudio, evaluación y desarrollo de tecnologías orientadas a aumentar el factor de recobro de nuestros yacimientos. Este hecho se ve reflejado en la producción intelectual generada por PDVSA desde mucho antes de los años 80' hasta el año 2013 en materia de recuperación mejorada, en la cual se identificaron más de seiscientos documentos técnicos, de los cuales un 30 por ciento, aproximadamente, corresponden al área de métodos térmicos para toda PDVSA y de estos, el 60 por ciento son atribuidos sólo a Intevep. La Figura 5 muestra cómo ha sido la producción intelectual de PDVSA en métodos de recuperación mejorada antes del año 2002.

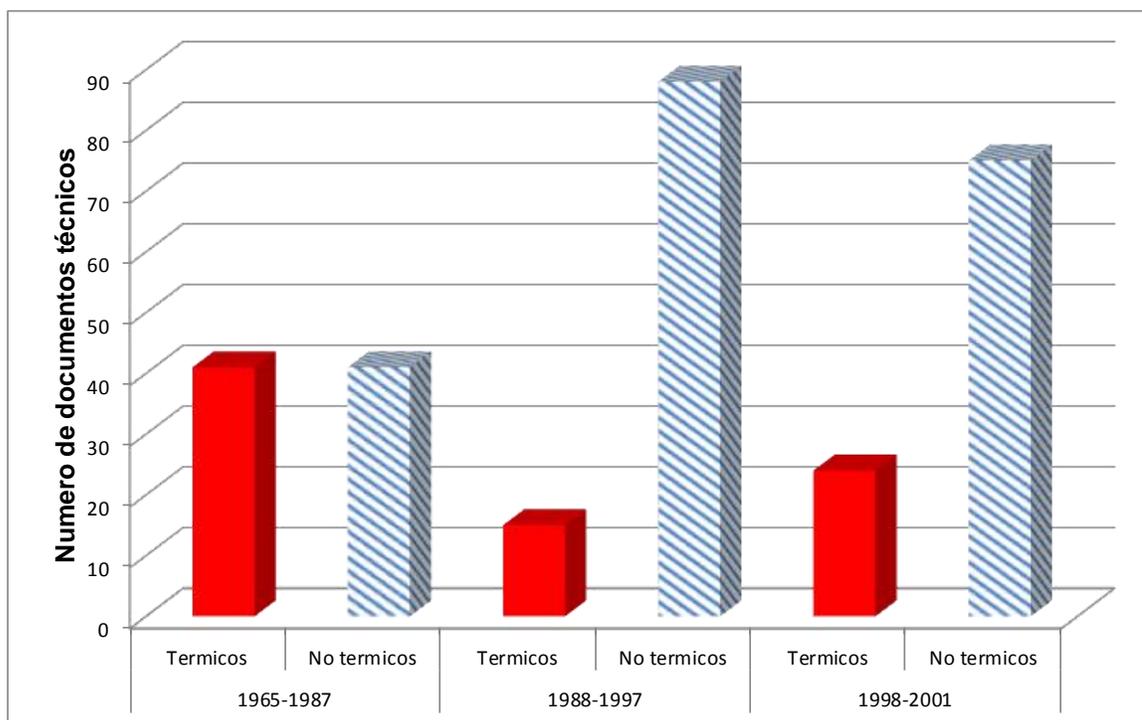


Figura 5. Distribución en el periodo de tiempo comprendido entre 1965 y 2001 de los documentos técnicos clasificados según el tipo de método de recuperación mejorada de hidrocarburos estudiado

En la gráfica se observa la tendencia en estudios de tecnologías de recuperación mejorada en la industria petrolera venezolana en la cual hasta 1987, tanto los métodos térmicos como los no térmicos eran abordados con igual oportunidad o prioridad, no obstante, luego de esta fecha y hasta el año 2001, PDVSA estableció dentro de sus prioridades el estudio de métodos de recuperación mejorada para crudos livianos y medianos, los cuales fueron representados en su mayoría por los procesos no térmicos como es el caso de la inyección de gases miscibles. Se realizaron estudios de factibilidad técnica de inyección de CO<sub>2</sub> para yacimientos del Oriente del país y la inyección de químicos, tales como álcalis, surfactantes y/o polímeros para el Occidente.

Con respecto a las tecnologías relacionadas con procesos térmicos evaluadas o consideradas antes del 2002, la Figura 6 presenta su distribución a través del tiempo en el cual se identifican hasta el año 1996 las tecnologías de inyección alterna de vapor (IAV), inyección de vapor con aditivos y espumas. Después, entre 1997 y el 2002 destacan las tecnologías de Inyección Continua de Vapor (ICV) para crudos livianos y medianos y la de inyección de vapor asistido por gravedad (SAGD). Vale la pena destacar que de todas las tecnologías evaluadas en PDVSA Intevep en el área de procesos térmicos, solo las de inyección alternada y la de inyección continua de vapor en crudos pesados estaban siendo aplicadas en los yacimientos de forma masiva, el resto solo se encontraban en etapa de evaluación y realización de posibles adaptaciones para aplicarlas a las condiciones de nuestros yacimientos.

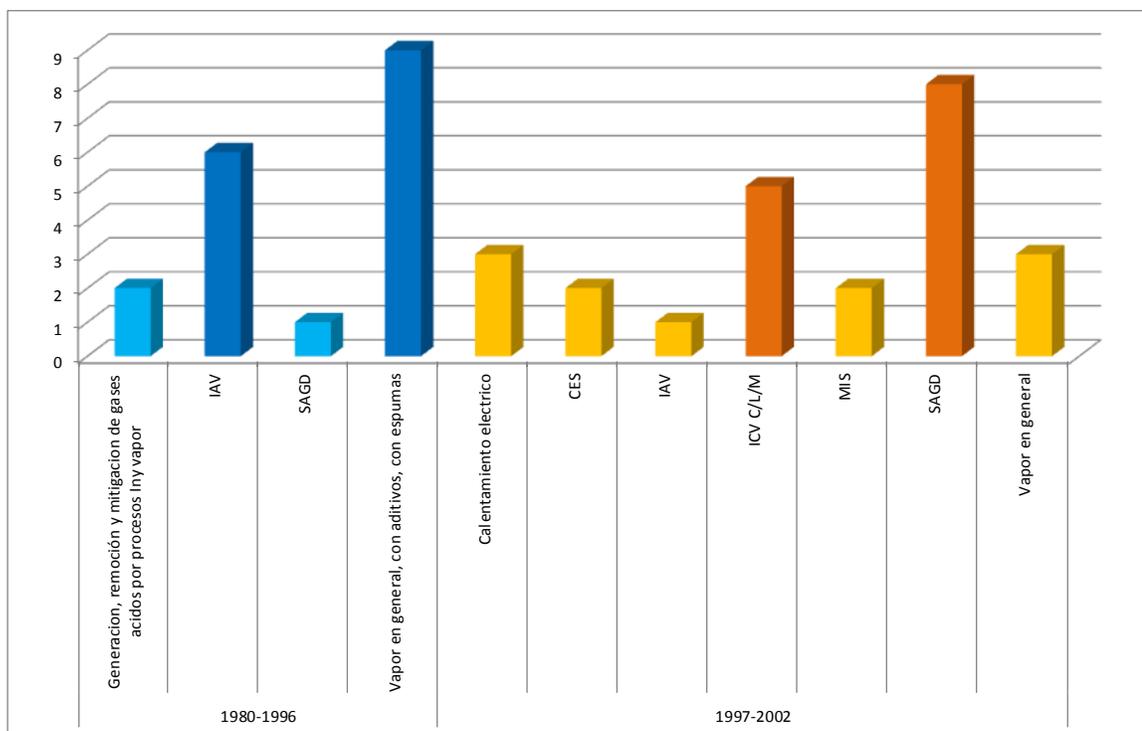


Figura 6. Distribución de documentos técnicos en PDVSA Intevep por tipo de tecnología en el periodo de tiempo comprendido entre 1980-2002

Además de determinar la cantidad de documentos generados antes del paro petrolero en el área tecnológica de interés, también fue posible identificar, de manera aproximada, la cantidad de profesionales dedicados a estudiar, evaluar y desarrollar dichas tecnologías antes del año 2003. En total, para el año 2002 y anterior a él, habían 74 profesionales trabajando en proyectos orientados a procesos térmicos de RMH en PDVSA Intevep, los cuales habían permitido que la industria petrolera comenzara a desarrollar capacidades tecnológicas en esta área de gran importancia y poseían un conocimiento tácito en diferentes áreas vinculadas con las tecnologías de procesos térmicos como lo eran: Inyección Alterna de Vapor (IAV) en pozos horizontales, uso de surfactantes como aditivos en procesos de IAV, factibilidad de aplicación de Inyección Continua de Vapor (ICV) en crudos livianos y medianos, inyección de vapor usando gas; Calentamiento Electromagnético (CE), Steam Assited by Gravity Drainage

(SAGD), Combustión en Sitio (CES) y se estaban dando los primeros pasos para el estudio de aquatermólisis<sup>12</sup>.

De esos 74 profesionales, el cinco por ciento de ellos aún continúan en la empresa pero en cargos directivos y gerenciales, otro cuatro por ciento tomó su jubilación en el periodo entre el 2003-2005 aportando muy poco de sus conocimientos a los nuevos ingresos y sólo un tres por ciento se mantuvo en la industria transfiriendo sus conocimientos implícitos basados en su experiencia de más de 15 años en proceso térmicos de recuperación mejorada, aunque luego fueran absorbidos por empresas petroleras extranjeras, quienes les ofrecieron mejores salarios y beneficios económicos. De esta forma el resto de los profesionales, casi un 85 por ciento, abandonaron la industria para unirse al paro, dejando un enorme vacío de conocimiento implícito y por ende un aprendizaje tecnológico discontinuo (Kim, 2001). Solo quedaron documentos almacenados en las bases de datos de PDVSA con el conocimiento explícito, codificado y disponible para que las nuevas generaciones pudiesen aprender prácticamente a solas, por cuenta propia mediante el auto aprendizaje.

Es de gran interés destacar un hecho importante ocurrido no sólo en el área de métodos de recuperación de crudo en PDVSA Intevep, sino en toda PDVSA y es que el paro fue convocado y acatado en su mayoría por personal nomina mayor, personal técnico de alto nivel y experiencia quienes eran los responsables y casi los autorizados para publicar los documentos que escribían (conocimiento explícito), dejando a un lado al personal que laboraba como técnico de laboratorio (fuente de un importante conocimiento implícito o tácito), quienes eran los que llevaban a cabo, en la mayoría de los casos, las pruebas experimentales para que luego el investigador las analizara y sacara el informe o publicaciones correspondientes. Fue este personal, casi común en toda PDVSA: personal nomina menor o nomina mayor, pero técnico superior o bachiller quien, sin aparecer en documentos técnicos como co-autor, poseía en su interior un

---

<sup>12</sup>Proceso relacionado con el desarrollo de reacciones químicas entre el crudo, el vapor inyectado y la roca capaz de generar gases ácidos, tales como: sulfuro de hidrogeno, dióxido de carbono, entre otros.

cumulo de conocimientos implícitos que sólo los codificaba en los cuadernos de laboratorio o libretas de campo; el que se quedó sin unirse al paro, formando parte de los personajes claves para retomar algunas líneas de investigación luego del 2003 en adelante.

## **Aprendizaje tecnológico en la nueva PDVSA**

Luego del paro, PDVSA perdió personal clave en todas las áreas y funciones, pero salió adelante y levantó nuevamente la producción con el poco personal que quedó y la aplicación de ciertas estrategias organizacionales con las cuales se intentó reponer todas esas capacidades tecnológicas que se habían desarrollado a lo largo de muchos años y que en unos pocos días desaparecieron y sólo quedaron, en ciertos casos, documentos técnicos, archivos en computadoras y cualquier otro soporte que pudo servir para reconstruir aquel conocimiento explícito en áreas consideradas medulares para la empresa.

A continuación se presentan los diferentes hallazgos sobre cómo se desarrolló el proceso de re-acumulación de aprendizaje tecnológico en PDVSA Intevep en procesos de recuperación mejorada por métodos térmicos luego del paro petrolero, bajo una visión de un proceso de aprendizaje tecnológico integral donde se identificaron cuatro subprocesos que interactúan entre sí para lograr el objetivo final. Estos subprocesos son en primer lugar el organizacional, el cual toma en consideración los aspectos de gestión de personal, gestión de proyectos, gestión del conocimiento y estructura organizacional. En segundo lugar se tiene el subproceso relacional el cual considera las diferentes vinculaciones que se han dado tanto en el interior de la empresa como fuera de ella. El tercer subproceso es el estructural en el cual se consideró las facilidades con las que cuenta PDVSA Intevep como centro de investigación y apoyo tecnológico de PDVSA. El cuarto y último subproceso considerado fue el tecnológico, en el cual se buscó de identificar el grado de dominio tecnológico

que posee PDVSA en métodos de recuperación de crudo por métodos térmicos, las tecnologías que PDVSA considera claves para impulsar y profundizar el aprendizaje en ellas, los recursos utilizados y los métodos de aprendizaje que han aplicado y que mejor le han resultado y finalmente el componente estructural el cual considera la infraestructura con la que dispone Intevep como centro de investigación y apoyo tecnológico de PDVSA para dar respuestas oportunas y efectivas a las áreas medulares de la Corporación.

## **Subproceso organizacional**

### **Gestión del personal**

PDVSA Intevep S.A. ha manejado el modelo de desarrollo y proceso de aprendizaje de su personal en términos de pericias, las cuales son capaces de integrar una serie de competencias integrales relacionadas con las áreas técnicas, genéricas y humanísticas. Estas pericias tienen como objetivo agrupar a cierto número de profesionales dependiendo de la experticia que estos poseen o donde la empresa desee que se desarrollen con el fin de fortalecer su formación en el manejo de procesos de diferentes grados de complejidad en diferentes áreas relacionadas con la cadena de valor de la industria petrolera (exploración, producción, refinación, entre otras).

En el caso de los profesionales que ingresaron para trabajar en procesos térmicos de recuperación mejorada, luego del 2003, estos formaban parte de la pericia de métodos de recuperación mejorada para crudos pesados y extra pesados y luego en el año 2010, producto de una reorganización de Intevep, varias pericias fueron fusionadas con el fin de optimizarlas y fortalecerlas. Entre ellas se encontraban tanto la pericia de métodos de recuperación mejorada para crudos livianos y medianos, como la pericia de recuperación mejorada de crudos pesados y extra pesados, las cuales fueron unidas en una sola que se denominó Métodos de Recuperación de Crudos, la cual cuenta en la actualidad con un total de 33 profesionales de diferentes ramas de la ingeniería asociadas a la industria

petrolera y de los cuales casi un 64 por ciento dedica sus horas labor a realizar actividades de ID; IE y ATE orientados a procesos térmicos de recuperación de crudo.

Tan solo entre el año 2004 y hasta el 2008, PDVSA Intevep realizó una campaña masiva de captación de personal, en la cual ingresaron 19 personas sólo para trabajar en el área de procesos térmicos. La distribución porcentual este personal por área de estudio o profesión es presentada en la Figura 7 en la cual se puede observar que de estas diecinueve personas en total, 27 % ingresaron a PDVSA Intevep como Técnicos Superiores Universitarios (TSU) en química y petróleo, pero en los primeros cinco años de carrera profesional continuaron, mediante esfuerzos propios, sus estudios universitarios en áreas de la ingeniería mecánica e industrial y para el año 2012 ya la gran mayoría de ellos habían culminado sus estudios de pregrado. En la actualidad tres de ellos se encuentran realizando estudios de maestría en la Universidad Venezolana de Hidrocarburos (UVH) en el área de Caracterización de Yacimientos de la Faja Petrolífera del Orinoco. Con respecto al resto de los nuevos ingresos se observa, en la misma Figura 7, que un 52 % eran ingenieros, recién graduados de diferentes áreas (petróleo, química, geología y mecánica) y un 16% correspondía a licenciados en ciencias básicas como la física y química. Similar al caso de los técnicos, estos profesionales invirtieron sus primeros años en la empresa en realizar estudios de maestría, en el área Extracción de Crudos Pesados y Química, mediante esfuerzos propios, y con el apoyo de la línea gerencial, en universidades como la UNEFA, ULA y UCV.

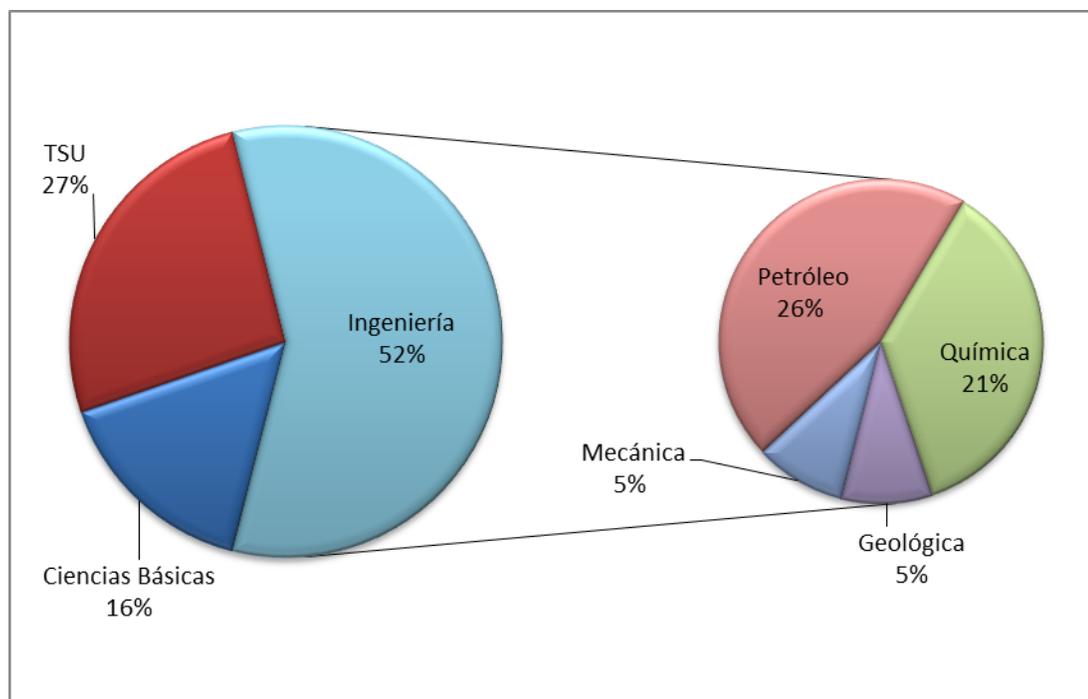


Figura 7. Distribución del personal nuevo ingreso en el periodo entre 2003-2008 por nivel de formación

En la actualidad, la mayoría del personal a cargo de las actividades de métodos térmicos de recuperación de crudos se encuentran entre los 31 y 35 años, con 5 a 10 años de experiencia y estudios de maestría en diversas áreas relacionadas con petróleo: caracterización de yacimientos, extracción de crudos pesados, petróleo y química. Además, para la mayoría de ellos, los métodos de RMH han sido su principal competencia y en el que invierten la totalidad de su tiempo en la empresa. Las Figuras 8 y 9, muestran la distribución por nivel de formación alcanzado en la actualidad y la visión para el año 2017, respectivamente.

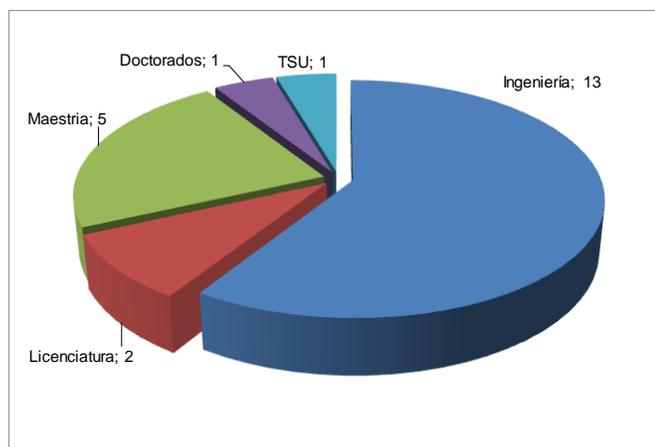


Figura 8. Distribución del personal de métodos de recuperación térmica por nivel de formación alcanzado para el año 2013

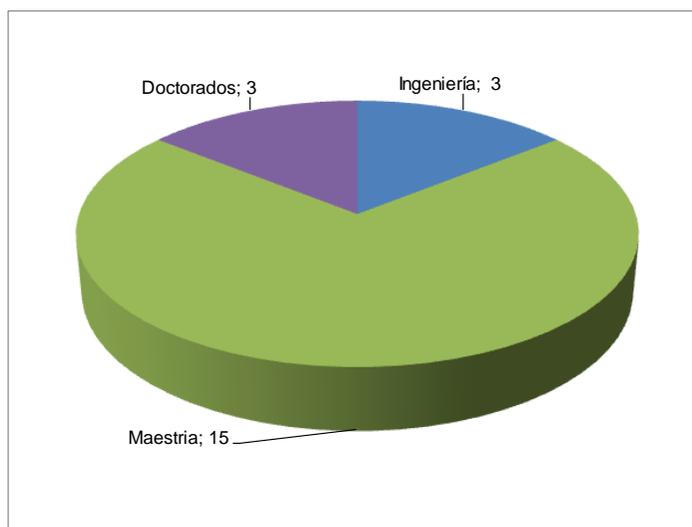


Figura 9. Distribución del personal de métodos de recuperación térmica por nivel de formación (Visión 2017)

Cabe destacar, de lo observado en las gráficas anteriores, la existencia de una porción significativa de personal con estudios de maestría y la reducción de técnicos superiores. Hoy en día, son los mismos ingenieros, licenciados y personal con estudios de cuarto y quinto nivel, quienes llevan a cabo directamente las investigaciones, desarrollos y las actividades de servicio técnico especializado, involucrándose directamente con los procesos en sus diferentes niveles: laboratorio y campo o área operativa.

Un aspecto que se consideró importante destacar en relación a la gestión del personal, es la necesidad imperante del dominio del idioma inglés debido a que casi todas las tecnologías de recuperación mejorada de crudo provienen del extranjero y el lenguaje universalmente aceptado en la jerga tecnológica, hasta los momentos ha sido el inglés. De acuerdo a la Figura 10, se identificó que la mayoría del personal, más del 40 % de los entrevistados, posee un dominio intermedio en los aspectos de escritura, lectura y conversación del inglés, lo cual representa una condición de ventaja y competitividad necesaria en la construcción del aprendizaje tecnológico de la empresa.

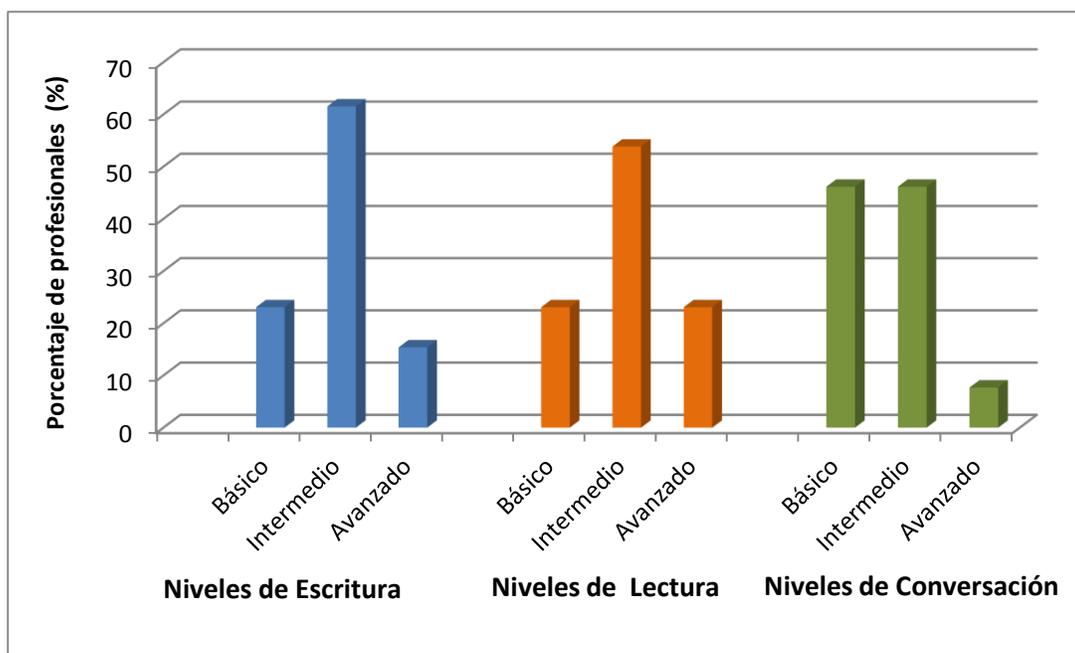


Figura 10. Distribución del personal dedicado a procesos de RMH térmico por nivel de dominio del idioma inglés

Finalmente, se identificó una baja, por no decir nula, rotación de personal. Entre los años 2008 y 2011 hubo una capacidad de captación de personal restringida en Intevep. Esta característica ha contribuido a que desde hace más de 10 años sean prácticamente los mismos profesionales, pero con mayor nivel de

formación, los que lleven a cabo las investigaciones en el área de métodos térmicos. Este hecho puede actuar tanto a favor como en contra en el proceso de aprendizaje tecnológico, ya que al no haber rotación de personal, ni de roles o puestos de trabajo, los profesionales acumulan un conocimiento tácito, de mucho valor, pero al no tener reemplazo, la transferencia del mismo no se ejecuta de manera efectiva y se corre el riesgo, y ha pasado en otras áreas, de fugas de personal muy bien capacitado hacia otras empresas, lo cual van dejando huecos o lagunas desde el punto de vista de generación y transferencia de conocimiento en un área medular para la producción de las reservas de crudo, como lo son los procesos de recuperación mejorada de hidrocarburos.

### **Gestión de proyectos y optimización de la estructura organizacional**

PDVSA Intevep, para el año 2010 contaba con una cartera de más de 100 proyectos en el área técnica, sin embargo, debido a la aplicación en el 2013 de un modelo de optimización de gestión, se redujo esta cantidad a 44 proyectos. Este hecho causó que se concentraran las actividades de asistencia técnica especializada e investigación y desarrollo y reorientación del recurso humano, materiales e infraestructura en proyectos que generaran impacto a corto plazo, sin descuidar actividades de investigación y desarrollo e investigación estratégica cuyos resultados pudieran ser apreciados (plausibles) a mediano y largo plazo.

En este mismo horizonte de ideas, se han llevado a cabo otros cambios organizacionales y se han establecido estrategias con el fin de centralizar esfuerzos en materia de Recuperación Mejorada de Crudos y contribuyendo a la generación de soluciones tecnológicas eficientes y eficaces a las áreas operacionales principalmente en el negocio de Exploración y Estudios Integrados de Yacimientos de Oriente, Occidente y Faja quienes son el principal cliente y socio de PDVSA Intevep. Una de estas estrategias fue la reestructuración de las actividades orientadas al desarrollo de la FPO HCF.

En el año 2010 se creó la Gerencia General de la Faja Petrolífera del Orinoco con el objetivo de planificar, coordinar y desarrollar proyectos de ID y ATE orientados a incrementar el factor de recobro, la productividad y el mejoramiento de crudos pesados y extra pesados de la Faja Petrolífera del Orinoco Hugo Chávez Frías. Para su creación, se realizó una distribución de personal de las diferentes pericias de Intevep, con el fin de garantizar el desarrollo de capacidades tecnológicas y el cumplimiento del objetivo de dicha gerencia. Una de las pericias críticas en dicha reorganización fue la de métodos de recuperación de crudo, la cual contribuyó con casi la totalidad del personal formado en proceso térmicos, quedando dividida la pericia en dos gerencias generales: Exploración y Faja Petrolífera del Orinoco. En la primera quedó concentrado personal con experiencia y formación en métodos de recobro para crudos livianos y medianos y en la segunda personal con experiencia y formación en métodos de recobro para crudos pesados y extra pesados. Por otra parte, en la gerencia General de Exploración y estudios de Yacimiento quedaron la mayoría de los laboratorios utilizados para realizar los estudios de procesos térmicos, los cuales eran utilizados para realizar estudios para el Occidente del país y compartirlos con el personal de la gerencia general de la FPO para los estudios de recuperación térmica en esa zona geográfica.

Sin embargo, en el 2013 Intevep se percata de que el esquema organizacional desarrollado en el 2010 no estaba resultando el más eficiente para el cumplimiento de los objetivos y políticas petroleras impulsadas por el Estado, a través del Ministerio del Poder Popular de Petróleo y Minería y Petróleos de Venezuela S.A y decide volver a llevar a cabo una reorganización creando una estructura organizacional similar a la de PDVSA en los diferentes negocios de la cadena de valor: Exploración y Estudios Integrados de Yacimientos; Producción, Faja petrolífera del Orinoco Hugo Chávez Frías y Refinación e Industrialización para garantizar la integración, coordinación y sinergia en los proyectos propuestos entre Intevep y las áreas operacionales.

En esta nueva estructura organizacional, se decide nuevamente concentrar el recurso humano de la pericia de métodos de recuperación de crudo, dividido en el 2010, en una sola gerencia general, la de Exploración y Estudios de Yacimientos, específicamente en la Gerencia Técnica de Estudios de Yacimientos, cuyo objetivo es el de desarrollar y adaptar tecnologías orientadas a la optimización de esquemas de explotación de yacimientos de hidrocarburos para el aumento del factor de recobro y la productividad de yacimientos mediante estudios de yacimientos de crudos livianos, medianos, pesados y extra pesados.

Otra estrategia organizativa en materia de gestión de proyectos desarrollada en el año 2014, fue la de fusionar en un solo macro proyecto de recuperación mejorada dos proyectos que venían funcionando de manera aislada: el proyecto de recuperación mejorada por métodos no térmicos y el de recuperación mejorada por métodos térmicos, convirtiéndose estos en sub proyectos. Esta estrategia obedece al mismo hecho de lograr sinergia, integración y optimización de la base de recursos disponibles entre el equipo de recuperación mejorada de Intevep y el de las gerencias de recuperación mejorada en las áreas de Occidente, Oriente y FPO HCF.

Con respecto al tipo de actividad relacionada con los procesos térmicos desarrollados en el proyecto de recuperación mejorada, destacan en primera instancia la asistencia técnica especializada y la investigación y desarrollo y en menor grado la investigación estratégica. No obstante, para cualquier empresa intensiva en el uso de tecnologías, como lo es la industria petrolera, resulta esencial apoyar la investigación a largo plazo y especialmente, la investigación fundamental, ya que esta forma parte integral del mecanismo de adopción y difusión de tecnologías emergentes.

En relación al **presupuesto dedicado a la investigación y desarrollo**, el mismo se encuentra entre uno y tres por ciento del presupuesto total de PDVSA.

### Gestión del conocimiento

Los procesos de aprendizaje se pueden dividir en: aprendizaje por la práctica, aprendizaje por el uso, aprendizaje por la interacción y el aprendizaje por investigación. Con respecto al **método de aprendizaje** desarrollado en PDVSA Intevep se identificó, mediante las encuestas, como los más dominantes el de aprender-haciendo (41%) y aprender mediante la investigación (30%), ver Figura 11. El primer método es típico de los países en desarrollo, en el cual la capacidad tecnológica de una empresa, institución o país se crea principalmente mediante el proceso de imitación que supone el aprender a hacer. Algunas economías recientemente industrializadas han llevado a cabo una rápida transición del "aprender haciendo" al "aprender investigando" (Kim, 2001). En el caso de PDVSA, dicha transición, al parecer aún no se ha dado, ya que se desarrollan ambos procesos de aprendizaje de manera simultánea, manteniéndose el de aprender-haciendo como el principal.

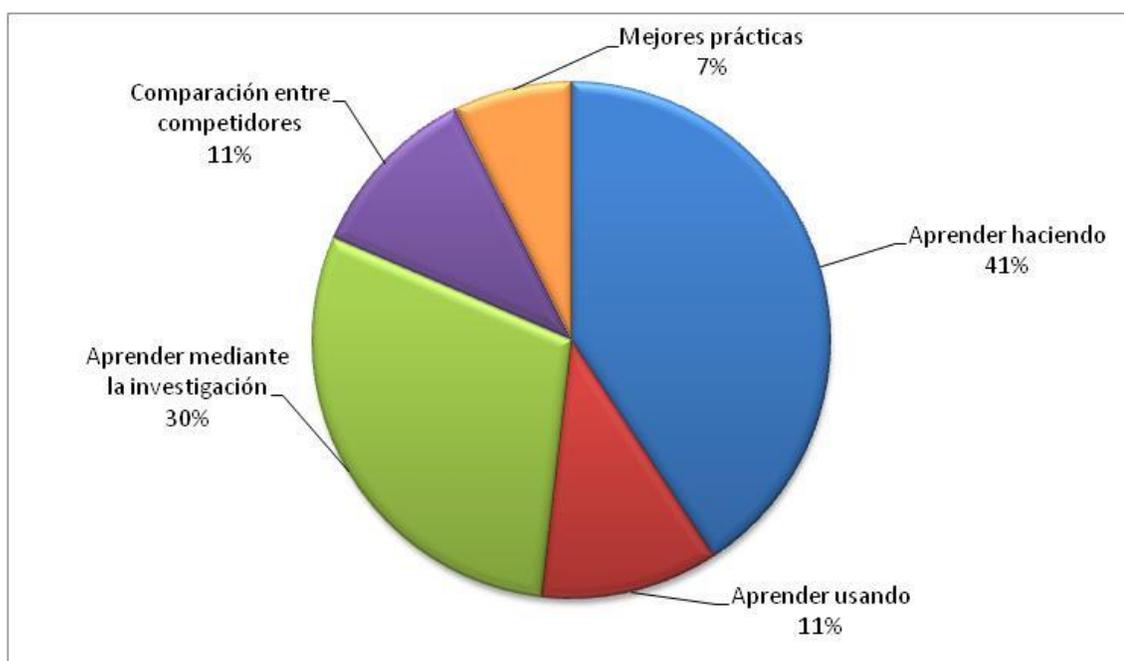


Figura 11. Distribución de los métodos de aprendizaje utilizados en PDVSA Intevep

Los **medios para generar conocimiento** y la frecuencia con la que ocurren en PDVSA Intevep S.A. son presentados en la Figura 12. En ella se observa como el auto aprendizaje (mediante la lectura de libros; artículos en revistas; internet, manuales de equipos); la asistencia a cursos técnicos; reuniones técnicas; trabajo directo con personas de mayor experiencia, y trabajo directo en las áreas operacionales mediante las actividades de asistencia técnica especializada son las actividades que con mayor frecuencia utilizan los entrevistados.

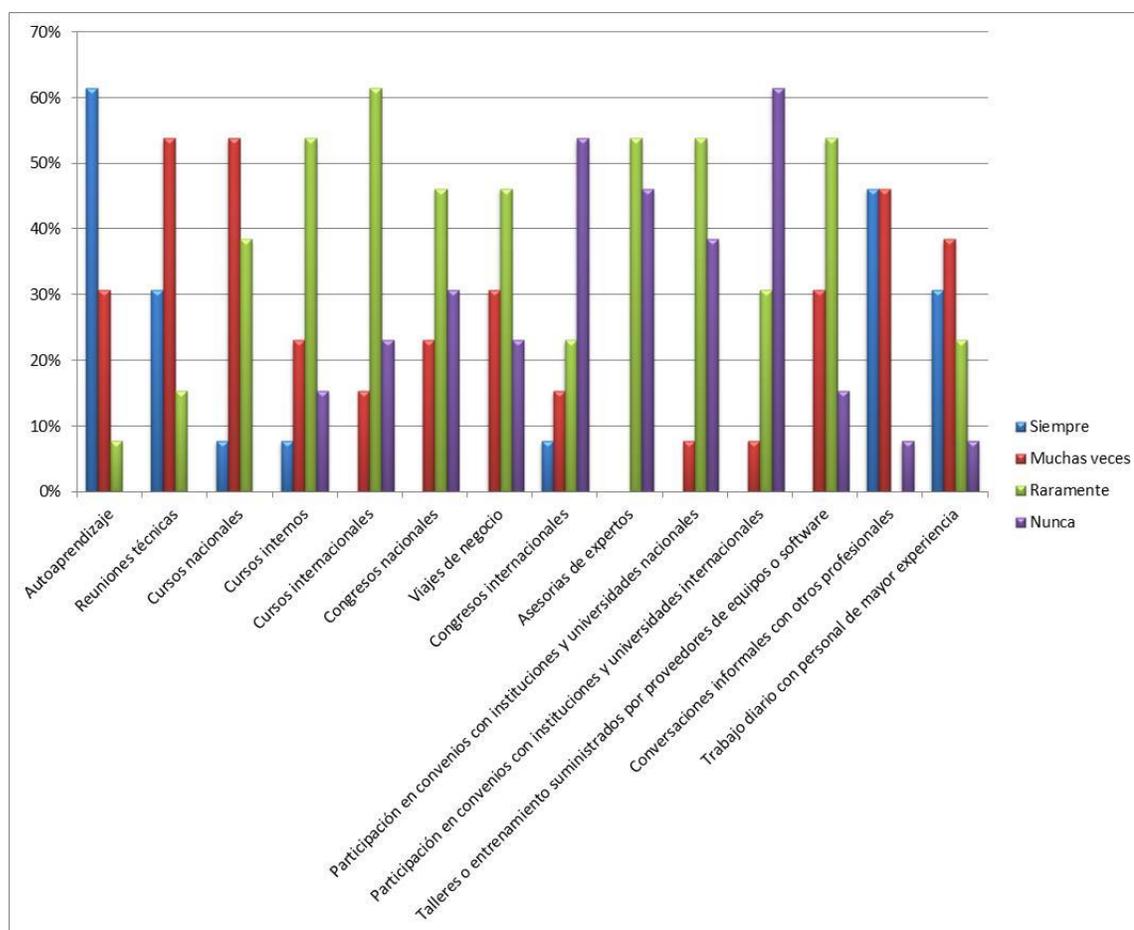


Figura 12. Distribución de la frecuencia con la que los profesionales entrevistados utilizan algunos medios de aprendizaje

Con respecto al **tipo de actividad realizada**, es la experimentación, o el trabajo en laboratorio (26% de la población entrevistada); y la generación de estados de

arte e inteligencia tecnológica (26% del total de profesionales entrevistados), las que se realizan con mayor fuerza y a las que se dedican mayor cantidad de horas y recursos económicos, ver Figura 13.

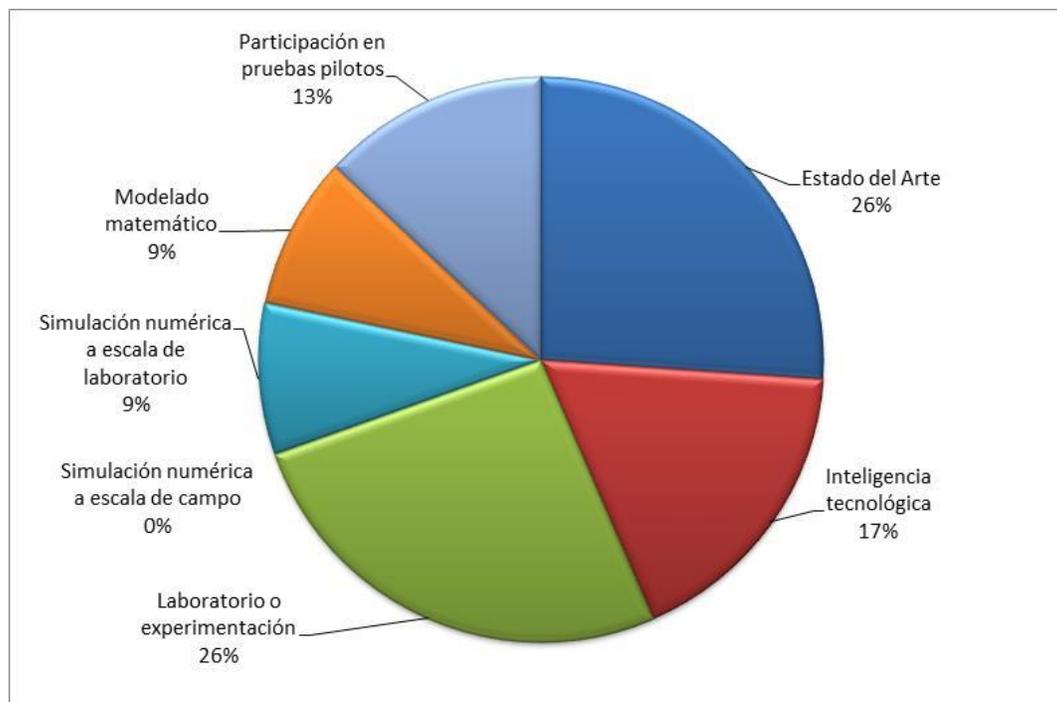


Figura 13. Distribución por tipo de actividad de investigación realizada

Por otro lado, de acuerdo a los resultados de la entrevista presentados en la Figura 14, con respecto al tipo de mecanismo utilizado para almacenar la información generada, el conocimiento es principalmente codificado mediante la generación de documentos técnicos (informes, notas técnicas, manuales, estado del arte e inteligencias tecnológicas), transformando el conocimiento adquirido principalmente del tipo tácito (conocimiento con raíces profundas en el cuerpo y mente humanos, el mismo es difícil codificar y transmitirse y solo puede expresarse por medio de la acción) en conocimiento explícito (este el conocimiento que se encuentra codificado y que puede transmitirse usando lenguaje formal y sistemático). Este tipo de conversión entre ambos tipos de conocimiento conlleva a un aprendizaje tecnológico rápido y eficaz en las empresas (Kim, 2001).

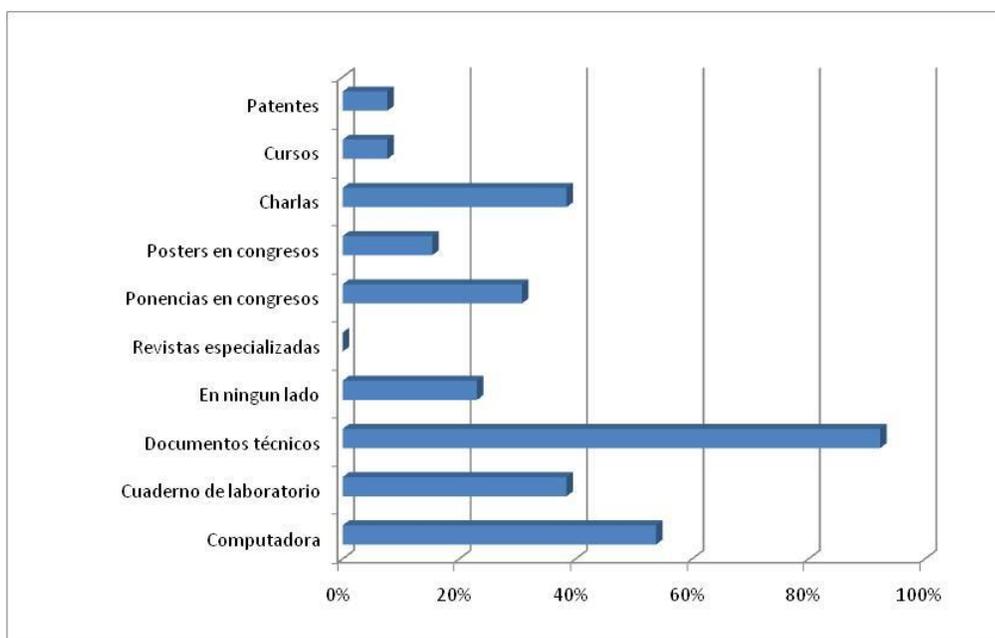


Figura 14. Medios utilizados para almacenar la información generada

Con respecto a la producción y propiedad intelectual para una adecuada **transferencia de conocimiento**, se identificó que el principal medio ha sido la generación de documentación técnica para consumo interno de la Corporación, otro medio utilizado para la vulgarización de la actividad de investigación en procesos térmicos ha sido mediante ponencias en diferentes congresos y foros tanto a nivel nacional como internacional: Heavy Oil Latinoamerican Congress-México 2013; Heavy Oil Latinoamerican Congress-Venezuela 2014; Primer y Segundo Congreso Suramericano de Petróleo y Gas 2011 y 2013; Il Foro Venezolano de Crudos pesados y Extra pesados. Retos en Recuperación Mejorada 2013; Primer Congreso Petrolero Rusa-Venezuela 2013; IV Congreso Integral de Hidrocarburos-Maracaibo 2014.

La oportunidad de asistir a estos congresos y llevar trabajos, forma parte de los incentivos que ofrece la empresa para fomentar la innovación en la industria. Otro **incentivo y reconocimiento al esfuerzo innovador** lo representa el Concurso Anual de Investigación y Desarrollo Tecnológico como estímulo, reconocimiento y recompensa a la creatividad y la innovación tecnológica del

personal de PDVSA, contribuyendo a fortalecer las actividades técnico-científicas de la empresa (Flores, 2010).

También es interesante destacar el hecho que en los últimos dos años, han surgido investigaciones en el área de aquatermolisis para la determinación de gases ácidos como sub-productos de los procesos térmicos de inyección de vapor, y uso de nanotecnología en este tipo de procesos. Estas investigaciones están bajo procesos de protección intelectual con el fin de patentarlas, contribuyendo de esta forma a incrementar el acervo científico-tecnológico de PDVSA. Las mismas están orientadas a satisfacer uno de los retos tecnológicos de PDVSA Intevap como lo es el manejo de corrientes de gases ácidos (sulfuro de hidrogeno y dióxido de carbono) en subsuelo y superficie, debido a los problemas ambientales y operacionales que su producción y manejo representan para la industria al aplicar procesos de inyección de vapor para aumentar el factor de recobro en nuestros yacimientos.

Ahora bien, durante la investigación pudo observarse que el conocimiento tácito adquirido por los profesionales encargados de llevar a cabo los estudios y evaluaciones de los métodos térmicos para la recuperación de petróleo no es adecuadamente transferido, solo es codificado bajo la forma de documentos técnicos convirtiéndose en conocimiento explícito. Sin embargo, existen rasgos del conocimiento tácito que no pueden ser codificados, sino transferidos mediante el entrenamiento de personal. Al buscar identificar la forma como puede ser transferido este conocimiento difícil de codificar, en un grupo de trabajo en el que existe poca incorporación y rotación de personal, se trató de identificar la presencia de pasantes y tesis. Se constató que existen muy pocos de ellos, lo cual indica un bajo nivel de transferencia del conocimiento por parte de profesionales con experiencia. De los estudiantes que se tienen en la actualidad y aquellos que han realizado su investigación en el periodo comprendido en este estudio (2003-2013), la mayoría son de pregrado. Este hecho da una idea del nivel de conocimiento que se está transfiriendo dentro de la empresa y que no representa precisamente el nivel de investigación que se

está desarrollando, si se toma en consideración que casi un 30% de los profesionales poseen estudios de cuarto y quinto nivel y que además se están desarrollando investigaciones para generar patentes.

## **Subproceso relacional o vinculaciones con el entorno**

La empresa moderna ha dejado de ser un ente pasivo, desvinculado y aislado de su entorno. Hoy en día las organizaciones han evolucionado para interactuar más con su entorno, buscando fortalecer sus capacidades, mediante el aprendizaje con aquellas empresas cuyos desarrollos tecnológicos son más avanzados por una transferencia tecnológica efectiva, acuerdos de cooperación o simplemente alianzas o relaciones de prestación de servicios bidireccional buscando la complementariedad de sus funciones y objetivos.

La acumulación de aprendizaje tecnológico y el desarrollo y fortalecimiento de las capacidades tecnológicas, van a depender en gran medida del tipo de relaciones que las organizaciones y empresas ejecutan con su entorno, considerando las internas y externas. Son consideradas vinculaciones internas aquellas establecidas con unidades de producción, departamentos, gerencias y otros laboratorios dentro de la misma empresa. Mientras que las externas son las vinculaciones realizadas fuera de ella: con proveedores, universidades, otros institutos de investigación, empresas y gobierno. De acuerdo a lo planteado por Kim (2001), la creación de relaciones externas a las empresas, es fuente de generación de conocimiento tácito, mediante la transferencia de conocimientos.

A continuación se describirán el tipo de vinculaciones que desarrolla PDVSA Intevep, particularmente en el área de procesos térmicos para la recuperación mejorada de hidrocarburos identificadas durante la presente investigación.

### **Vinculaciones internas**

Las vinculaciones internas existentes entre las actividades relacionadas con los procesos térmicos en PDVSA Intevep y otras organizaciones tanto dentro del mismo Intevep, como en otras áreas o negocios de PDVSA, están orientadas de manera diferentes.

En el primer caso, se establecen vínculos de solicitud y prestación de servicios entre los diferentes laboratorios dentro del mismo instituto. Los laboratorios destinados a realizar servicio técnico e investigación en el área de procesos térmicos, requieren del apoyo de otras unidades de experimentación para la caracterización de las muestras de fluidos y roca usada en los diferentes estudios, construcción de pequeñas piezas, apoyo logístico, entre otras. Tal es el caso de los laboratorios dentro de la misma Gerencia Técnica de Estudios de Yacimientos (laboratorios de propiedades de los fluidos, interacción roca fluido, procesos miscibles, procesos térmicos, geomecánica), y los laboratorios de otras gerencias técnicas dentro de Intevep tales como: laboratorios de química analítica; producción y exploración. Las relaciones con gerencias funcionales tales como: RRHH, logística, departamento jurídico, asuntos públicos, taller mecánico y taller de vidrio también fueron consideradas.

El segundo caso de vinculaciones internas ocurre con los negocios en las diferentes áreas operacionales. En este caso PDVSA Intevep se involucra, en un determinado desarrollo tecnológico de interés para la casa matriz PDVSA, desde su concepción, bien sea si la idea surge por parte del negocio e Intevep es llamado para participar y aportar soluciones tecnológicas o si es el propio Intevep quien detecta una oportunidad de un desarrollo tecnológico y lo presenta a las áreas operativas, previo conocimiento de las necesidades que ellas afrontan en materia de tecnología para aumento de la producción, con el fin de lograr su aprobación y que ambos actores se involucren desde las etapas tempranas del desarrollo. Esta participación temprana facilita a mediano o largo plazo, primero: la evaluación de la tecnología en el área de producción mediante pruebas pilotos

en pequeños arreglos de pozos y posteriormente transferencia de la misma para que sea implementada o masificada en el campo.

Entre las áreas de negocio identificadas dentro del modelo de relaciones internas de PDVSA Intevep en procesos térmicos de recuperación de crudo se identificaron las gerencias de Estudios Integrados (EEII), Desarrollo de Yacimientos (DDYY), en las áreas geográficas de Oriente, Occidente y Faja Petrolífera del Orinoco Hugo Chávez Frías y las empresas mixtas mediante la interrelación con personal de PDVSA que conforma dicha empresa. Esta forma de gestión u organización de la investigación en conjunto con un desarrollo tecnológico garantiza la incorporación del conocimiento científico en la resolución de un problema operativo o en una necesidad presente en las unidades operativas del negocio petrolero.

Este tipo de vinculación, Instituto de Investigación-Empresa, permite establecer una relación entre quien diseña la tecnología (Intevep) y quien la usa y la convierte en una herramienta útil para lograr un objetivo (PDVSA). Además en un contexto donde la mayoría de la tecnología utilizada para la extracción de petróleo es importada, la capacidad de la planta de producción para asimilar esa nueva tecnología puede ser cuestionada si previamente no se tiene a su disposición un equipo de profesionales con la capacidad de evaluar la tecnología propuesta según las especificaciones del proveedor y de acuerdo a las condiciones propias de nuestro país (Arvanitis & Mercado, 1996).

### **Vinculaciones externas**

Se identificó el establecimiento de relaciones con otros institutos científicos en el ámbito nacional: Fundación Instituto de Ingeniería (Determinación de propiedades electromagnéticas de crudo pesado y extra pesado en el medio poroso). En el ámbito internacional destacan: BeicipFranlab y el IFP-EN (en proceso). Las vinculaciones con estos institutos de investigación se basan en el hecho de que las empresas internacionales socias que conforman las empresas Mixtas, poseen sus propios institutos de investigación, sin embargo, para poder

aplicar cualquier tecnología en PDVSA se debe tener el aval técnico de Intevep, por lo que se presenta como una oportunidad de aprendizaje el trabajar en conjunto con estos institutos de empresas multinacionales cuya trayectoria tecnológica es mucho mayor, además de prestar apoyo a la negociación de tecnología para su efectiva y oportuna asimilación. Esta actividad es la que llaman Arvanitis y Mercado (1996) como “*asistencia tecnológica interna*” y es considerada una de las más importantes en los centros de investigación y apoyo tecnológico como lo es Intevep.

En el caso de vinculaciones con organismos del estado, la mayoría de ellas están orientadas a la emanación y seguimiento de los marcos legales regulatorios y políticas públicas en petróleo y educación ciencia, tecnología: Ministerio del Poder Popular de Petróleo y Minería; Ministerio del Poder Popular para la Educación Universitaria, Ciencia y Tecnología, respectivamente. Con respecto a las relaciones sostenidas con empresas de servicios se mencionan a Schlumberger y Halliburton en el área de contrato de licencias para programas computacionales y cursos de capacitación.

Con el fin de ganar o compartir experiencia en materia de tecnologías de procesos térmicos de extracción de petróleo, PDVSA Intevep ha establecido convenios de cooperación con otras empresas operadoras del negocio petrolero se tienen a: Total, Chevron, ONGC, Shell y Rosneft, entre otras.

## **Subproceso estructural**

La infraestructura de PDVSA está diseñada de acuerdo a la misión y visión de cada filial. Así pues en los edificios de las áreas operativas donde el principal objetivo es llevar a cabo actividades más de oficinas, la infraestructura cuenta con: oficinas, salas de reuniones, comedor, banco, agencias de viaje, centro de información técnica y servicio médico. Mientras que en el caso de PDVSA

Intevep, el cual es un instituto de investigación, la infraestructura está completamente diseñada para cumplir con dicho objetivo, creando un ambiente tanto físico como ambiental cónsono con actividades de investigación que demandan de una atmosfera orientada al desarrollo de la creatividad y pensando en el confort tanto físico como mental de los investigadores. Para ellos se cuenta además con laboratorios, equipos actualizados y a la par de cualquier instituto de investigación en el área petrolera a nivel internacional y áreas deportivas. En el caso particular de las actividades en el área de procesos térmicos, se dispone de cuatro laboratorios completamente equipados y adecuados para llevar a cabo las investigaciones y actividades de asistencia técnica requeridas en este tipo de procesos.

### **Subproceso tecnológico**

En los apartados anteriores se identificaron aquellos aspectos no tangibles relacionados con la tecnología, aquellos que permiten identificar el saber cómo hacer algo, “know-how”, las habilidades, técnicas y la manera de organizar y gestionar el aprendizaje tecnológico. Ahora bien, en esta parte del estudio se le prestara importancia aquellos componentes relacionados directamente con la tecnología, aquellas características tangibles que darán cuenta del grado de dominio que posee o ha alcanzado PDVSA Intevep en las tecnologías asociadas a los métodos térmicos de producción de petróleo.

#### **Actividades de inteligencia tecnológica**

Las empresas inmersas en ramas industriales que experimentan una evolución rápida y constante de la tecnología requieren de importantes esfuerzos en la inversión de la vigilancia o inteligencia tecnológica con el fin de identificar nuevas tecnologías de fronteras o para simplemente ser competitivas. Además, este tipo

de actividad involucra un progreso en el saber científico y técnico fundamental y aplicado en el área de interés. Requiere saber ubicar su negocio frente a las competidoras, saber dónde y cómo buscar información tecnológica oportuna y útil. En fin es saber cuáles son las posibilidades que la empresa podría explorar hoy y que mañana le serían concretamente útiles (Pirela, 1996).

En general, la mayoría de los grandes laboratorios de empresas crean su propio puesto de vigilancia tecnológica interno y sus propios mecanismos de asimilación de tecnología. En el caso de PDVSA, esta posee su propio centro de investigación que es Intevep y éste a su vez, aunque no posee una unidad encargada de llevar a cabo la vigilancia tecnológica, pero si un Centro de Información Técnica que en el pasado realizaba esta tarea, pero que hoy en día por falta de personal lo ha dejado de hacer, ha desarrollado la capacidad de que sean los mismos profesionales encargados de llevar a cabo los estudios de I+D en una determinada tecnología los que ejecuten el proceso de inteligencia tecnológica en las etapas iniciales de la investigación, aunque su realización formal será dependiente de las necesidades de cada caso.

### **Dominio tecnológico**

El estudio permitió identificar que PDVSA posee diferentes niveles de dominio en las tecnologías por procesos térmicos. Por una parte, **domina el uso eficiente** de tecnologías maduras como son los casos de inyección continua y alterna de vapor en pozos verticales ICV e IAV, respectivamente. **Adquiere nuevas tecnologías** y pretende **simplemente utilizarlas** en el corto, mediano y largo plazo, previa realización de pruebas pilotos y demostración comercial de las mismas, debido a que nuestros yacimientos tienen ciertas particularidades que no las tienen otros yacimientos a nivel mundial donde estas tecnologías ya han sido probadas. Esta actividad la realiza mediante los contratos con las empresas mixtas como es el caso de las tecnologías de HASD; SAGD y SW-SAGD e inyección alterna de vapor (IAV) en pozos profundos. También **realiza mejoras y**

**adaptaciones** a tecnologías maduras, mediante actividades de I+D, como es el caso de inyección de vapor con aditivos y con solventes. Este comportamiento o tipo de aprendizaje requiere de considerables esfuerzos del tipo tecnológico e intelectual (OCDE, 1996). Finalmente, **genera o desarrolla nuevos procesos** como es el caso del desarrollo con protección intelectual sobre uso de nanotecnología en procesos de aquatermolisis y desarrollo de técnicas para predecir la producción o generación de gases ácidos en procesos de inyección de vapor.

Por otra parte, PDVSA-Intevep ha desarrollado la capacidad de **diseñar, adaptar, modificar y fabricar partes de equipos**, aunque este no sea su principal objetivo. En este grupo destacan piezas y partes de equipos dedicados a realizar pruebas de desplazamiento para determinar factor de recobro y los equipos para llevar a cabo las reacciones de aquatermolisis para el estudio de generación de gases ácidos. Hasta la fecha PDVSA Intevep ha sido capaz de fabricar, con ciertas modificaciones, celdas para inyectar vapor en medios porosos, material de vidrio, piezas mecánicas de baja complejidad de equipos existentes, entre otras piezas.

### **Soporte tecnológico**

Dentro de las herramientas que son utilizadas para brindar soporte tecnológico se pueden mencionar: el uso del correo electrónico, intranet e internet, bases de datos, videos-conferencias, charlas, talleres; reuniones y presentaciones técnicas y documentos técnicos (informes, manuales, notas técnicas, estados del arte, inteligencia tecnológica).

### **Transferencia de tecnología**

Como se ha mencionado en algunos apartados de esta investigación, PDVSA, al igual que muchas de las empresas en países latinoamericanos es usuaria de desarrollos tecnológicos traídos por empresas extranjeras. En este caso es debido a la conformación de empresas mixtas, las cuales se componen de 60

por ciento de capital y esfuerzo de PDVSA y el otro 40 por ciento es distribuido entre empresas extranjeras. Es así como el uso de una determinada tecnología va a depender, en ciertos casos, de la experiencia que el socio extranjero posea en ella, desarrollándose una transferencia de tecnología y un crecimiento de la base de conocimientos existente en PDVSA. Esta transferencia se realiza a través de la mediación del mercado, mediante mecanismos oficiales (Kim, 2001) tales como: inversiones directas extranjeras (socias de las empresas mixtas); planes exhaustivos de ejecución inmediata (Plan Siembra Petrolera; Planes Estratégicos de PDVSA; plan de Soberanía Tecnológica de PDVSA Intevep) y obtención de licencias para la explotación de patentes extranjeras.

En ciertas ocasiones, esa transferencia de tecnología también se realiza sin la intervención del mercado, mediante mecanismos de fabricación de piezas de equipos, realización de estados del arte, publicaciones y movilidad de personal (visitas de negocios a los institutos de investigación y áreas operativas de las compañías socias de las empresas mixtas).

### **Objetivo del aprendizaje tecnológico en métodos térmicos**

Dentro de las líneas de investigación activas en PDVSA Intevep en el área de procesos térmicos, se encuentran: Inyección Continua de Vapor con aditivos, calentamiento eléctrico, SAGD con aditivos, Combustión En Sitio (CES) y aquatermolisis. La Figura 15 muestra los principales procesos de recuperación mejorada en métodos térmicos a nivel mundial y su madurez tecnológica, destacándose aquellos considerados por PDVSA y las compañías socias de las empresas mixtas, como objetivo principal para ser evaluadas en el corto y mediano plazo con el fin de desarrollar y/o fortalecer las capacidades tecnológicas de la empresa. Esta evaluación considera la demostración comercial de la tecnología, pruebas pilotos, o investigación y desarrollo para adaptar, modificar u optimizar de acuerdo a las condiciones de los yacimientos venezolanos. Se destacan las siguiente tecnologías de interés para PDVSA mencionadas de acuerdo al orden de madurez que poseen, iniciando por la de mayor grado: Inyección alterna y continua de vapor en pozos horizontales y poco

profundos, SAGD; SW-SAGD<sup>13</sup>; HASD<sup>14</sup>; calentamiento eléctrico, Combustión En Sitio (CES) y aquatermolisis.

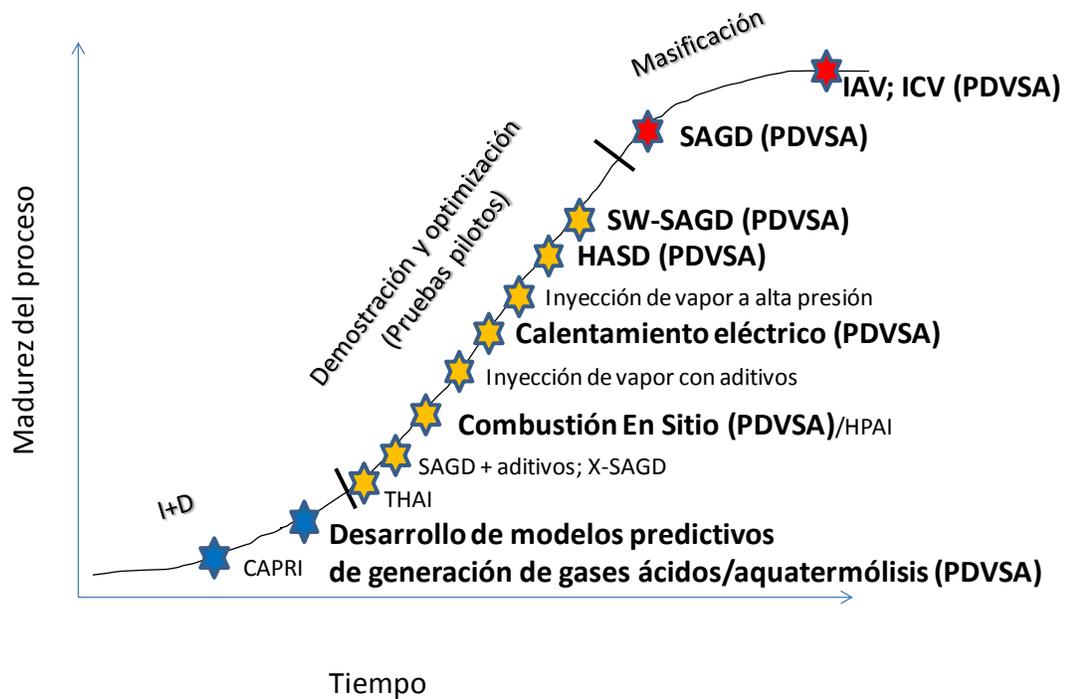


Figura 15. Principales tecnologías de métodos térmicos en recuperación de crudo y su etapa de madurez tecnológica

<sup>13</sup> Single Well Steam Assisted Gravity Drainage o inyección de vapor en un solo pozo asistido por gravedad

<sup>14</sup> Horizontal Alternating Steam Drive, Inyección alternada de vapor en pozos horizontales

## **ASPECTOS FINALES DE LA INVESTIGACION A MANERA DE CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

El estudio exploratorio sobre las características de los procesos de aprendizaje tecnológico en materia de procesos térmicos como método de recuperación mejorada de crudo pesado y extra pesado en Petróleos de Venezuela S.A. y particularmente en PDVSA Intevep, permitió identificar algunos aspectos claves para el establecimiento de una primera visión con miras a continuar un trabajo de investigación de mayor profundidad en el caso.

Unos de los hallazgos encontrados fue que Petróleos de Venezuela S.A. (PDVSA) y especialmente PDVSA Intevep como su filial científico-tecnológica, han sufrido una serie cambios organizacionales orientados a centralizar esfuerzos en materia de Recuperación Mejorada de Crudo con el fin de acumular un proceso de aprendizaje tecnológico del tipo integrado, en el cual los aspectos organizacionales y tecnológicos van de la mano durante los procesos de construcción de capacidades tecnológicas.

El estudio permitió generar un mapa de relaciones o modelo de gestión (ver Figura 16) que recopila los diferentes subprocesos o aspectos considerados en el proceso de aprendizaje tecnológico visto bajo una visión de sistema, integrado y dinámico. En dicho proceso cada componente se adapta a los lineamientos emanados principalmente por el Ejecutivo Nacional a través de la Ley del Plan de la Patria 2013-2019, por el Ministerio del Poder Popular de Petróleo y Minería y Petróleos de Venezuela S.A., mediante el Plan Siembra Petrolera y por el Plan de Soberanía Tecnológica de PDVSA Intevep S.A y además a los sucesos que en materia económica, política y social, pudiesen afectar el desenvolvimiento de las actividades relacionadas con el aprendizaje de los procesos de RMH por métodos térmicos.

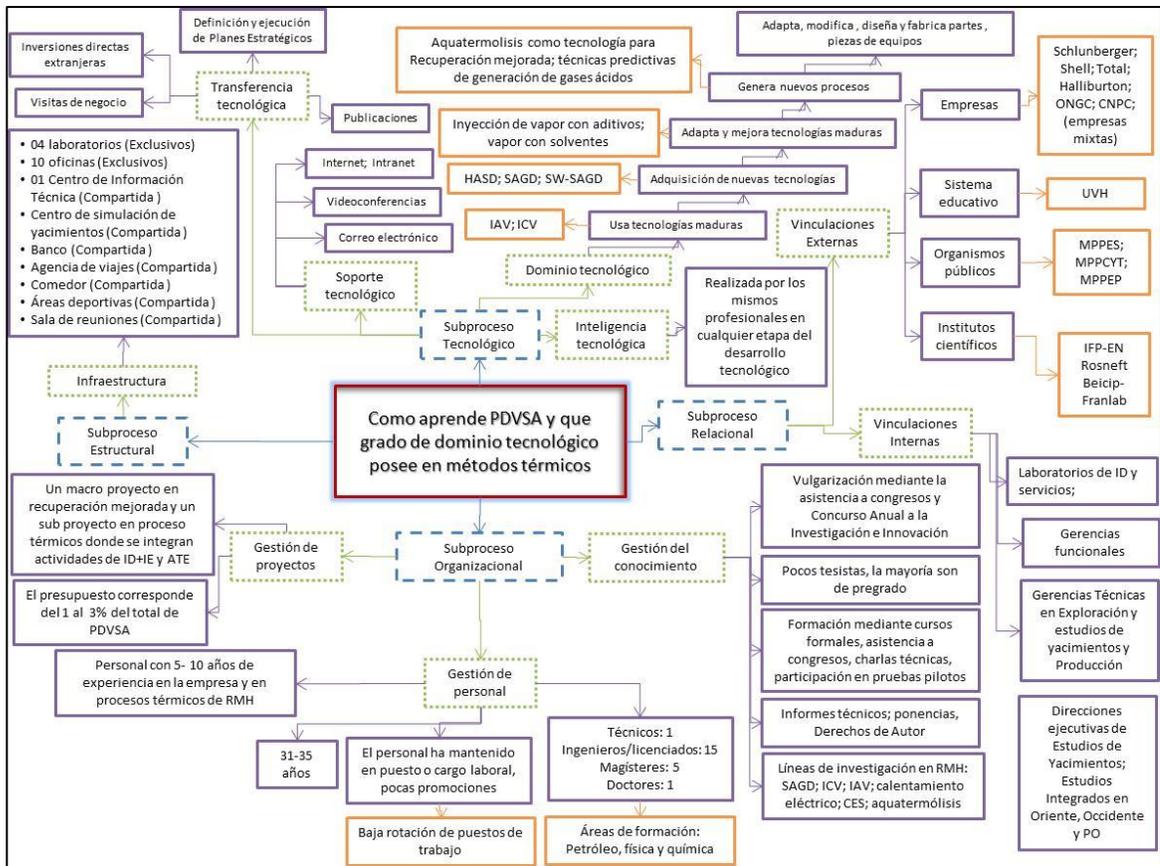


Figura 16. Mapa de relaciones o modelo de gestión de PDVSA Intevep en materia de procesos de recuperación mejorada por métodos térmicos

PDVSA Intevep, luego del paro petrolero ocurrido en el 2002, fue capaz de producir una conversión entre los conocimientos explícitos (codificados) y los tácitos o implícitos en el personal nomina menor que no se unió al paro y que mediante la revisión de dicho material y su experiencia, fue capaz de retomar ciertas líneas de investigación, mientras realizaba actividades de asistencia técnica en las áreas operativas con el fin de levantar la producción.

Es necesario acotar, que esta conversión entre ambos tipos de conocimientos fue fortalecida mediante la incorporación de ciertas estrategias organizacionales como fue la contratación de personal joven sin experiencia laboral previa, a quien se le dio el apoyo para que llevara a cabo estudios de postgrado bajo la modalidad de esfuerzos propios. Esto permitió intensificar el esfuerzo en la generación de conocimiento con el fin de recuperar las capacidades tecnológicas

que poseía la empresa antes del 2002. La formación de personal en estudios de cuarto nivel aún sigue vigente, pero en esta oportunidad se lleva a cabo mediante la asignación de personal para realizar estudios de maestría en la Universidad Venezolana de los Hidrocarburos en áreas específicas y de interés para PDVSA y mediante la asignación de becas en universidades extranjeras para el caso de estudios de doctorado. Un hecho que se considera importante en contribuir en aumentar la intensidad del esfuerzo en aprendizaje tecnológico es que son estos mismos profesionales ya formados con estudios de cuarto y quinto nivel quienes siguen realizando las investigaciones en el laboratorio e interaccionando con las áreas operacionales, convirtiendo constantemente el conocimiento tácito en explícito y viceversa. Esta estrategia organizacional permite la construcción y acumulación de conocimientos científicos y tecnológicos pertinentes con las necesidades, que posee la sociedad en una determinada época (Marcano, 2000).

Otro aspecto organizacional a destacar fue la aplicación en el año 2013 de un modelo de optimización de gestión orientado a concentrar en un solo proyecto las actividades de Asistencia Técnica Especializada (prestación de servicios) y las de Investigación y Desarrollo (proyectos propios) en procesos térmicos de recuperación mejorada, optimizando la base de recurso humano, financiero y estructural de PDVSA Intevep y generando un equilibrio entre ambas actividades con el fin de utilizar la demanda de servicios en tecnología como elemento principal para definir los objetivos buscados en las actividades de investigación.

Se realizó una reestructuración de algunas gerencias técnicas con la finalidad de crear una estructura organizacional similar a la casa matriz PDVSA en los diferentes negocios de la cadena de valor: Exploración y Estudios Integrados de Yacimientos; Producción, Faja petrolífera del Orinoco Hugo Chávez Frías y Refinación e Industrialización con el fin de garantizar la coordinación, integración y sinergia desde su etapa de planificación de los proyectos y actividades propuestos entre Intevep y las áreas operativas. De esta forma se crea un compromiso entre ambas partes: el centro de investigación y apoyo tecnológico

a la industria petrolera y el aparato productivo representado por las áreas operacionales de PDVSA, garantizando la evaluación a escala piloto de las investigaciones realizadas; mediante la utilización de los yacimientos y pozos como laboratorio.

PDVSA Intevep utiliza el auto aprendizaje, y la interacción mediante reuniones técnicas entre gerencias internas de PDVSA como los principales medios para la acumulación de aprendizaje tecnológico. Como métodos de aprendizaje destacan el aprender haciendo y el aprender mediante la investigación, realizando ambos con igual intensidad.

Con respecto a la transferencia de conocimiento y vulgarización de la actividad de investigación desarrollada se destacó la participación en charlas, congresos y foros tanto a nivel nacional como internacional. Sin embargo, se debe destacar la necesidad de contratar mayor número de tesis y pasantes tanto de pregrado, como de postgrado con el fin de aumentar la base y el nivel de conocimiento existente y garantizar una transferencia del mismo a nuevas generaciones.

Algunas de las investigaciones realizadas en métodos térmicos han contribuido a incrementar el acervo tecnológico de PDVSA Intevep al generar derechos de autor y patentes especialmente en el área de aquatermolisis.

Con el fin de prestar un apoyo de calidad tanto en el ámbito de la investigación como en el desarrollo tecnológico de las actividades relacionadas con los procesos térmicos, PDVSA Intevep ha desarrollado diferentes vinculaciones tanto internas como externas con empresas, institutos y organismos del estado y empresas extranjeras.

Se destaca la realización de reuniones técnicas, solicitud y prestación de servicios entre otras gerencias dentro de PDVSA; desarrollo de convenios de cooperación entre instituciones públicas y privadas tanto en el país como fuera

de él y contrataciones con empresas de servicios (educativos y petroleros) y operadoras extranjeras.

En el área tecnológica, apartando un poco los aspectos organizacionales ya discutidos, encontramos que el personal encargado de realizar las investigaciones y desarrollos tecnológicos no descuida la actividad de vigilancia tecnológica, identificando nuevas tecnologías de frontera y contribuyendo de esta forma con PDVSA a un mejor acompañamiento en las tecnologías a evaluar e implementar en el mediano y largo plazo.

En relación al grado de dominio tecnológico, se identificó que PDVSA posee varios niveles de dominio de tecnologías por métodos térmicos, entre las que destacan: la utilización eficiente de tecnologías maduras como inyección continua y alterna de vapor en pozos verticales y la adaptación y mejoras de las mismas a las condiciones propias de nuestros yacimientos. También adquiere, de empresas extranjeras que participan como socias en las empresas mixtas, tecnologías nuevas consideradas de punta para utilizarlas en el mediano y largo plazo y finalmente en los últimos años ha sido capaz de generar nuevos procesos los cuales se encuentran bajo esquemas de protección intelectual debido al grado de innovación que representan.

Se identificó como objetivo principal de PDVSA en aprendizaje tecnológico, la adaptación y optimización de nuevas tecnologías como Inyección Continua de Vapor con aditivos, calentamiento eléctrico, SW-SAGD; SAGD con aditivos y aquatermolisis. Además de la masificación de tecnologías maduras como la inyección continua y alterna de vapor en pozos verticales y poco profundos.

Como recomendaciones a futuras investigaciones se plantea la necesidad de ampliar el objetivo de la investigación de tal forma que no se circunscriba solamente a PDVSA Intevep, sino que considere otros actores dentro de la misma PDVSA. En este caso sería de interés incluir 1) los negocios enmarcados

en la cadena de valor de producción de hidrocarburos de las diferentes áreas operativas Oriente Occidente y FPO HCF con la finalidad de conocer de una forma más integrada los procesos tecnológicos referidos a los métodos térmicos de Recuperación Mejorada de Hidrocarburos (RMH); 2) desarrollar procesos comparativos de aprendizaje tecnológico y transferencia de tecnología en materia de recuperación mejorada de hidrocarburos entre las diferentes empresas mixtas y 3) comparar los procesos de aprendizaje tecnológico entre las gerencias Generales de Producción (PRG) y Exploración y Estudios de Yacimientos (EYG) de PDVSA Intevep.

Este es solo el comienzo, aún falta mucho por investigar en el mundo de las ciencias sociales aplicadas a la producción y recuperación mejorada de hidrocarburos en la industria petrolera.

## BIBLIOGRAFIA

Arias, F. (2006). *El Proyecto de Investigación. Introducción a la metodología científica*. Caracas-Venezuela: EDITORIAL EPISTEME, C.A.

Arrazate, R. (2006). El aprendizaje tecnológico en un centro de investigación científica del sector petrolero en México. *V Congreso Nacional AMET 2006 Trabajo y Restructuración: Los Retos del Nuevo Siglo*. Oaxtepec, Morelos.

Arvanitis, R., & Mercado, A. (1996). Los Retos para la Investigación y Desarrollo en la Industria Química de los Países Latinoamericanos. En Pirela A., *Cultura Empresarial en Venezuela. La industria Química y Petroquímica* (pág. 414). Caracas-Venezuela: Fundación Polar/ CENDES.

British Petroleum. (octubre de 2013). *The recovery factor*. Recuperado el 20 de diciembre de 2014, de <http://www.bp.com/en/global/corporate/press/bp-magazine/innovations/the-recovery-factor.html>

Carvajal, A. (2010). Las capacidades tecnológicas como base para el desarrollo,. *Actualidades Investigativas en Educación, Vol. 10, Nº. 1*, 19.

Chen, J., & Qu , W. (2003). A New Technological Learning in China,. *Tecnovation*, 861-867.

Contreras , O., & Munguía, L. (2007). Evolución de las Maquiladoras en México, Política Industrial y Aprendizaje Tecnológico. *Regio y Sociedad, Vol XIX, numero especial*, 71-87.

De Oliveira, A., & Roa Rubiano, D. (s.f.). *INNOVATION IN BRAZILIAN OIL INDUSTRY From Learning by Using to Prospective Capacity to Innovate in the Technological Frontier*. Recuperado el 30 de Enero de 2014, de <http://www.ie.ufrj.br/datacenterie/pdfs/seminarios/pesquisa/texto0609.pdf>

Ecopetrol. (2010). *La Innovación y el Aprendizaje Tecnológico en la Historia de Ecopetrol*. Recuperado el 25 de agosto de 2014, de <http://www.ecopetrol.com.co/especiales/Libro60anos/esp/cap5-2.htm>

Flores, R. (2010). *Manual de Organización Intevep*. Los Teques.

González, R., & Sánchez, J. (2011). Aprendizaje Tecnológico: las actividades del aprendizaje tecnológico en las gerencias de informática de las empresas mixtas del sector petrolero del estado Zulia. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología URBE*, vol. 1, Edición N° 2.

Helfat, C. (1997). *Know-How and Asset Complementarity and Dynamic Capability Accumulation: The Case of R&D*. Recuperado el 30 de Enero de 2014, de Duke University's Fuqua School of Business: [https://faculty.fuqua.duke.edu/~charlesw/LongStrat2010/papers/Extra/Helfat1997\\_MS.pdf](https://faculty.fuqua.duke.edu/~charlesw/LongStrat2010/papers/Extra/Helfat1997_MS.pdf)

Huerta, J. (2010). *Metodología de la Investigación. Guía para una comprensión holística de la ciencia, cuarta edición (pp. 1327) (Cuarta ed.)*. Caracas: Quirón Ediciones.

Katz, J., & Kosacoff, B. (1998). Aprendizaje tecnológico, desarrollo institucional y la microeconomía de la sustitución de importaciones, . *Desarrollo Económico*, vol. 37, N° 148 (enero-marzo).

Kim, L. (2001). La dinámica del aprendizaje tecnológico en la industrialización;. *Revista Internacional de Ciencias Sociales, Numero especial*, 169, 158-169.

Kokal, S., & Al-Kaabi, A. (2010). *Enhanced oil recovery: challenges & opportunities*.

Lake, L. (1989). *Enhanced Oil Recovery*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall.

Leonard-Barton, D. (1992). Core Capabilities and Core Rigidities: a Paradox in Managing New Product Development. *Strategic Management Journal*, Vol 13, 111-125.

López, C., Vessuri, H., & Canino, M. (2008). *Desarrollos sociotécnicos actuales en PDVSA-INTEVEP: Formando nuevas capacidades para la C y T de la Industria Petrolera Venezolana*. Recuperado el 21 de agosto de 2012, de VII Jornadas Latinoamericanas de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología, VII ESOCITE.: [http://sedlc.ivic.gov.ve/edlc/estudio\\_de\\_la\\_ciencia/Doc\\_MSI/ESOCITE2008\\_Desarrollos%20sociotecnicos%20actuales.pdf](http://sedlc.ivic.gov.ve/edlc/estudio_de_la_ciencia/Doc_MSI/ESOCITE2008_Desarrollos%20sociotecnicos%20actuales.pdf)

López, M. (2006). *Desarrollos sociotécnicos actuales en PDVSA-INTEVEP: Formando nuevas capacidades para la CyT de la Industria Petrolera Venezolana*. Recuperado el Agosto de Agosto de 2012, de VII Jornadas Latinoamericanas de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología, VII ESOCITE: [http://sedlc.ivic.gov.ve/edlc/estudio\\_de\\_la\\_ciencia/Doc\\_MSI/ESOCITE2008\\_Desarrollos%20sociotecnicos%20actuales.pdf](http://sedlc.ivic.gov.ve/edlc/estudio_de_la_ciencia/Doc_MSI/ESOCITE2008_Desarrollos%20sociotecnicos%20actuales.pdf)

Lugones, G., Gutti, P., & Le Clech, N. (2007). Indicadores de Capacidades Tecnológicas en América Latina. *CEPAL-Serie Estudios y Perspectiva*, N° 89.

Marcano, L. (2000). El entorno actual y la gerencia de proyectos de investigación. *Espacios*, Vol 21(2).

Martínez, J. (1986). El dominio tecnológico: clave para el desarrollo, conceptos e implicaciones técnicas, sociales y política. *Espacios*. Vol. 7 (1), 11.

Mercado, A. (2000). *Aprendizaje tecnológico y desarrollo socioinstitucional: la construcción de las capacidades tecnológicas en la industria química y petroquímica de Brasil y Venezuela*. Tesis de doctorado. Centro de Estudios Avanzados, Instituto Venezolano. Caracas: Tesis de doctorado. Centro de Estudios Avanzados, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC).

Miao, C., Wei, Y., & Ma, H. (2007). Technological Learning and Innovation in China in the Context of Globalization. *Eurasian Geography and Economics, Vol 48, No 6, , 713-732.*

Ministerio del Poder Popular para la Educación Universitaria, Ciencia y Tecnología. (15 de 05 de 2014). *Universidad Venezolana de los Hidrocarburos cuenta con nuevo rector.* Recuperado el 14 de marzo de 2015, de <http://www.uptm.edu.ve/actualidad/universidad-venezolana-de-los-hidrocarburos-cuenta-con-nuevo-rector>

Nakata, T., Sato, T., Wang, H., Kusunoki T., & Furubayashi, T. (2011). Modeling Technological Learning and its Application for Clean Coal Technologies in Japan. *Applied Energy, 88, 330-336.*

OCDE. (Mayo de 1996). La innovación tecnológica: definiciones y elementos de base . *Redes, Vol 3 (Número 6), 131-175.*

OPEC. (12 de september de 2013). *Organization of the Petroleum Exporting Countries.* Recuperado el 20 de Diciembre de 2014, de [http://www.opec.org/opec\\_web/static\\_files\\_project/media/downloads/press\\_room/SG\\_speech\\_Asian\\_Energy\\_Forum\\_Sept\\_2013.pdf](http://www.opec.org/opec_web/static_files_project/media/downloads/press_room/SG_speech_Asian_Energy_Forum_Sept_2013.pdf)

OPEP. (2014). *World Oil Outlook 2014. Organization of the Petroleum Exporting Countries (OPEC). Chapter one: Oil supply and demand outlook to 2040.* Obtenido de [http://www.opec.org/opec\\_web/static\\_files\\_project/media/downloads/publications/Section\\_I\\_WOO2014.pdf](http://www.opec.org/opec_web/static_files_project/media/downloads/publications/Section_I_WOO2014.pdf)

Øvsterud, S. (2013). *DOMESTIC CAPABILITY BUILDING AND INWARD TRANSFER IN THE CUBAN PETROLEUM INDUSTRY.* Recuperado el 30 de enero de 2015, de <https://www.duo.uio.no/handle/10852/35934>

Petroleos de Venezuela S.A. PDVSA. (2013). *Informe de Gestion Anual 2013 de PETRÓLEOS DE VENEZUELA, S.A.* Caracas: Petróleos de Venezuela, S.A.

Pirela, A. (1996). *Cultura empresarial en Venezuela, La Industria Química y Petroquímica*, Caracas: Fundación Polar.

Riahi, K., Rubin, E., Taylor, M., Schrattenholzer, L., & Hounshell, D. (2004). Technological Learning for Carbon Capture and Sequestration Technologies. *Energy Economics*, 26, 539-564.

Riahi, K., Rubin, E., & Schrattenholzer, L. (2004). Prospects for Carbon Capture and Sequestration Technologies Assuming their Technological Learning. *Enegy*, 29, 1309-1318.

Sábato, J., & Botana, N. (1968). La Ciencia y la Tecnología en el Desarrollo Futuro de América Latina. *Revista de la Integración*(3), 145-154.

Sampedro Hernández, J., & Vera-Cruz, A. (2003). Aprendizaje y acumulación de capacidades tecnológicas en la industria maquiladora de exportación: El caso de Thomson-Multimedia de México. *Espacios*, Vol. 24 (2).

Teece, D. (2007). Explicating Dynamic Capabilities: The Nature and Microfoundations of (Sustainable) Enterprise Performance. *Strategic Management Journal*, Vol 28, 1319-1350.

Testa, P. (2000). *Capacidades tecnológicas en los sectores conexos a la industria petrolera y petroquímica*. Recuperado el 28 de septiembre de 2012, de Espacios Vol. 21 (3): <http://www.revistaespacios.com/a00v21n03/70002103.html>

Torres-Vargas, A. (2006). Aprendizaje y Construcción de Capacidades Tecnológicas. *Journal of Technology Management & Innovation*, Vol 1, N° 005, 12-24.

Van den Broek, M., Hoefnagels, R., Rubin, E., Turkenburg, W., & Faaij, A. (2009). Effects of Technological Learning on Future Cost and Performance of Power Plants with CO<sub>2</sub> Capture. *Progress in Energy and Combustion Science*, 35, 457-480.

Velarde, E., Martínez, E., & Rojas, E. (2012). El desarrollo de Capacidades Tecnológicas y la Vinculación con Instituciones Educativas y Gubernamentales en las Pymes de la Industria Metalmeccánica de la Región de Centro de Coahuila, México. *Revista Internacional de Administración y Finanzas*, Vol 5, N° 2, 43-56.

Vessuri, H. (1997). Aprendizaje científico técnico y cambio cultural en Venezuela: un enfoque microsociológico, . *REDES*. Vol. IV, N° 9, 49-77.

Vessuri, H. (enero-abril de 2005). Ciencia, Política e Historia de la Ciencia Contemporánea en Venezuela. *Revista Venezolana de Economía y Ciencias Sociales*, 11(1), 65-68.

Vessuri, H., & Canino, M. (1996). Sociocultural dimensions of technological learning. *Science, Technology & Society*, vol 1(n° 2), pp 333-350.

Villavicencio, D. (2006). Trabajo, aprendizaje tecnológico e innovación. En G. T. E., *Teorías sociales y estudios del trabajo. Nuevos enfoques* (págs. 222-240). Anthropos.

Villavicencio, D., Arvanitis, R., & Minsberg, L. (1995). Aprendizaje tecnológico en la industria química Mexicana. *Perfiles Latinoamericanos* Vol 4, N° 007, 121-148.

**ANEXOS**

## **Anexo 1**

### **Guía de entrevista sobre el aprendizaje tecnológico en procesos térmicos de recuperación de petróleo en PDVSA**

#### **Objetivo del cuestionario:**

Explorar los procesos de aprendizaje y grado de dominio tecnológico que posee la industria petrolera venezolana en procesos de recuperación mejorada de hidrocarburos por métodos térmicos en los últimos 10 años.

De ante mano se le agradece el tiempo, disposición y veracidad en sus respuestas así como se garantiza el anonimato este cuestionario y el manejo de confidencialidad en las respuestas suministradas por Ud.

Adicionalmente, al concluir la investigación se le hará llegar un documento con los resultados de la misma.

#### **Instrucciones para llenar el cuestionario:**

Por favor marque con una X la respuesta que más se adecue a su caso particular. En algunos casos más de una respuesta es posible

#### **Estrategia para elaborar el cuestionario:**

- A) Elaborar una serie de indicadores o variables que permitirán evaluar los procesos de aprendizaje tecnológico y dominio tecnológico en el área de interés
- B) De acuerdo a los indicadores planteados se procederá a elaborar las preguntas necesarias y las posibles respuestas en aquellos casos de preguntas cerradas
- C) Los resultados obtenidos serán analizados y permitirán diagnosticar como son y cómo se llevan a cabo los procesos de aprendizaje tecnológico en PDVSA en el área de RMH térmicos y cuál es el grado de dominio tecnológico que posee la Organización.

## I. Identificación de aspectos organizacionales

### I.A Gestión del personal

1. ¿Cuál es el rango de su edad?

- <25  
 25-30  
 31-35  
 36-40  
 >41

2. ¿Cuántos años de experiencia posee en la industria petrolera?

- Menos de 5 años  
 5-10 años  
 11-15 años  
 16 -20 años  
 Más de 20 años

3. ¿Cuáles de los siguientes niveles de estudio ha culminado a la fecha e indique el número de títulos o grados obtenidos y el área de estudio? (más de un estudio o nivel es posible)

	Numero de grados obtenidos	Área de estudio
Bachillerato		
Técnico medio		
Técnico superior		
Licenciado		
Ingeniero		
Especialización		
Maestría		
Doctorado		
Post-doctorado		
Otro (Especifique)		

4. Indique el nivel de dominio del idioma inglés que posee en cada área:

	Ninguno	Básico	Medio	Avanzado
Escritura				
Lectura				
Conversacional				

5. ¿Son los procesos de recuperación mejorada su pericia o competencia principal dentro de la organización?

- Si
- No

6. ¿En cuál área o rol se desenvuelve actualmente en PDVSA?

- Técnica (tutor de pericia, profesional en investigación, técnico de laboratorio, operador de máquinas, asesor)
- Supervisoría (gerente, director, superintendente, jefe de proyecto, líder de actividad, etc.)
- Las dos primeras, de manera simultánea
- Otro, especifique:

7. Tiempo que lleva desempeñando el cargo descrito en la pregunta N° 6

- Menos de 1 mes
- Menor o igual a 1 año
- Entre 2 y 3 años
- Más de 4 años

En aquellos casos que se indique menos de un año, por favor indicar su cargo o puesto anterior

### **I.B Gestión del conocimiento**

8. ¿Cuál es el método de aprendizaje por el cual aprendió en un determinado proceso de RMH?

- Aprender haciendo
- Aprender usando
- Aprender mediante la investigación
- Comparación entre competidores
- Mejores prácticas

9. ¿Con qué frecuencia ha realizado algunas de estas actividades de aprendizaje en los últimos 5 años?

	Siempre	Muchas veces	Raramente	Nunca
Auto aprendizaje (lectura de libros, artículos en revistas, internet, intranet, manuales de equipos)				
Cursos nacionales				
Cursos internos en la empresa				
Cursos internacionales				
Congresos nacionales				
Congresos internacionales				
Viajes de negocio				
Asesorías de experto				
Participación en convenios con instituciones y universidades nacionales				
Participación en convenios con instituciones y universidades internacionales				
Talleres o entrenamiento suministrados por proveedores de equipos o software				
Reuniones técnicas				
Conversaciones informales con otros profesionales				
Trabajo diario con personal de mayor experiencia				

10. Actualmente trabaja o lleva a cabo tutorías a tesis

Si

No

En caso de responder Si, por favor indique cuantos y en qué área de RMH trabajan

11. ¿Qué porcentaje (aproximadamente) de sus horas labor al año le dedica a las siguientes actividades?

	0%	1-25%	25-50%	50-75%	75-100%
Investigación básica					
Investigación y Desarrollo					
Asistencia técnica especializada					
Administrativa					

12. ¿En qué tipo de proyectos de RMH ha participado? Indique los años de experiencia que posee en dichos procesos

	<5 años	5-10	11-15	16-20	>20
Inyección de gas					
Inyección de químicos					
Térmicos					
Otros, especifique:					

13. En caso de haber participado en proyectos de procesos térmicos, por favor especifique el (los) tipo(s) de proceso(s)

- Inyección alterna de vapor  
 Inyección continua de vapor  
 Combustión in situ  
 SAGD  
 Calentamiento eléctrico  
 Otro, especifique: \_\_\_\_\_  
 No he participado

14. Qué tipo(s) de actividad(es) en específico ha trabajado o posee experiencia en métodos térmicos de RMH. La selección de múltiples de repuestas es posible.

- Estados del arte  
 Inteligencias tecnológicas  
 Laboratorio  
 Simulación a escala de campo  
 Simulación a escala de laboratorio  
 Modelado matemático  
 Integración de todas las anteriores en un solo proyecto  
 Pruebas piloto  
 Otros, especifique: \_\_\_\_\_

15. Indique que tipo de tecnología de RMH-Térmico Ud. considera que es principal objetivo de PDVSA, indique si es una tecnología emergente (E); de punta (P); clave (C) o de base (B) y si sería para aplicar en un corto (CP), mediano (MP) o largo plazo (LP).

**Tecnología emergente:** Tecnología en fase de investigación básica y que todavía no se conoce su impacto competitivo a nivel mundial.

**Tecnología de punta:** Tecnología en fase de investigación y desarrollo con importante impacto a futuro, con capacidad para cambiar las bases de la competencia existente.

**Tecnología clave:** Tecnología que proporciona ventaja competitiva y que permite diferenciar el negocio.

**Tecnología base:** Tecnología esencial para el negocio, que ha sido ampliamente explotada para la mayoría de los competidores y que no genera impacto competitivo.

<b>Tecnología en RMH térmico</b>	<b>Base</b>	<b>Clave</b>	<b>De punta</b>	<b>Emergente</b>
ICV (Inyección Continua de Vapor)				
IAV (Inyección Alterna de Vapor)				
CIS (Combustión in situ)				
SAGD (Steam Assisted Gravity Drainage)				
Inyección de aire a alta presión (HPAI)				
Inyección de aire del talón a la punta (THAI)				
Mejoramiento catalítico in situ (CAPRI)				
ES-SAGD (Expanding Solvent Steam Assisted Gravity Drainage)				
X-SAGD cross				
SW-SAGD Single Well SAGD				
SAGD + ADITIVOS				
SAGP Steam And Gas Push				
Otros, especifique:				

16. ¿Qué aspectos de la tecnología de RMH térmico están orientadas las acciones de adiestramiento o formación a las que ha asistido en los últimos 5 años

- ( ) Básico
- ( ) Intermedio
- ( ) Avanzado o especializado

17. Indique las vías por las cuales Ud. adquiere o ha adquirido un aprendizaje relacionado con procesos de RMH térmico y cuando fue la última vez que los adquirió.

	Hace más de 10 años	Hace 5 ó 10 años	Hace 2 ó 5 años	En los últimos 2 años
Auto aprendizaje (lectura de libros, artículos en revistas, internet, intranet, manuales de equipos)				
Cursos Nacionales				
Cursos internos en la empresa				
Cursos internacionales				
Congresos Nacionales				
Congresos internacionales				
Viajes de negocio				
Asesorías de experto				
Participación en convenios con instituciones y universidades nacionales				
Participación en convenios con instituciones y universidades internacionales				
Talleres o entrenamiento suministrados por proveedores de equipos o software				
Reuniones técnicas				
Conversaciones informales con otros profesionales				
Trabajo diario con personal de mayor experiencia				
Asignación en campo				
Asignación en un centro de investigación				

18. ¿Qué hace Ud. con la información aprendida durante la participación en un proyecto de investigación relacionado con procesos de RMH (Térmico)?

- La tengo en la computadora
- La tengo en el cuaderno de laboratorio
- Es reportada en documentos técnicos de PDVSA
- La mantengo en mi mente
- Se publica en revistas especializadas
- Se presenta como ponencias en congresos
- Se presenta como posters en congresos
- Se realizan charlas para el equipo de trabajo
- Se dictan cursos relacionados
- Se patenta

19. Indique como es su producción intelectual en el área de RMH térmico:

Nula (N), Baja (B) (1 artículo o documento cada 3 años), Media (M) (al menos un (01) documento anual), Alta (A) (> 2 documentos anuales)

- Inteligencias tecnológicas
- Estados del Arte
- Informes técnicos
- Notas Técnicas
- Artículos en revistas
- Ponencias en congresos
- Posters en congresos
- Patentes
- Manuales de cursos
- Capítulos de libros

20. ¿Qué tipo de incentivo para investigación posee o le ofrece la empresa o gerencia?

- Compensación salarial
- Premio de reconocimiento
- Asistencia a eventos nacionales o internacionales
- Reconocimiento en público (sin premio asociado)
- Ninguno
- Otro. Especifique \_\_\_\_\_

### I.C Gestión de la calidad

21. ¿Las actividades que Ud. realiza se manejan bajo algún sistema de gestión, normativa de calidad?

- No
- Si, Cual (es): \_\_\_\_\_

22. Los procedimientos en RMH térmico que Ud. o su grupo realizan, ¿están normalizados?

- Si
- No

### I.C Gestión de proyectos

23. ¿Tiene idea del porcentaje del presupuesto de PDVSA que se maneja para RMH?

- No
- Si, Cuanto en porcentaje: \_\_\_\_\_

24. ¿Conoce Ud. cuantos proyectos en RMH posee PDVSA?

- ( ) No  
 ( ) Si, Cuantos: \_\_\_\_\_

25. ¿En cuál organización de EyP de PDVSA trabaja actualmente?

- ( ) Oriente  
 ( ) Occidente  
 ( ) Intevep  
 ( ) Sur  
 ( ) Faja

26. ¿Pertenece a alguna gerencia Técnica?

- ( ) No  
 ( ) Si, Cual: \_\_\_\_\_

A cual departamento pertenece?

\_\_\_\_\_

27. A cual pericia pertenece? (si aplica)

\_\_\_\_\_

28. Pertenece a alguna gerencia funcional

- ( ) No  
 ( ) Si, Cual: \_\_\_\_\_

## II. Identificación de aspectos estructurales

29. El área donde Ud. labora, ¿posee la siguiente infraestructura?

	Si	No
Oficinas		
Laboratorios		
Biblioteca		
Áreas deportivas		
Comedor		
Agencia(s) bancaria(s)		
Agencia(s) de viaje(s)		
Farmacia		
Otros. Especifique:		

### III. Identificación de aspectos relacionales

#### III.A Externos

30. ¿Conoce Ud. de la existencia de los siguientes planes nacionales?

	Si	No
Programa de la Patria 2013-2019		
Plan de soberanía tecnológica		
Plan Siembra Petrolera		
Ley Orgánica de Hidrocarburos		
Ley Orgánica en Ciencia, Tecnología e Innovación (LOCTI)		
Otras leyes (especifique)		

31. Conoce de la existencia de convenios o contratos desarrollados con otras instituciones y de la existencia de una efectiva transferencia de la tecnología.

Instituto/Compañía/Universidad	País	Método de RMC	Existe o existió transferencia de la tecnología

#### III.B Internas

32. ¿Trabaja Ud. en conjunto con otras organizaciones de PDVSA en el área de RMH térmico?

( ) No

( ) Si, Especifique: \_\_\_\_\_

33. ¿Durante el desarrollo y ejecución de un proyecto de RMC, que tipo de organizaciones filiales/gerencias/departamentos participan?

Filiales	
Gerencias	
Departamento	
Laboratorios	

#### IV. Identificación de aspectos tecnológicos

##### IV.A Transferencia tecnológica

34. Los procesos de RMH (térmico) en los que Ud. ha participado a qué nivel han llegado

	Marcar una x	¿Ud. ha participado activamente en este nivel? (si/no)
Inteligencia Tecnológica		
Estado del Arte		
Laboratorio		
Patente		
Piloto		
Masificación en Campo		

35. ¿Conoce Ud., ha participado o participa en alguna patente sobre métodos de RMC en crudos pesados o extra pesados? Marque con una X su opción
- ( ) Si conozco, pero no he participado
- ( ) Si conozco, y he participado
- ( ) Desconozco

En caso de conocer, indicar de qué trata brevemente la misma.

#### IV.B Soporte tecnológico

36. ¿Cuál es el medio o tecnología de información utilizado por Ud. para llevar a cabo o transmitir su aprendizaje al resto de la Corporación?
- Internet
  - Correo electrónico
  - Inteligencia artificial
  - Minería de datos
  - Soporte de decisiones
  - Presentaciones orales
  - Otras

#### IV.C Innovación

37. Señale con una X si las piezas, máquinas y equipos o procesos requeridos para llevar a cabo los procesos de RMC tanto a nivel de campo como en laboratorio son adquiridos en PDVSA mediante la siguiente forma:

	Nombrar alguno de esos equipos
Compras Internacionales (CI)	
Compras Nacionales (CN)	
Fabricación propia	

38. Indicar si PDVSA ha desarrollado la capacidad para modificar, mejorar, difundir y/o técnicas de RMC térmico ya conocidas o existentes y/o desarrollar nuevos procesos de RMC para crudo pesado
- Modificación/adaptación de un proceso de RMH conocido
  - Mejora de un proceso de RMH conocido
  - Aplicación y difusión de los procedimientos y técnicas de RMH aprendidas e implementadas
  - Capacidad para desarrollar nuevos procesos térmicos en RMH

*Fin de la entrevista*