



## VISIÓN ESTRATÉGICA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO PARA AFRONTAR LOS RETOS TECNOLÓGICOS DE EXPLOTACIÓN DE HIDROCARBUROS EN AGUAS PROFUNDAS

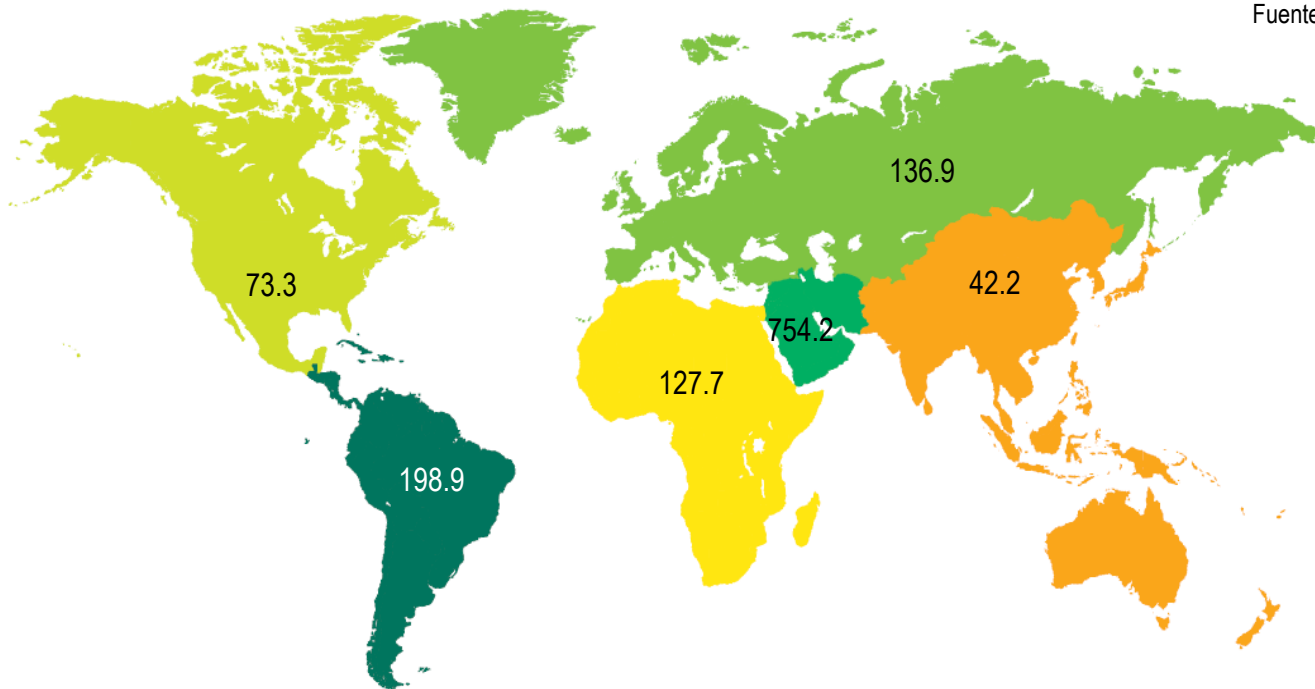
XI Congreso Anual de la AMEE  
III Congreso Anual de Asociaciones Conjuntas  
AMEE, WEC MEX, AME y AMGN  
Acapulco, Junio 2011



1. Tecnología para Aguas Profundas
2. Problemática y retos tecnológicos en Aguas Profundas
3. Visión Estratégica del IMP para Investigación y Desarrollo en Aguas Profundas
4. Comentarios

## Ámbito mundial: reservas probadas, finales de 2009 (mmmb)

Fuente: BP Statistical Review of World Energy, June 2010



Reservas mundiales de petróleo en 2008, mmmb	
En tierra	1,120
Aguas someras	213
Aguas profundas	25

FUENTE: International Energy Agency

Evolución en el No. de campos productores de petróleo y gas en aguas profundas (Triángulo de Oro)		
Región o país	2000	2007
Oeste de Africa	2	18
Brasil	9	18
US Golfo de México	32	112

FUENTE: Infield Systems Ltd.

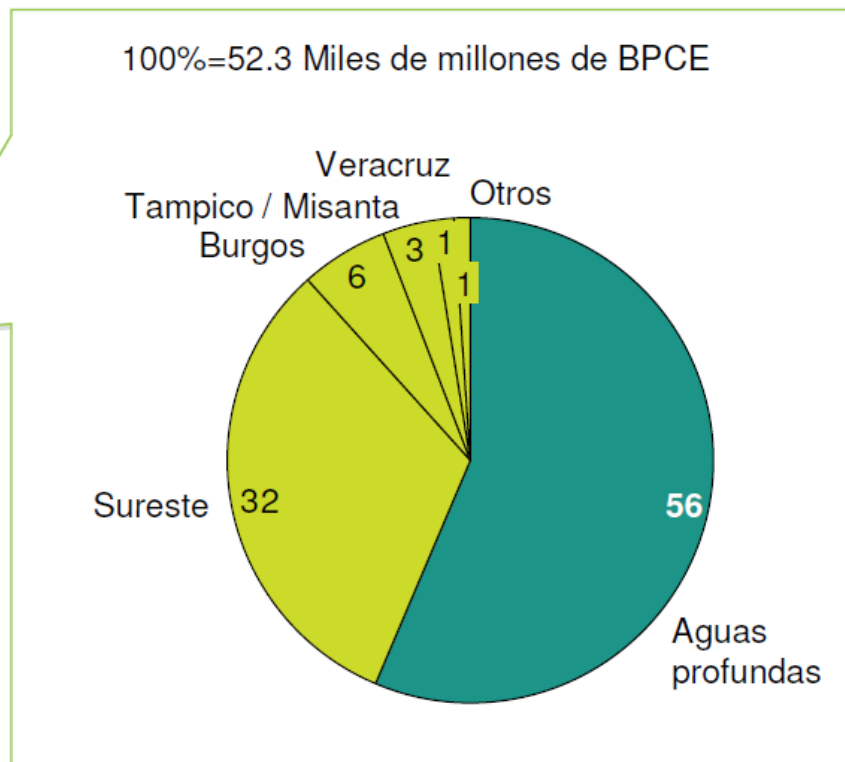
# Recursos prospectivos en México

## LOCALIZACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LOS RECURSOS PROSPECTIVOS

Mapa cuencas del país

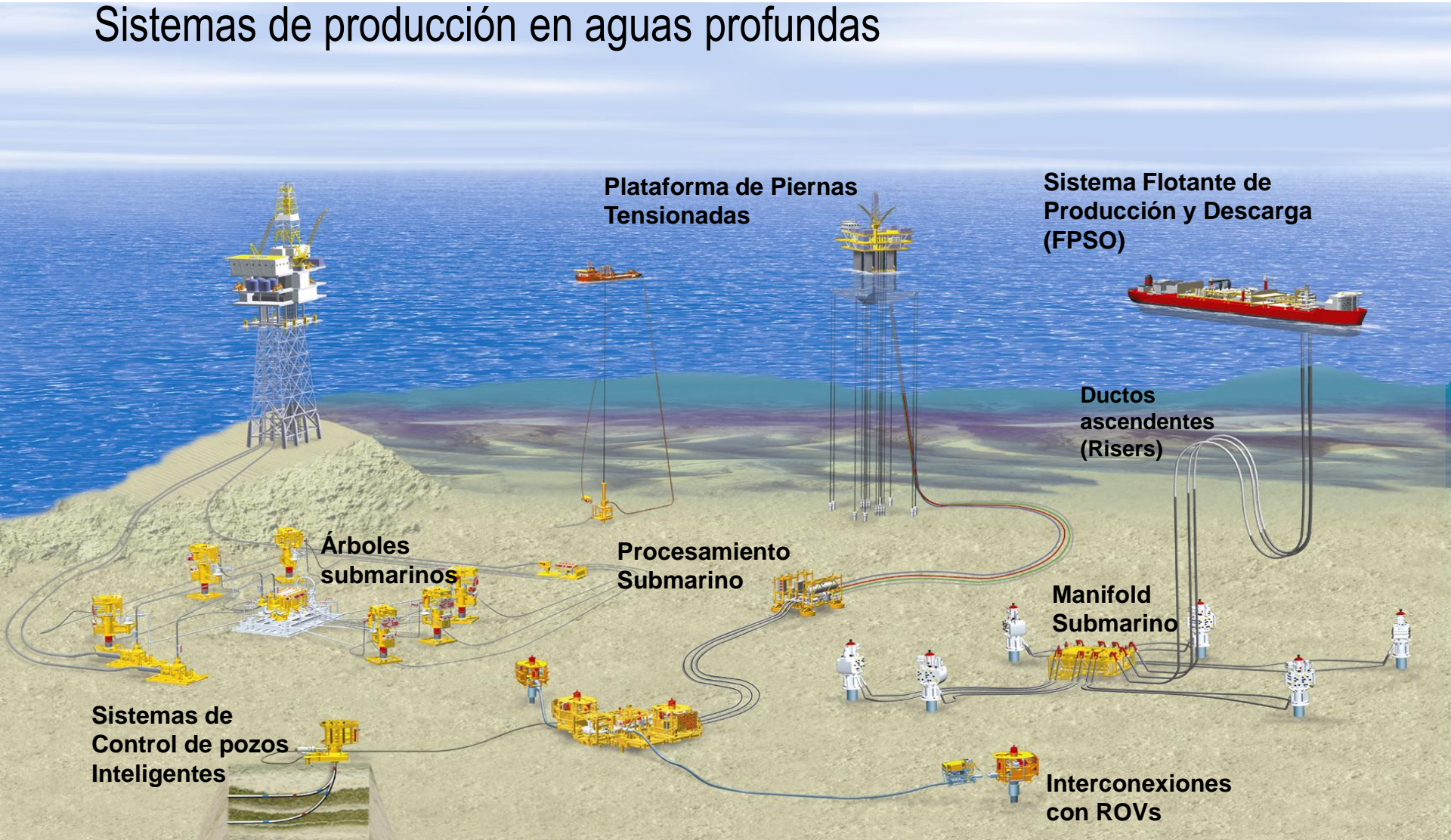


Desglose recurso prospectivo por cuenca  
2009



FUENTE: Estrategia Nacional de Energía, SENER, 2010.

## Sistemas de producción en aguas profundas



**Plataforma de Piernas Tensionadas**

**Sistema Flotante de Producción y Descarga (FPSO)**

**Ductos ascendentes (Risers)**

**Árboles submarinos**

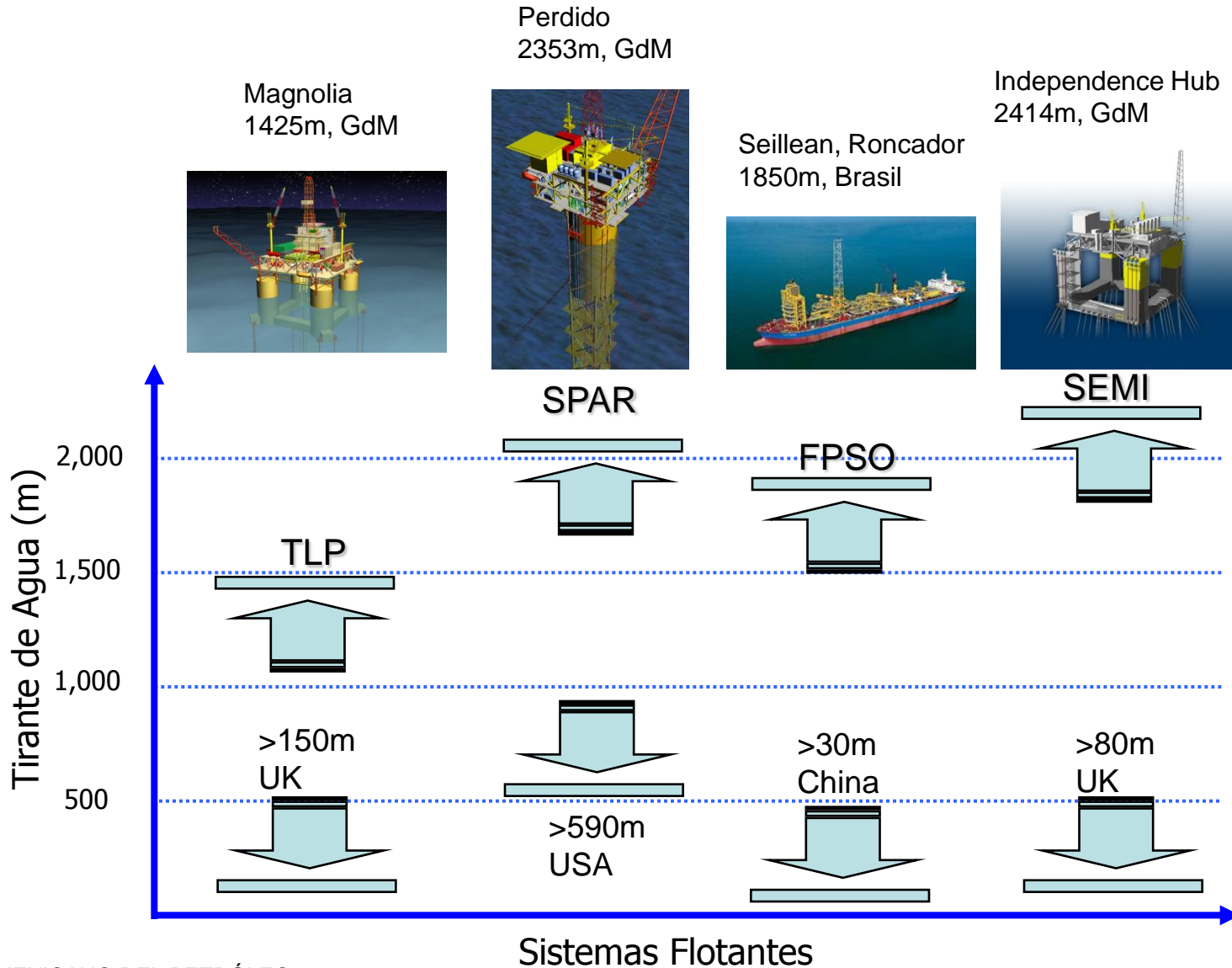
**Procesamiento Submarino**

**Manifold Submarino**

**Sistemas de Control de pozos Inteligentes**

**Interconexiones con ROVs**

## Aplicación de la tecnología



## Aplicaciones Submarinas

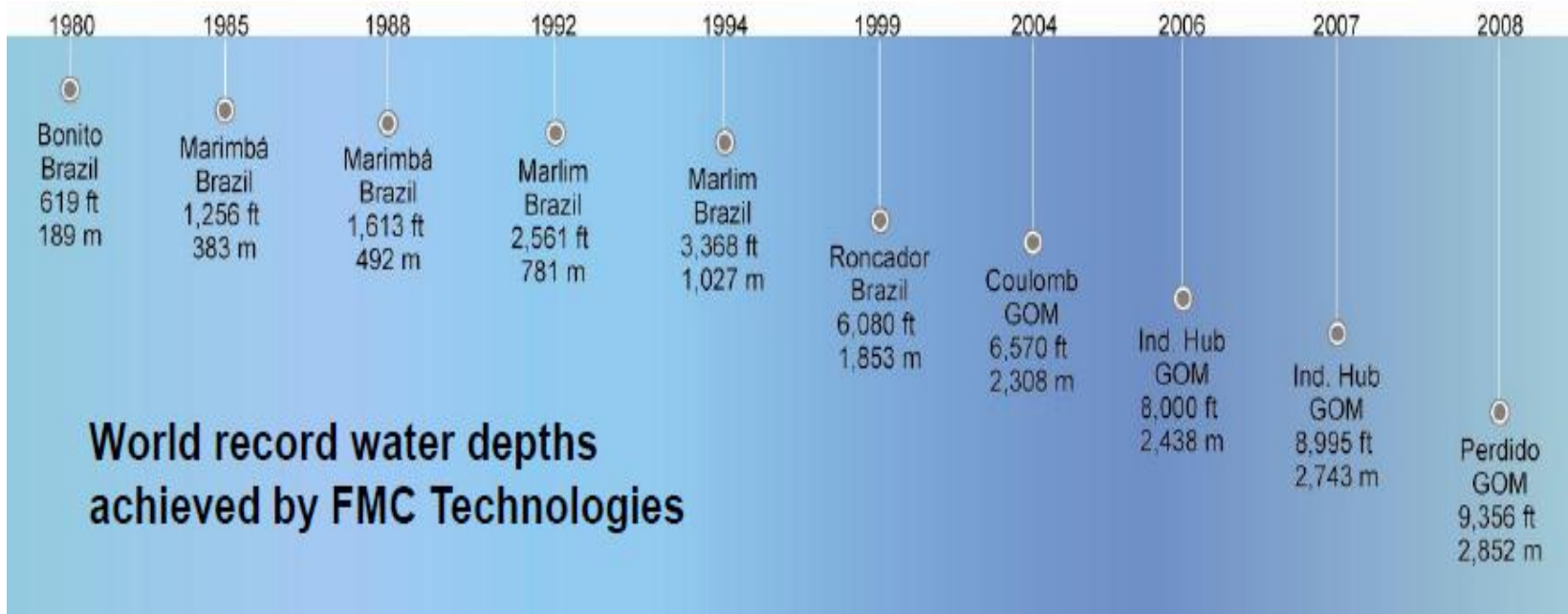


<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de tiebacks submarinos con un <b>tirante de agua &gt; 304 m (1000´)</b> en el mundo <sup>(1)</sup>:</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>1668</b></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Penguin A-E</b> (Shell) – récord de tieback para aceite (Mar del Norte) <sup>(2)</sup>:</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>69.8 km</b> en 175 m de tirante</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Snohvit</b> (Statoil) – récord de tieback para gas (Noruega) <sup>(2)</sup>:</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>143 km</b> en 345 m de tirante</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Perdido-Silvertip</b> (Shell) – récord de tirante de agua para árbol submarino (aceite, GdM) <sup>(2)</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>2,852 m</b> con un tieback de 14.4 km</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cheyenne</b> (Anadarko) – récord de tirante de agua para árbol submarino (gas, GdM) <sup>(2)</sup>:</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>2,743 m</b> con un tieback de 72 km</li> </ul>

<sup>(1)</sup> Offshore Magazine (2009)

<sup>(2)</sup> Offshore Magazine (2011)

## Aplicaciones Submarinas



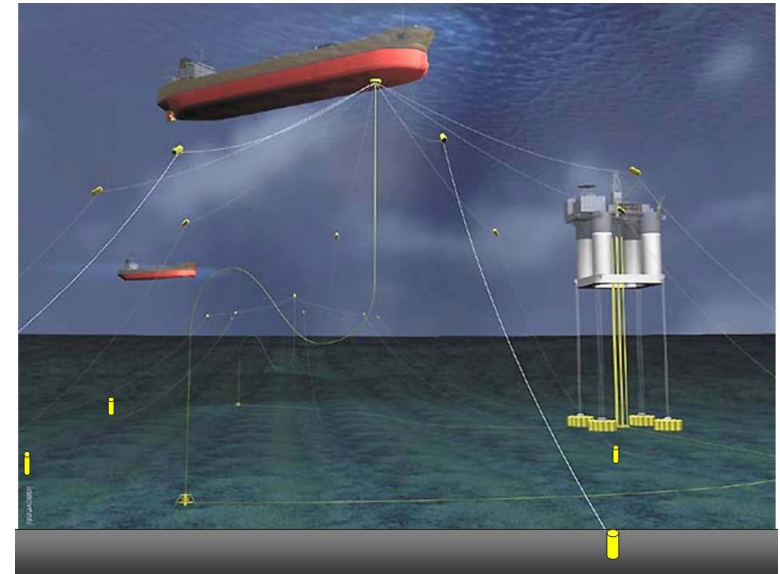
Cortesía FMC Technologies

## Problemática:

- Alta presión y alta temperatura.
- Hidrocarburos amargos
- Suelos de consistencia blanda y georriesgos de mayor complejidad.
- Fenómenos meteorológicos y oceanográficos severos.
- Formación de hidratos, asfaltenos y parafinas
- Mayores presiones hidrostáticas

## Retos:

- Perforación y terminación de pozos.
- Caracterización de hidrocarburos (HP/HT, asfaltenos, parafinas, hidratos de metano)
- Aseguramiento de flujo
- Caracterización de los peligros naturales (oceanográficos, meteorológicos, geotécnicos, sísmicos)
- Sistemas eléctricos de control
- Procesamiento submarino
- Materiales ligeros y resistentes a la corrosión
- Conocimiento del comportamiento de los sistemas de producción para las condiciones del GdM
- Generación de normas basadas en riesgo y confiabilidad.



## Estado actual de la Tecnología

- La tecnología para la explotación de campos en aguas profundas ha sido desarrollada principalmente por las compañías proveedoras.
- La explotación de los hidrocarburos exige a las compañías operadoras generar las capacidades para la evaluación, selección, adecuación, desarrollo, aplicación y operación de la tecnología, considerando las condiciones propias de cada región y de los hidrocarburos.

**ADMINISTRACIÓN DEL RIESGO Y LA CONFIABILIDAD DE EQUIPOS Y SISTEMAS**



• Niveles de Riesgo

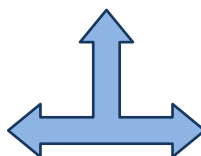


• Índices de Confiabilidad

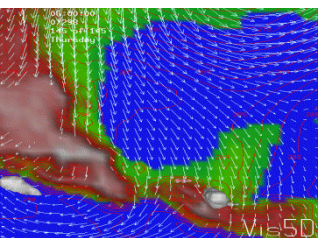


Aplicación en el diseño, fabricación, instalación y operación de sistemas y equipos

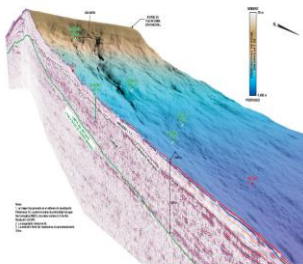
**CARACTERIZACIÓN DE PELIGROS NATURALES Y DE HIDROCARBUROS**



**CARACTERIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE EQUIPOS Y SISTEMAS**



- Viento
- Oleaje
- Corrientes
- Mareas



- Suelos
- Riesgos someros
- Sismos



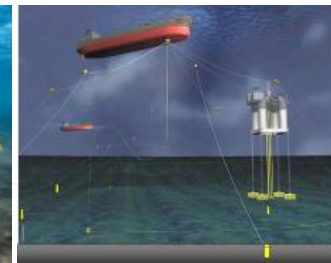
- Asfaltenos
- Parafinas
- Hidratos
- Alta Presión y Alta Temperatura



- Sistemas Flotantes



- Sistemas Submarinos, equipos de perforación



- Ductos y Risers



## Misión:

- Realizar investigación y desarrollar tecnología para generar soluciones e iniciativas para la explotación de hidrocarburos en aguas profundas.

## Visión:

- Generador de la tecnología en nichos específicos a través de proyectos de investigación que impacten en la competitividad de PEMEX en la explotación de campos en aguas profundas.

## Áreas de enfoque:

- Peligros, Riesgo y Confiabilidad en el Golfo de México
- Caracterización de equipos y sistemas:
  - Sistemas submarinos de producción
  - Ductos, Risers y Umbilicales
  - Sistemas flotantes de producción

## Personal:

- 53 Investigadores y Tecnólogos, con los siguientes perfiles:
  - Doctorado: 33
  - Maestría: 14
  - Licenciatura: 6
- En formación: 7 IMP y 5 externos
- Con capacitación: 49 asimilación, 78 transferencia. Total: 127

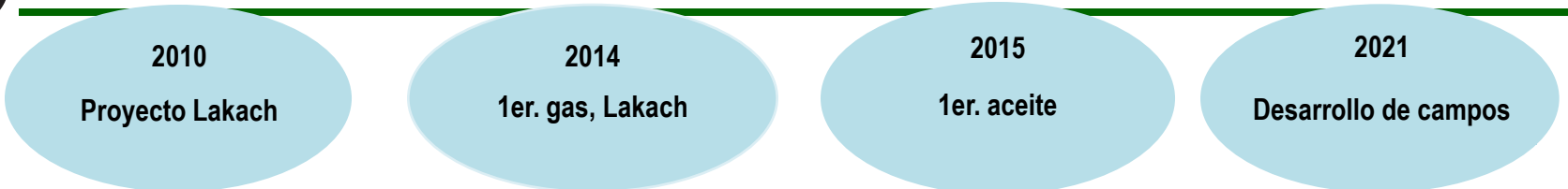
## Esquemas:

- Asimilación, Desarrollo de Tecnología e Investigación

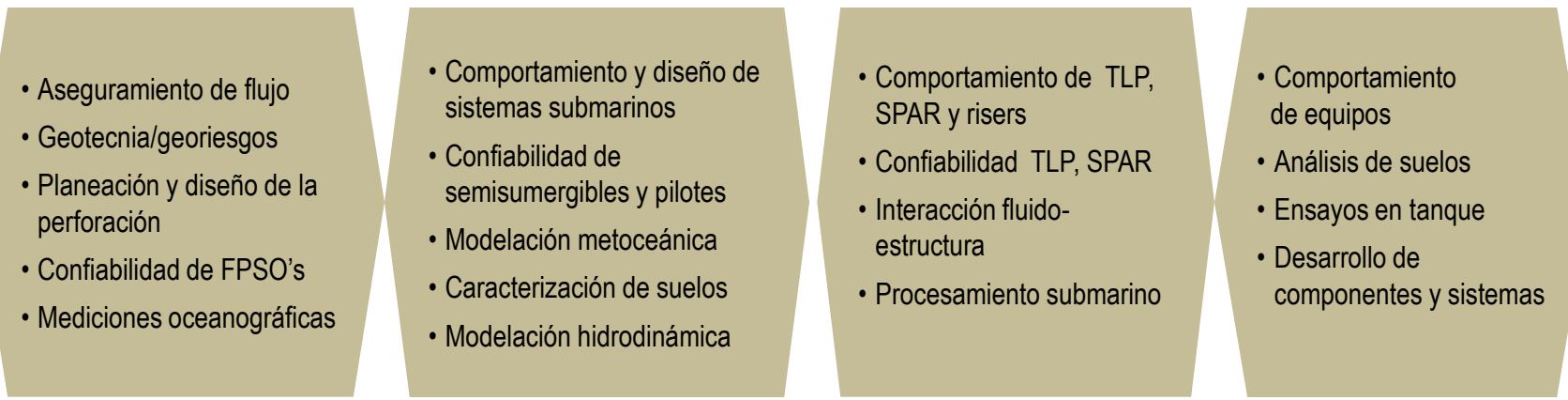


# Programa de Explotación de Campos en Aguas Profundas

IMPULSORES:  
METAS  
PEMEX

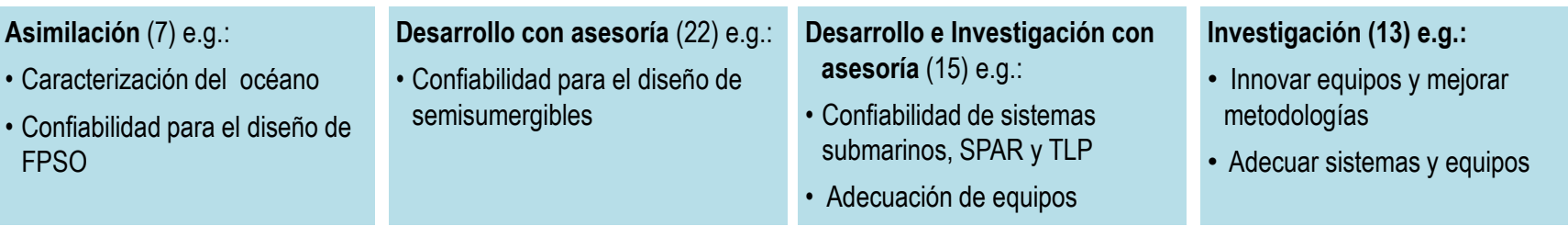


TECNOLOGÍAS

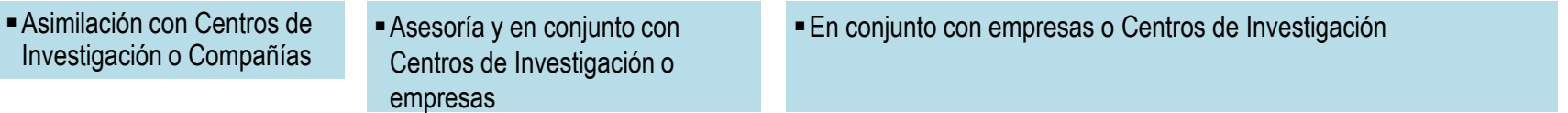


ESTRATEGIA:

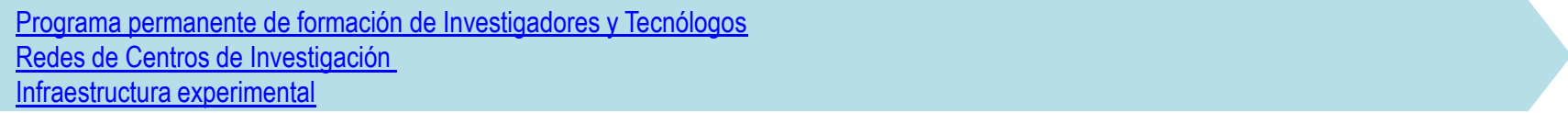
Proyectos



Alianzas



Recursos



Hernández G. Presente y futuro de las estrategias en exploración y explotación de campos en aguas profundas. Academia de Ingeniería. México D.F. 15 y 16 de octubre de 2009.

1. La explotación de los hidrocarburos en aguas profundas exige que el operador cuente con las capacidades para evaluar, seleccionar, adecuar, desarrollar, aplicar y operar la tecnología, considerando las condiciones propias de cada región y de los hidrocarburos.
2. Los principales retos tecnológicos en aguas profundas están relacionados con perforación y terminación de pozos, el aseguramiento de flujo, la operación en condiciones de alta presión y alta temperatura, los georriesgos en el lecho marino, los riesgos oceanográficos y meteorológicos, y los riesgos de operación.
3. La visión estratégica se fundamenta en la necesidad de contar con la tecnología para caracterización de hidrocarburos y peligros, caracterización de estados límites en las fases de diseño, instalación y operación de los sistemas de producción, evaluación de su confiabilidad y administración de riesgos
4. En función de la capacidad tecnológica existente, de los impulsores del mercado, y de la oferta internacional de tecnología y su grado de madurez, los esquemas para proyectos de IDT pueden ser: asimilación, desarrollo (asesoría) o de investigación en colaboración
5. La estrategia de investigación y desarrollo visualizada considera el aprovechamiento de las capacidades existentes en diferentes especialidades en los centros de investigación y empresas nacionales e internacionales



Gracias

## Proyectos desarrollados:

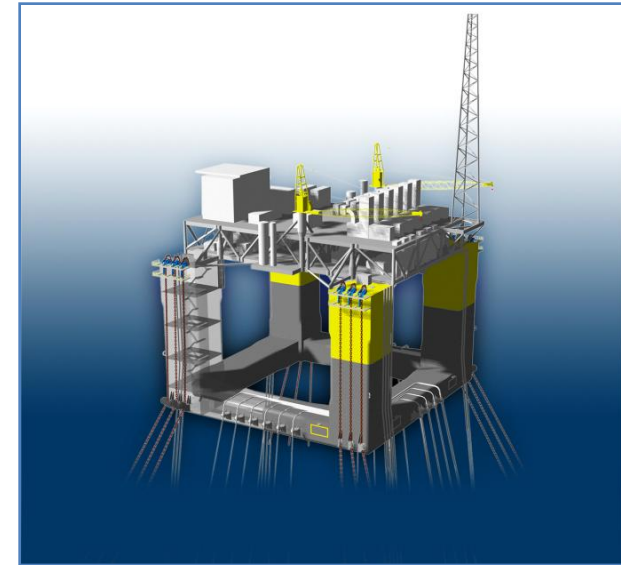
- Plataformas fijas para profundidades de 100 a 350 m. (2004-2005), con la Cia. Aker Kvaerner.
- Caracterización del comportamiento del océano (2005-2006), con la Cia. Woods Hole.
- Ingeniería FEED de ductos, risers y umbilicales (2006-2009), con la Cia. SAIPEM.
- Análisis de riesgo y confiabilidad de sistemas flotantes (FPSO) (2006-2010) con la Cia. Matrisk.
- Sistemas submarinos de producción (2006-2010) con la Cia. Cameron.
- Sistemas flotantes de producción (FPSO) con SBM-Atlantia y Optimización en tiempo real (OTR) con ScandPower Petroleum Technology (2006-2010)
- Planeación y diseño de la perforación (2006-2010) con asesoría de Canadian Triton International Ltd.



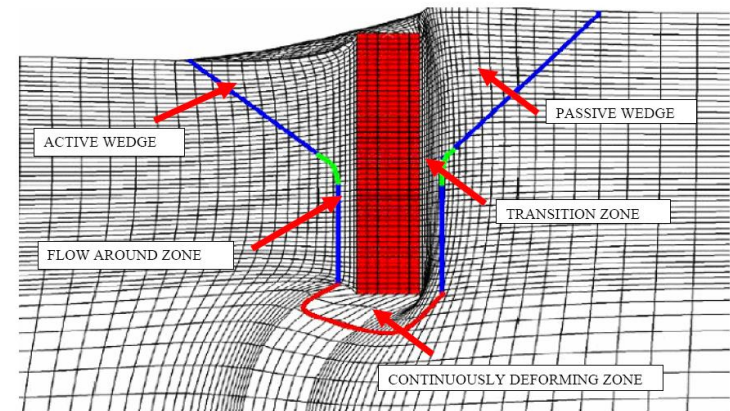
Mediciones meteoceánicas

## Proyectos en desarrollo:

- Análisis de riesgo y confiabilidad para el diseño metoceanico de plataformas semisumergibles (2009-2011).
- Análisis de riesgo y confiabilidad estructural para el diseño de pilotes de succión (2009-2011), con asesoría de UT Austin.
- Generación optimizada de perfiles de producción en aguas profundas (2010-2011).



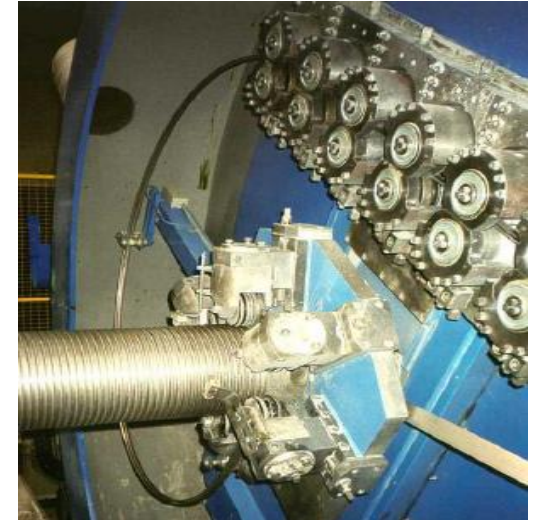
Plataforma semisumergible



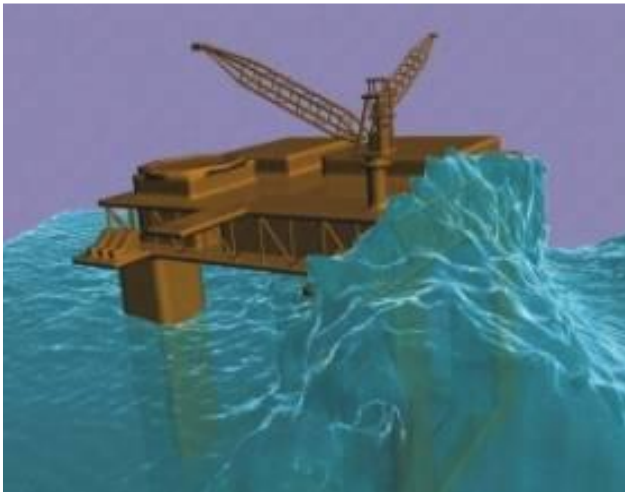
Modelo de pilote de succión

## Proyectos a desarrollar:

- Diseño, Fabricación e Instalación de Tubería Flexible.
- Asimilación, Implementación y Validación de un Tanque Numérico para el Análisis Hidrodinámico de Sistemas Flotantes de Producción.
- Estudio de la permeabilidad de polímeros en medios amargos para evaluación de tubería flexible.
- Peligro Sísmico en el Golfo de México.



Construcción de la carcasa



Modelo numérico



Tubería flexible

Área Técnica	Proyectos	Personal	Formación	Laboratorio
Sistemas Flotantes	<u>7</u>	<u>6</u>	5	Estructuras
Aseguramiento de Flujo	<u>6</u>	<u>9</u>	4	Aseguramiento de flujo
Proceso y Equipo Sobre Cubierta	<u>7</u>	<u>6</u>	1	Optimización de equipos de proceso
Ductos y Risers	<u>10</u>	<u>6</u>	5	Integridad estructural
Sistemas Submarinos	<u>8</u>	<u>10</u>	6	Componentes de equipos
Control y Automatización	<u>3</u>	<u>6</u>	2	Control de la producción
Materiales	<u>10</u>	<u>4</u>	2	Evaluación de materiales
Metoceánica e Hidrodinámica	<u>6</u>	<u>17</u>	7	Simulador numérico y tanque oceánico
Geotecnia	<u>5</u>	<u>9</u>	6	Geotecnia e interacción suelo-estructura
Riesgo y Confiabilidad	<u>11</u>	<u>5</u>	1	-
Perforación	<u>8</u>	<u>0</u>	0	Fluidos de perforación y estabilidad de pozos
Inspección y Mantenimiento	<u>5</u>	<u>3</u>	1	-
Sismología	<u>2</u>	<u>0</u>	0	-
Medición multifásica	<u>3</u>	<u>5</u>	1	Medición de flujo multifásico

Centro de Investigación	Área	Líneas de Investigación
Instituto de Ingeniería, UNAM	Estructuras	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de Riesgo y Confiabilidad Estructural</li> <li>• Ingeniería Sísmica</li> </ul>
	Geotecnia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinación de propiedades mecánicas del suelo</li> <li>• Interacción suelo-estructura</li> </ul>
Instituto de Investigación en Materiales, UNAM	Materiales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caracterización de materiales</li> <li>• Reología</li> </ul>
CINVESTAV	Ductos y Risers Control	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VIV</li> <li>• Robótica</li> </ul>
CICESE	Oceanografía	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medición de características oceanográficas</li> </ul>
COMIMSA	Materiales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de fallas y soldadura</li> </ul>
CIQA	Materiales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Polímeros</li> </ul>
CIATEQ	Sistemas mecánicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ROV</li> </ul>

Centro de Investigación	Área	Líneas de Investigación
Universidad Veracruzana	Arquitectura Naval	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño de unidades flotantes</li> <li>• Estabilidad hidrostática</li> </ul>
Universidad Autónoma de Yucatán	Equipos y sistemas sobre cubierta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipo de Proceso sujeto a movimiento e inclinación.</li> <li>• Análisis de explosión en 3 dimensiones utilizando CFD (Computational Fluid Dynamics)</li> </ul>
Instituto Tecnológico de Celaya	Equipos y sistemas sobre cubierta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simulación dinámica de sistemas en cubierta – risers – pozo</li> </ul>
IMTA	Geotecnia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinación de propiedades mecánicas del suelo</li> </ul>
IIE	Geotecnia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interacción suelo-estructura</li> </ul>
CIMAV	Materiales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caracterización y deterioro de materiales</li> <li>• Corrosión</li> </ul>
IPN-ESIA	Oceanografía e Hidrodinámica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oleaje</li> <li>• Corrientes marinas</li> </ul>

Institución	Área	Líneas de Investigación
COPPE-UFRJ	Estructuras	• Confiabilidad Estructural
	Ingeniería Oceánica	• Análisis hidrodinámico de sistemas flotantes
	Risers, ductos	• Ensaye de modelos en tanque de pruebas
	Sistemas submarinos	• Análisis de fatiga • Evaluación de integridad
SINTEF-MARINTEK	Hidrodinámica	• Sistemas estructurales e hidrodinámica de tuberías submarinas, anclajes, risers y estructuras flotantes. • Ensaye de modelos en tanque oceánico.
	Risers y ductos	• Prueba de risers a cargas dinámicas
	Simulación en flujo multifásico	• Aseguramiento de Flujo
NTNU-CESOS	Hidrodinámica	• Cargas hidrodinámicas y Modelos matemáticos • Vibración generada por vórtices
	Mecánica Estructural	• Respuesta estructural de sistemas flotantes y risers
	Control Automatizado	• Control de estructuras esbeltas y flexibles (risers de perforación, tendido de tuberías). • Desarrollo de sistemas de control
	Riesgo y Confiabilidad	• Filosofías de inspección de sistemas flotantes; riesgo operacional • Caracterización de suelos
NGI	Geotecnia	• Georiesgos

Institución	Área	Líneas de Investigación
OTRC ( TAMU y UT)	Hidrodinámica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensaye de Modelos en tanques de prueba</li> <li>• Estabilidad de taludes, Interacción suelo-ductos o líneas de amarre, caracterización de suelos, confiabilidad y diseño de cimentaciones</li> </ul>
	Geotecnia	
	Risers	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de VIV</li> <li>• Análisis y confiabilidad de sistemas de amarre</li> </ul>
	Sistemas submarinos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Confiabilidad de sistemas submarinos</li> <li>• Evaluación de ROV's y AUV's</li> </ul>
Universidad de Cranfield	Ductos, Risers, Sist. flotantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vehículos operados remotamente</li> </ul>
Escuela de Minas de Colorado	Mecánica y materiales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procedimientos de reparación</li> </ul>
Inst. Federal Suizo de Tecnología	Riesgo y Confiabilidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Criterios de diseño, filosofías de inspección de sistemas flotantes; estrategias óptimas de mantenimiento</li> </ul>
Inst. Superior Técnico, de Lisboa	Riesgo y Confiabilidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelación probabilista de peligros, filosofías de inspección de sistemas flotantes</li> </ul>

## Objetivo:

Realizar trabajos de investigación, desarrollo, asimilación de tecnologías, pruebas especiales de los sistemas y equipos en apoyo a la estrategia de explotación costa afuera en México, así como, contribuir a la formación y desarrollo de recursos humanos especializados



Desarrollo modular:

Primer módulo  
(2011-2014)

Aseguramiento de Flujo

Fluidos de Perforación,  
Terminación y Cementación

Geotecnia e Interacción Suelo-  
Estructura

Simulador Numérico de  
Fenómenos Metoceánicos e  
Hidrodinámicos

Evaluación de Materiales

Segundo módulo  
(2015-2018)

Control de la Producción

Estabilidad Mecánica de Pozos

Medición de Flujo Multifásico

Componentes de Equipos  
Submarinos

Integridad Estructural de  
Ductos y Risers

Tercer módulo  
(2019-2022)

Optimización de Equipos de  
Proceso

Hidrodinámica: Tanque  
Oceánico

Estructuras de Sistemas  
Flotantes y Líneas de Amarre

Personal IMP en desarrollo

Juan Carlos Valadez Pérez	Control y Automatización	UCLA
Pedro Salgado Díaz	Control y Automatización	Universidad Politécnica de Madrid
Roberto Olea Pérez	Proceso y Equipo	Universidad de Karlsruhe, Alemania
Iván Félix González	Sistemas Flotantes	Texas A&M
Jose Alberto Martínez Farfán	Sistemas Flotantes	Texas A&M
Edgar Salazar Carrillo	Oceanografía	UNAM
Aldo Cruces Girón	Ductos y Risers	UFRJ

Personal externo

Rafael Rodríguez	Geotecnia	Universidad de Oslo-NGI
Gerardo Terán Méndez	Inspección y Mantenimiento	IMP
Claudia Rendón Conde	Riesgo y Confiabilidad	IMP
Guadalupe Ollín	Geotecnia	Instituto de Ingeniería UNAM
Oscar Godoy Marroquín	Sistemas Flotantes	UFRJ

Área técnica	Contratación		Formación		TOTAL
	Grado		Grado		
	Dr.	M	Dr.	M	
Sistemas Flotantes	1		2	3	6
Aseguramiento de Flujo	5		4		9
Proceso y Equipo Sobre Cubierta	5		1		6
Ductos y Risers	1		4	1	6
Sistemas Submarinos	4		4	2	10
Control y Automatización	2	2	1	1	6
Materiales	2		1	1	4
Metoceánica e Hidrodinámica	10		7		17
Geotecnia	3		6		9
Riesgo y Confiabilidad	4		1		5
Perforación					
Inspección y Mantenimiento	2		1		3
Sismología					
Medición Multifásica	4			1	5
Subtotal	43	2	32	9	86
<b>TOTAL</b>		<b>45</b>		<b>41</b>	