

**Juan Herrera Herbert**

# **Introducción a las actividades de ingeniería en petróleo y gas natural**

**Serie: “Introducción a la perforación y producción de petróleo y gas”**

**Madrid - 2024**



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Escuela Técnica Superior  
de Ingenieros de Minas y Energía

[www.minasyenergia.upm.es](http://www.minasyenergia.upm.es)





# Introducción a las actividades de ingeniería en petróleo y gas natural

Serie: “Introducción a la perforación y producción de petróleo y gas”

**Autor: Juan Herrera Herbert** (juan.herrera@upm.es).

## ADVERTENCIA

El presente documento ha sido preparado con una finalidad exclusivamente divulgativa y docente. Las referencias a productos, marcas, fabricantes y estándares que pueden aparecer en el texto, se enmarcan en esa finalidad y no tienen ningún propósito comercial.

Todas las ideas que aquí se desarrollan tienen un carácter general y formativo y el ámbito de utilización se circunscribe exclusivamente a la formación de los estudiantes de la UPM. La respuesta ante un caso particular requerirá siempre de un análisis específico para poder dictaminar la idoneidad de la solución y los riesgos afrontados en cada caso, además de las incidencias en los costes de explotación. Consulte siempre a su ingeniería, consultor, distribuidor y fabricante de confianza en cada caso.

Foto de portada: <https://www.lanacion.com.ar/economia/vaca-muerta>

Copyright © 2024. Todos los derechos reservados

DC: <https://oa.upm.es/84716/>

OAI: [oai:oa.upm.es:84716](https://oai.upm.es/84716)



Universidad Politécnica de Madrid  
Departamento de Ingeniería Geológica y Minera  
Laboratorio de Tecnologías Mineras

Calle Ríos Rosas 21  
28003 Madrid (España)



Este documento ha sido formateado para su visualización y uso en dispositivos electrónicos y permitir ahorrar en el consumo de papel y tóner.  
Antes de imprimirlo, piense si es necesario hacerlo.

# Consideraciones a la perforación de un pozo

- Para perforar un pozo de manera segura y económica, se requiere reunir y coordinar un conjunto muy amplio de destrezas, habilidades y conocimientos especiales.
- Estas capacidades diferentes se materializan en forma de compañías de servicios, contratistas especializados y consultores que, cada uno con su propia organización, proveen los servicios, actividades y trabajos necesarios.
- Cada nuevo descubrimiento puede crear nuevos problemas de perforación y obliga a perfeccionar nuevas técnicas y nuevas soluciones para superarlos



# La Ingeniería de Perforación y su campo de aplicación

- La Ingeniería de Perforación (Drilling Engineering) tiene la función de:
  - Diseñar el pozo definiendo diámetros, revestimientos, cementaciones, tipos de lodo, parámetros de perforación y requerimientos mecánicos de los equipos a utilizar.
  - Coordinación con las divisiones de geología y producción para obtener la información geológica y de producción de fluidos que permita una evaluación y posterior puesta en producción en su caso.
  - Supervisar el programa concreto de actividades y trabajos necesarios para perforar el pozo.



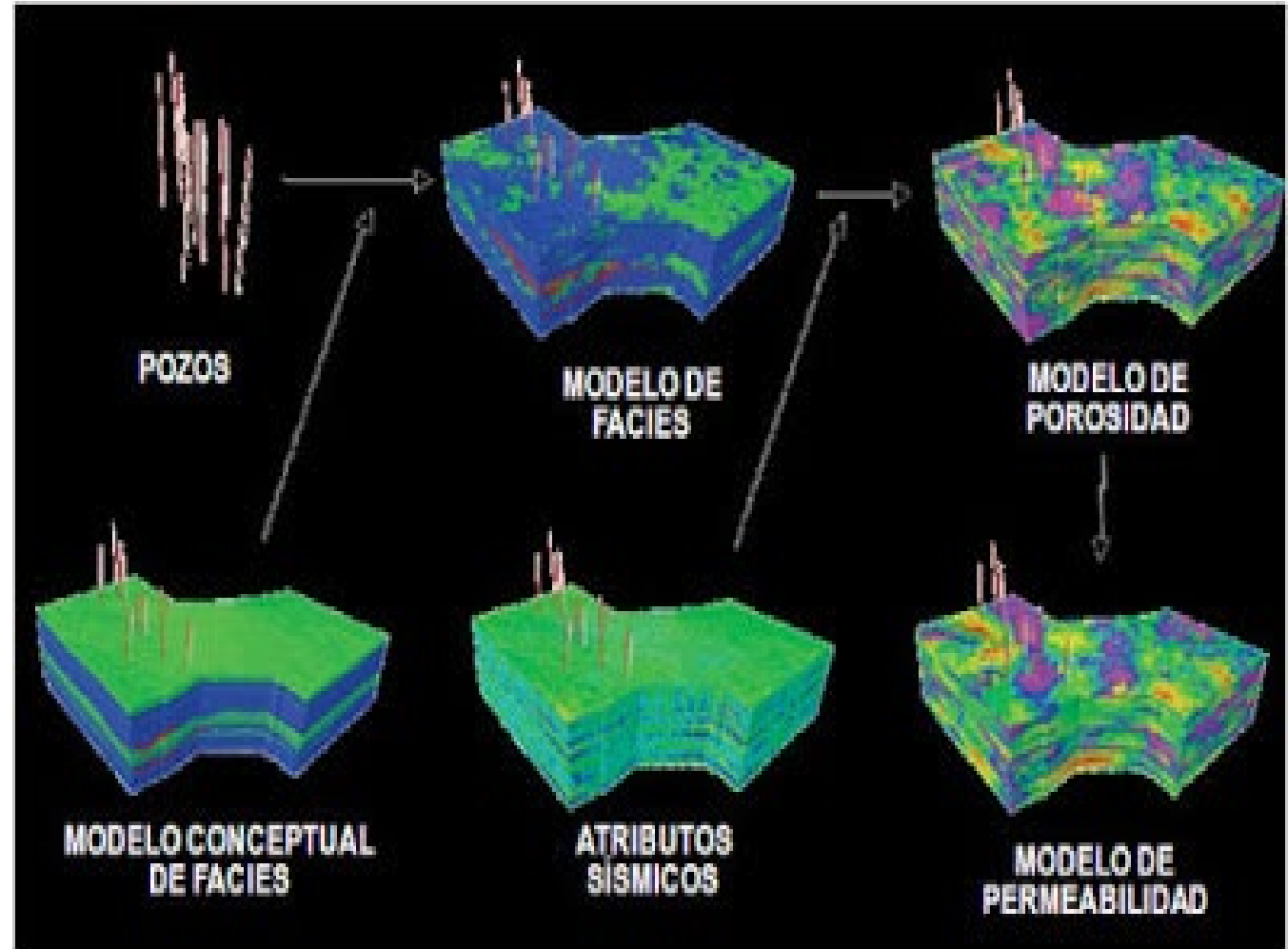
# Ingeniería de Instalaciones de Procesado

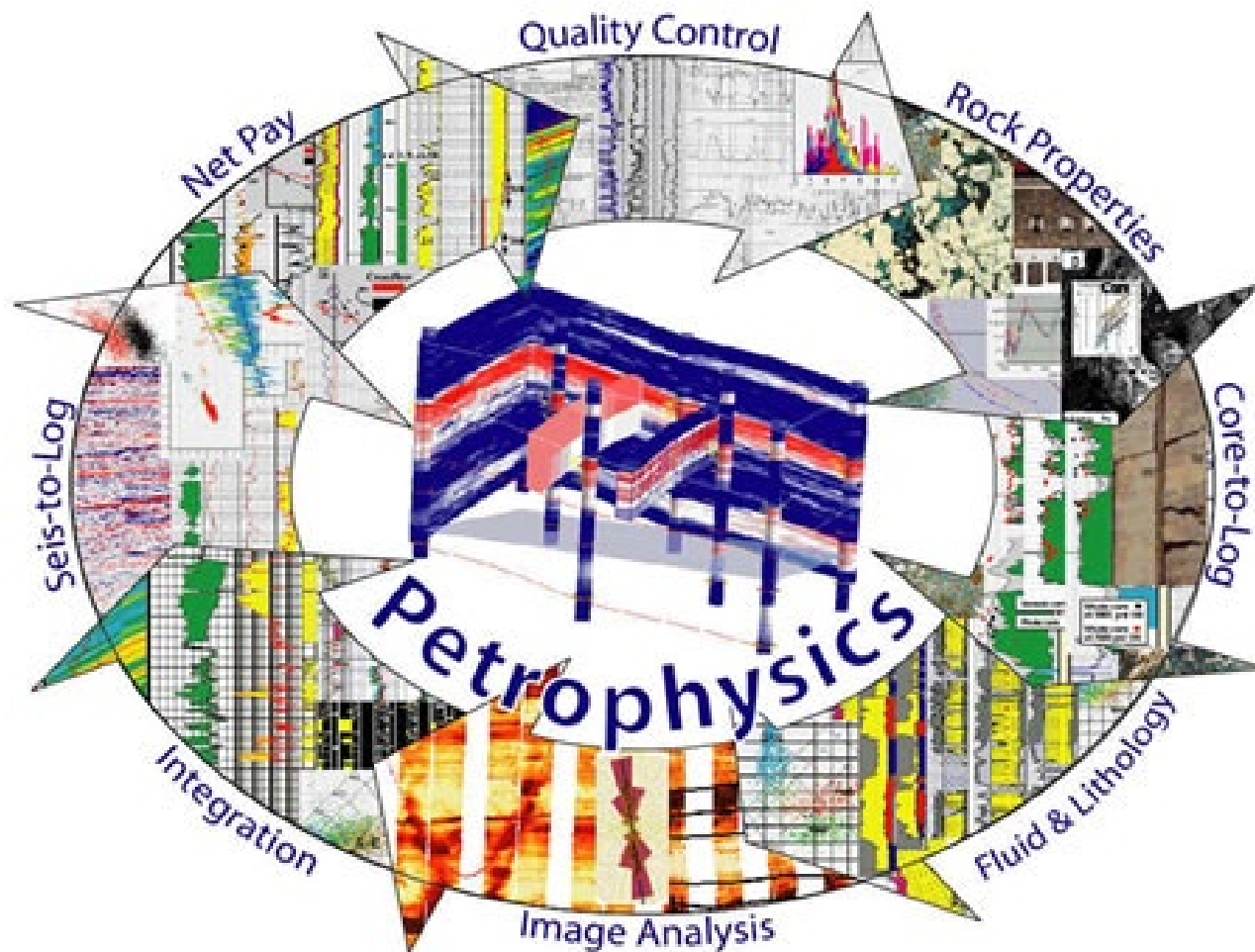
- Por su parte, la Ingeniería de Instalaciones tiene la misión de especificar y diseñar:
  - Los equipos de superficie que deben instalarse para el tratamiento de la producción, los sistemas de deshidratación para separar el agua del petróleo y gas y la puesta en especificación de los hidrocarburos.
  - Los sistemas de medición.
  - Los tanques de almacenamiento.
  - Las instalaciones para sistemas de recuperación mejorada mediante inyección de agua y gas en el yacimiento.



# La Ingeniería Petrofísica y Geológica

- La Ingeniería Petrofísica y Geológica:
  - Interpreta los datos suministrados por las muestras de formación (cuttings), el análisis de los testigos y la interpretación de los registros eléctricos y radiactivos utilizados en las distintas secciones del pozo.
  - El objetivo final es determinar las características petrofísicas de la roca del yacimiento (almacén potencial), mediante la evaluación de su permeabilidad, porosidad y continuidad.





# Ingeniería de Yacimientos

- Los Ingenieros de Yacimientos:
  - Desarrollan un plan para determinar el número y localización de los pozos que se perforarán en el depósito.
  - Determinan el ritmo de producción adecuado para una recuperación óptima y las necesidades de tecnologías de recuperación complementarias.
  - También realizan una estimación de la productividad y las reservas totales del depósito.
  - Analizan el tiempo, los costes de explotación y el valor del crudo producido.



Centro de optimización de perforación de Chevron en Texas (EEUU).  
Fuente: cortesía de Chevron.

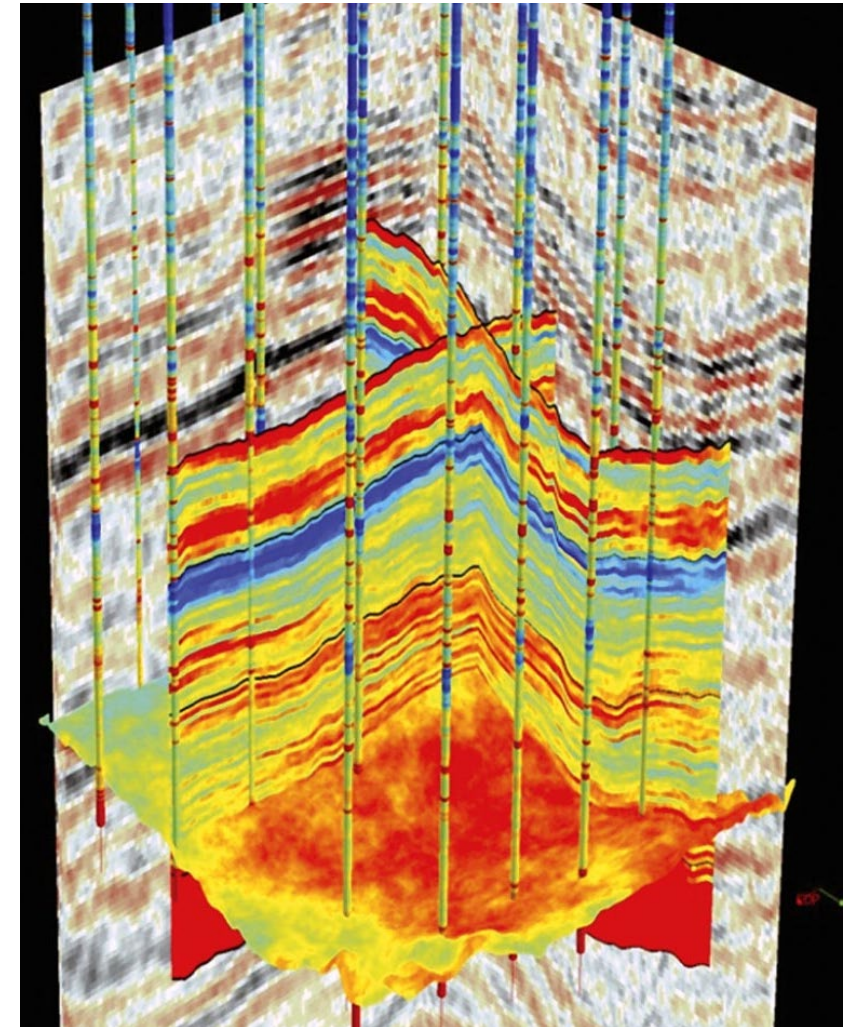
# Ingeniería de Producción

- Los Ingenieros de Producción:
  - Supervisan el funcionamiento de los pozos;
  - Recomiendan y ponen en práctica acciones correctoras, según proceda:
    - Fracturación,
    - Acidificación,
    - Profundización,
    - Ajuste de la proporción entre gas y petróleo o agua y petróleo,
    - Cualesquiera otras medidas que mejoren el rendimiento económico del yacimiento.



# Planificación de la perforación

- La perforación de un pozo requiere de una **planificación detallada** ya que, para lograr los objetivos, se requieren estudios científicos, técnicas y experiencia en las actividades involucradas que van desde la localización del punto a perforar hasta la terminación del pozo.
- Una base para la planificación es el análisis de la situación sobre el estudio racional de datos pasados, presentes y a obtener en un futuro.



## Tipos de pozo

### Pozo Exploratorio:

- Algunas veces se llama pozo "wild cat", y está orientado a determinar la existencia de gas o de petróleo.

### Pozo de Evaluación (también llamados de Apreciación "Apraisal" o de Avanzada):

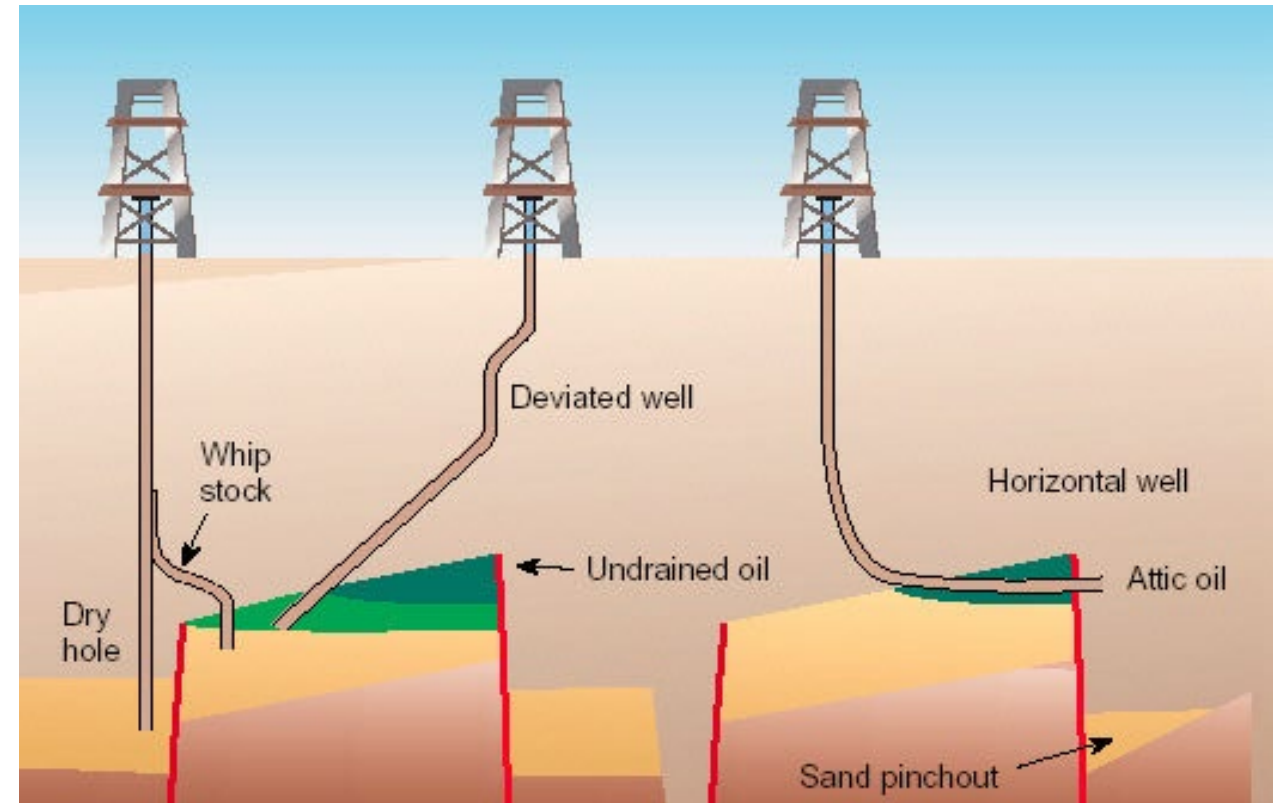
- Se perforan para determinar la extensión del campo o la extensión que cubre.

### Pozo de Desarrollo o Productor:

- Se perforan en un campo ya existente para explotar el yacimiento (o producir hidrocarburos).

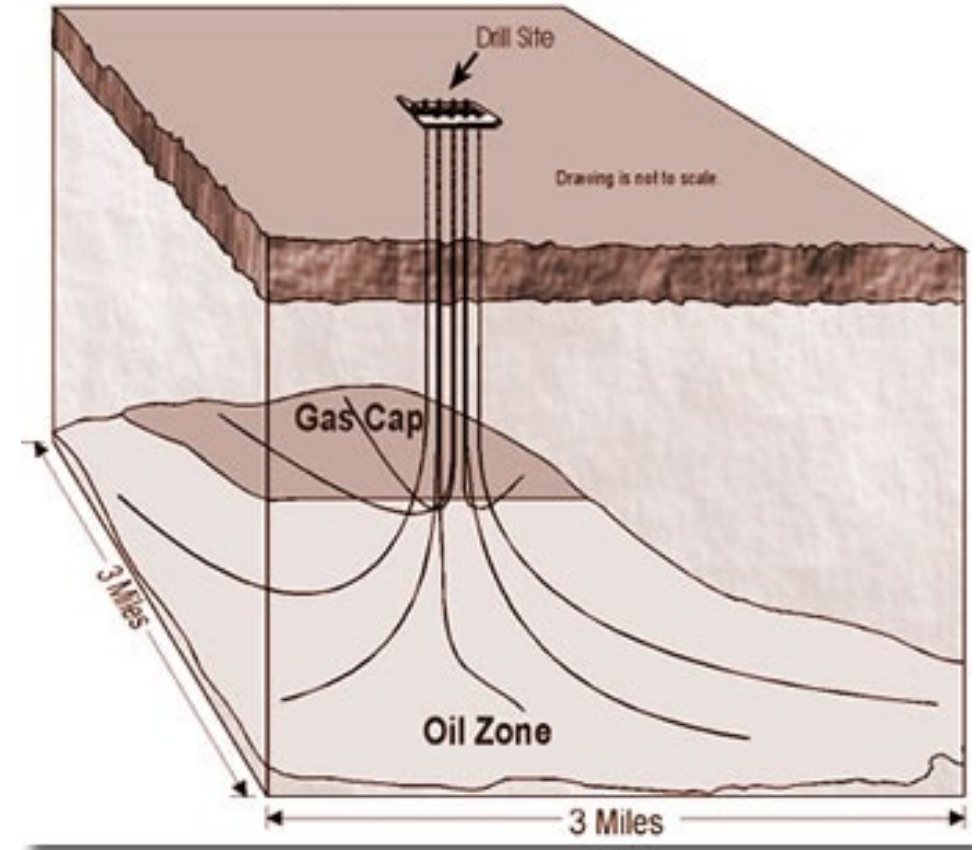
De acuerdo con el perfil de la trayectoria, pueden ser :

- Vertical.
- Desviado.
- Horizontal.

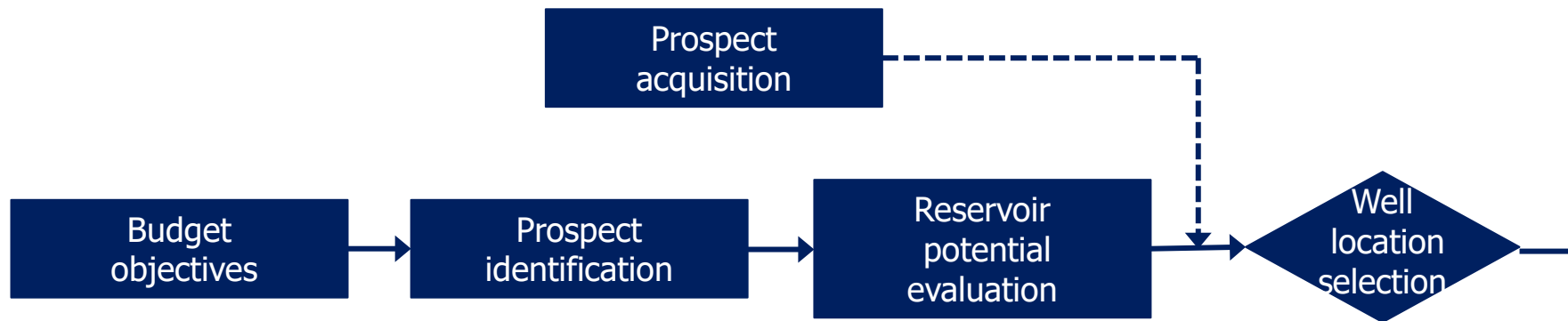


## Aspectos clave en el diseño y planificación

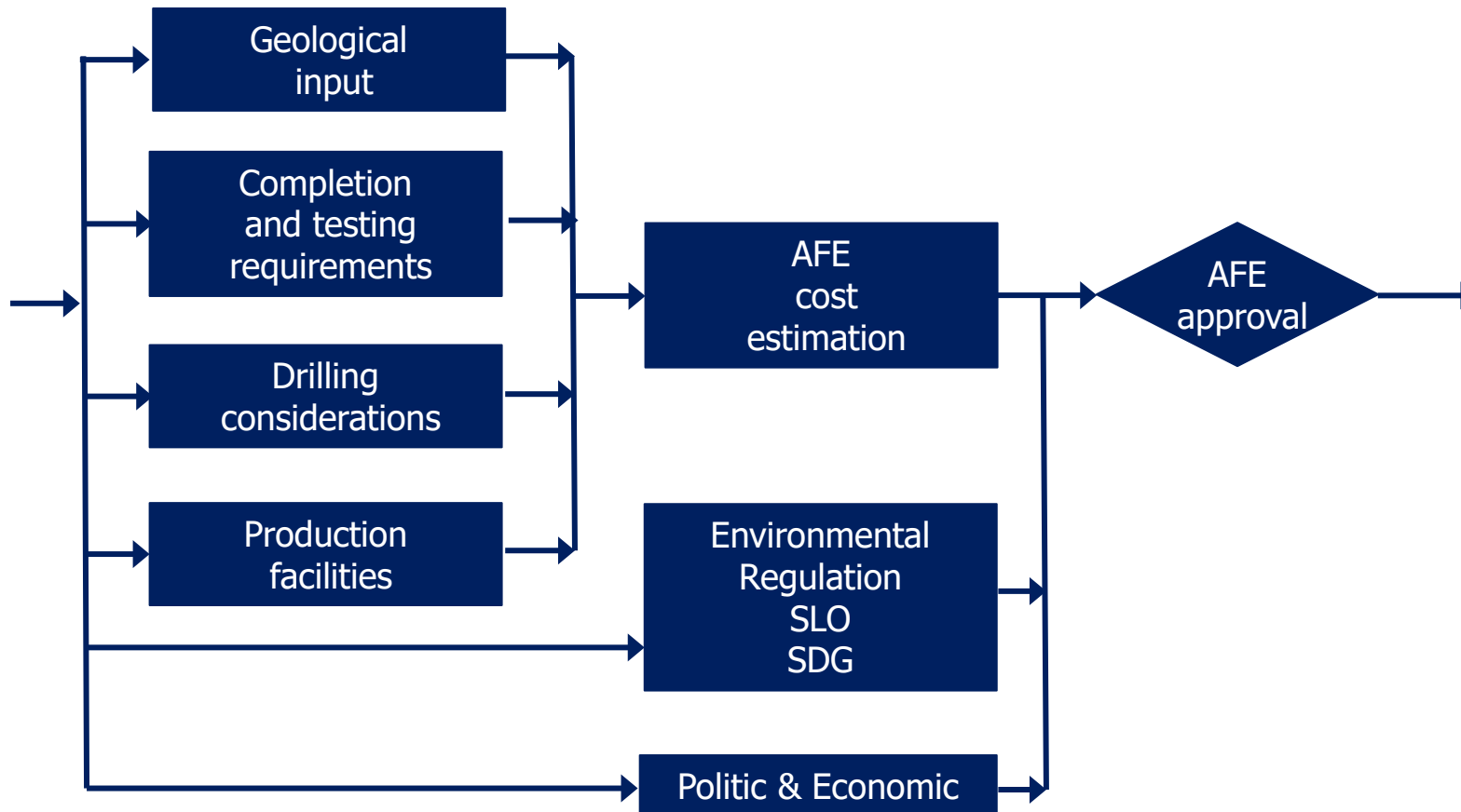
- Dimensionar y planificar un pozo es una de las etapas importantes, en la que se establecen como premisas en el proceso los siguientes factores:
  - Economía:
    - La estimación del coste de perforación para determinar la viabilidad económica de la perforación del pozo.
    - Control del coste para la minimización de los gastos totales de la perforación a través de un programa apropiado.
  - Equipo adecuado.
  - Seguridad del personal.
  - Protección medioambiental.



## Well Selection



## AFE Preparation (AFE, Authority for expenditure)





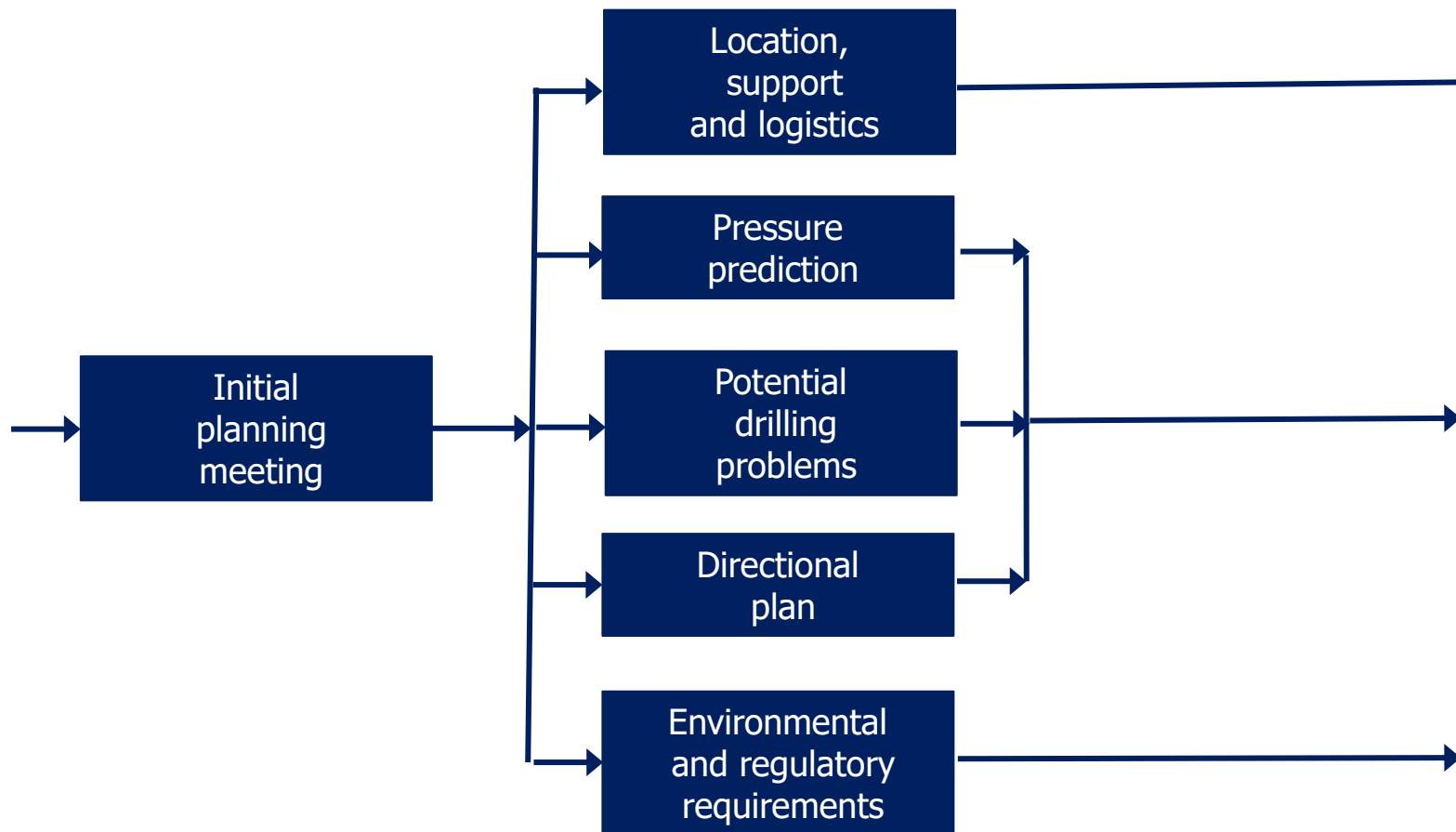
## ■ WELL PLANNING GEOLOGICAL INPUT

- Lithology data:
  - Stratigraphic column with type of formation rock
  - Expected formation tops
  - Expected formation dip ranges
- Expected total depth (likelihood of drilling deeper)
- Potential shallow gas hazard
- Anticipated pore pressures
- Potential production zones (type of reservoir, exp. formation fluids)
- Expected logging program and coring intervals
- Potential hole problems (lost circulation, abnormal pressure, Sour gas, Plastic salt beds, Geothermal intervals, Sloughing shales, Others).
- List of nearest offset wells and available data



- AFE preparations drilling considerations
  - Review location considerations
  - Outline expected formation pressures
  - Review potential drilling problems
  - Review directional plan considerations
  - Select casing sizes and setting depths
  - Identify likely mud program
  - Prepare preliminary casing design
  - Identify tentative
    - Wellheads requirements
    - Review cementing requirements
    - Predict drilling time from offset well performance

## Organizing and Data Gathering



## ■ Review of wells in area

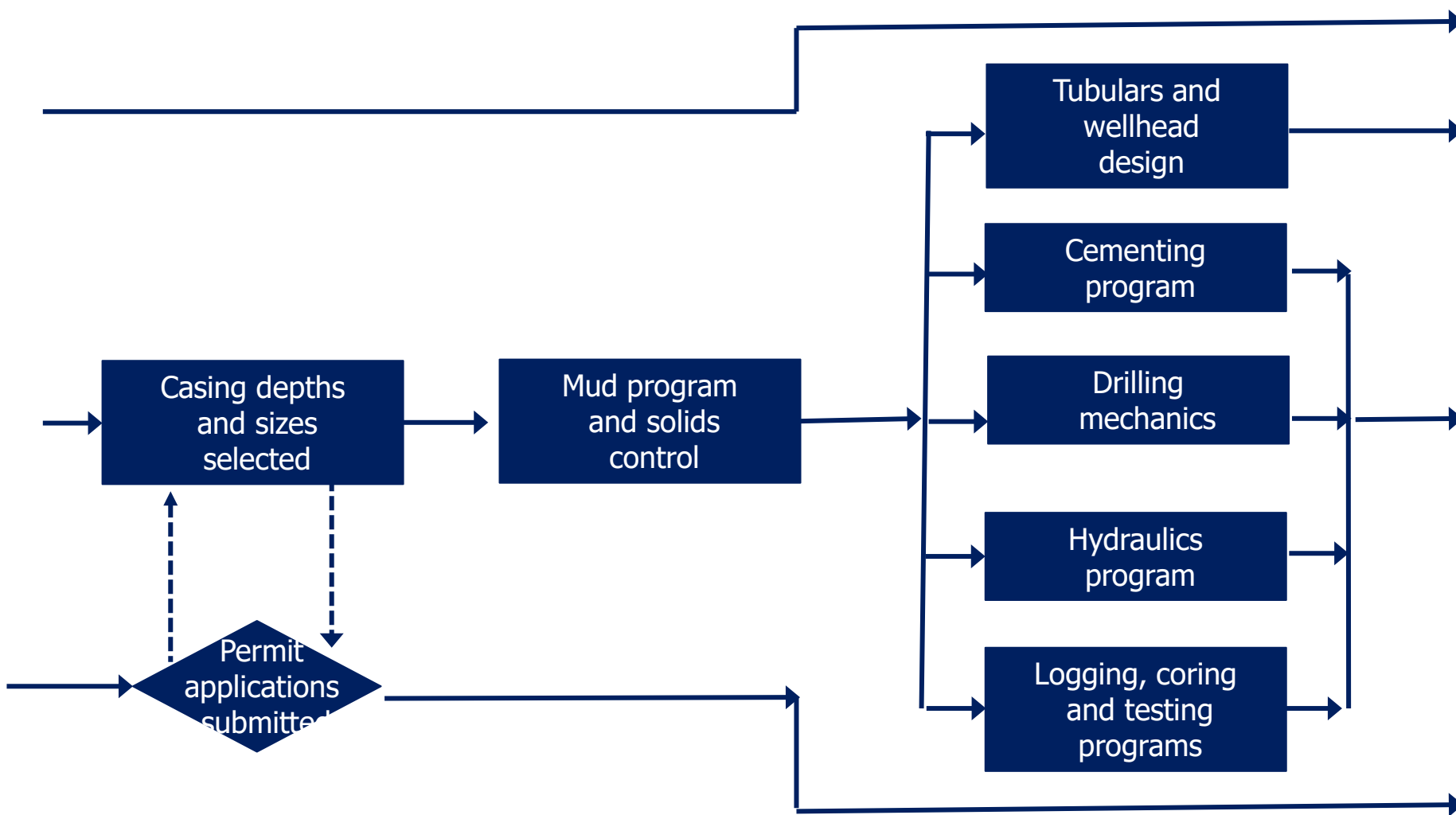
- Drilling progress graphs
- Daily drilling reports
  - Tubular data, Hydraulics, Drilling and Cementing problems, Bottom hole assemblies, Directional surveys
- Daily mud records and recaps
  - Mud programs, Hole problems, Contaminants, Solids control, Treatment problems, Mud cost
- Bit records
- Mud logging records
- Electric log
- Government regulations
  - Code of Federal Regulations
  - State Orders/Field Rules
  - Foreign Government Regulations
- Personal and Organizational Contacts (Adjacent Operators and Drilling Contractors, Scout Reports)
- Logistics records (Transportations, Supply points)
- Weather Data



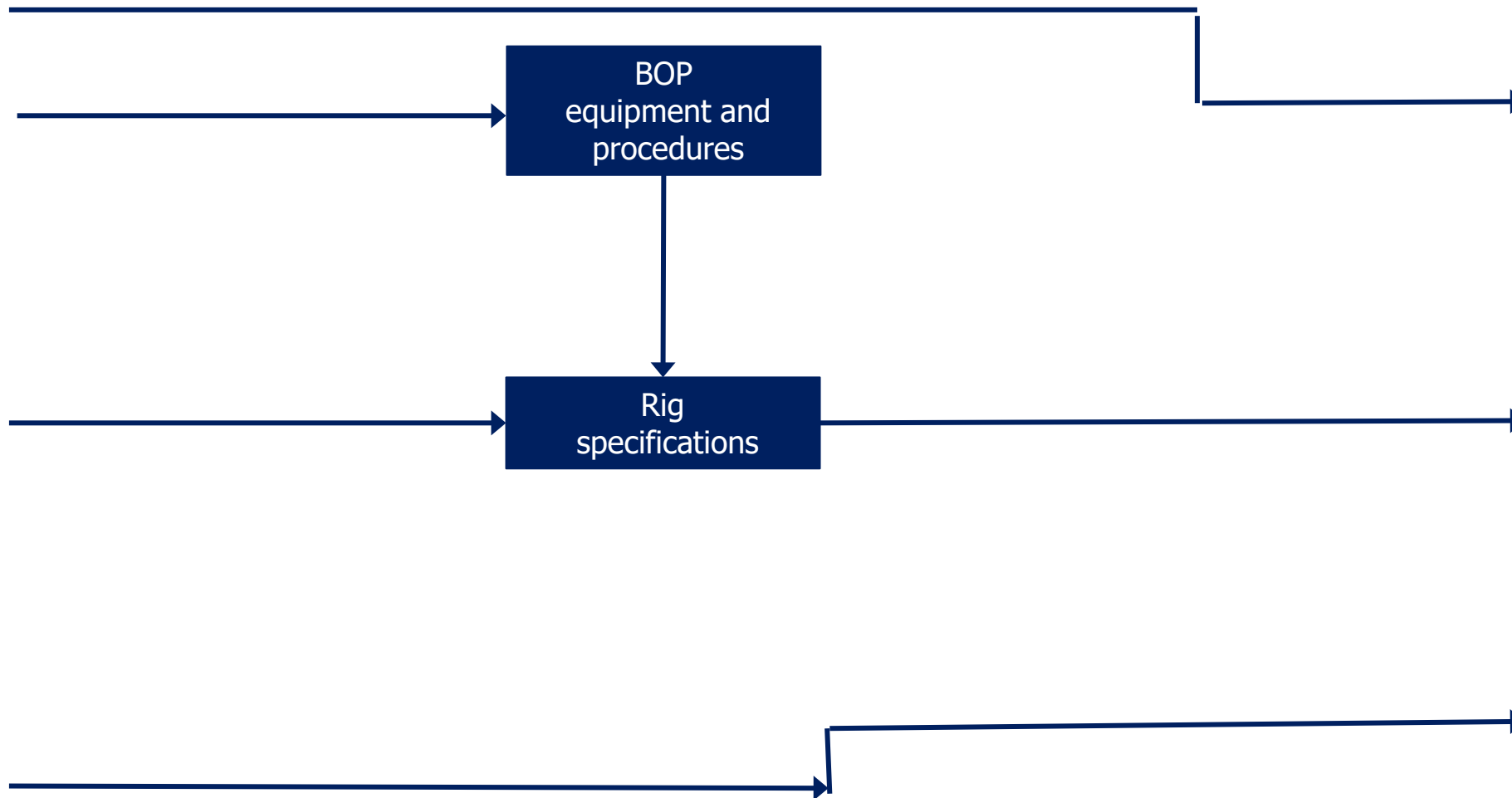
## ■ ENVIRONMENTAL AND REGULATORY REQUIREMENTS

- Lease terms and stipulations applying to the subject well
- Surveys to be made for identification of the drilling site
- PERMITS (Rig discharge Permit, Permit to drill, etc.), to be submitted for approval
- Training program requirements for personnel working on the well
- Information concerning shallow gas hazard, environmental sensitivity, weather hazards
- Minerals Management Service guidelines
- Site reclamation and/or abandonment agreements
- State, Country or City regulations pertaining to the proposed location
- Water acquisition agreement
- Site reclamation agreement

## Well Design



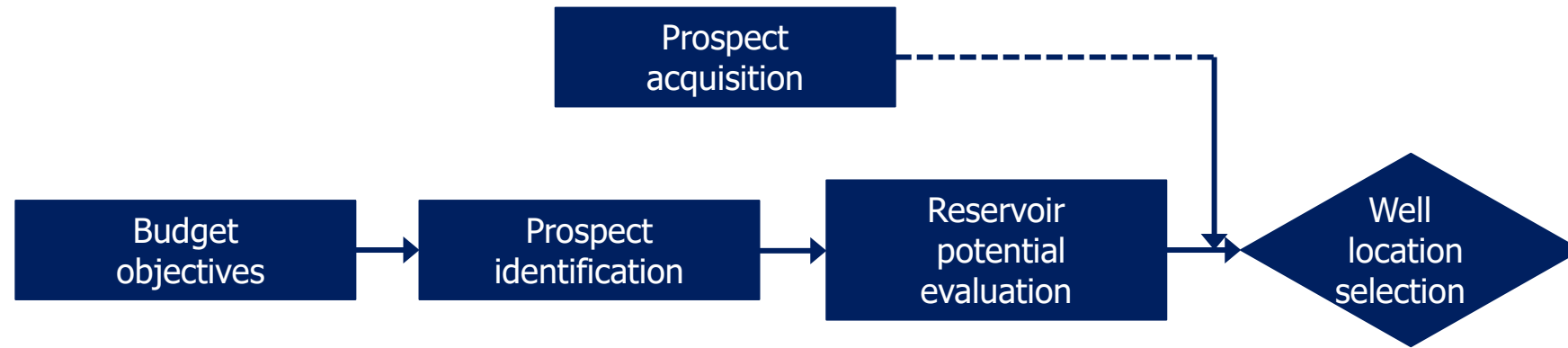
## Rig Design



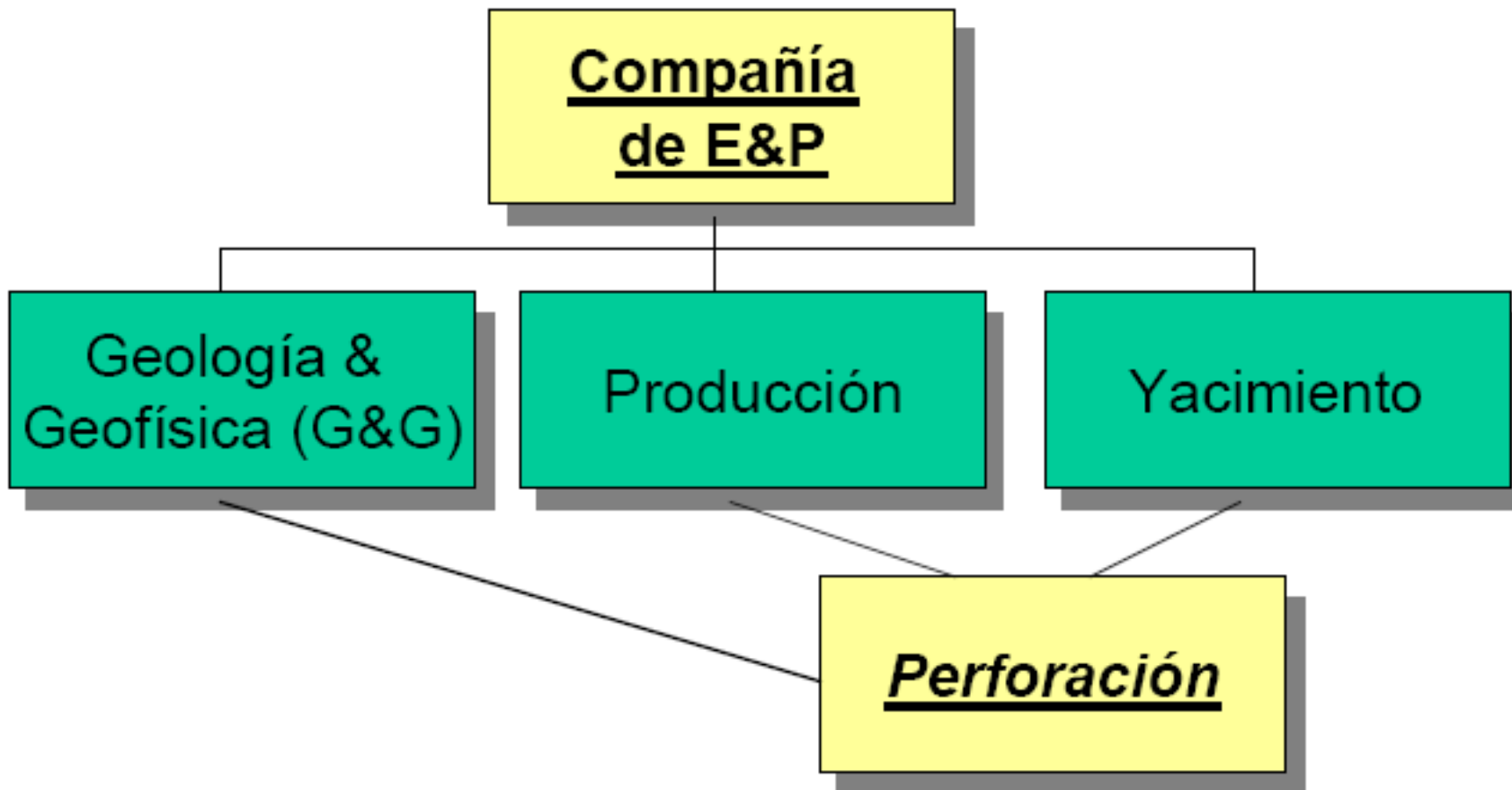


## ■ RIG SPECIFICATIONS

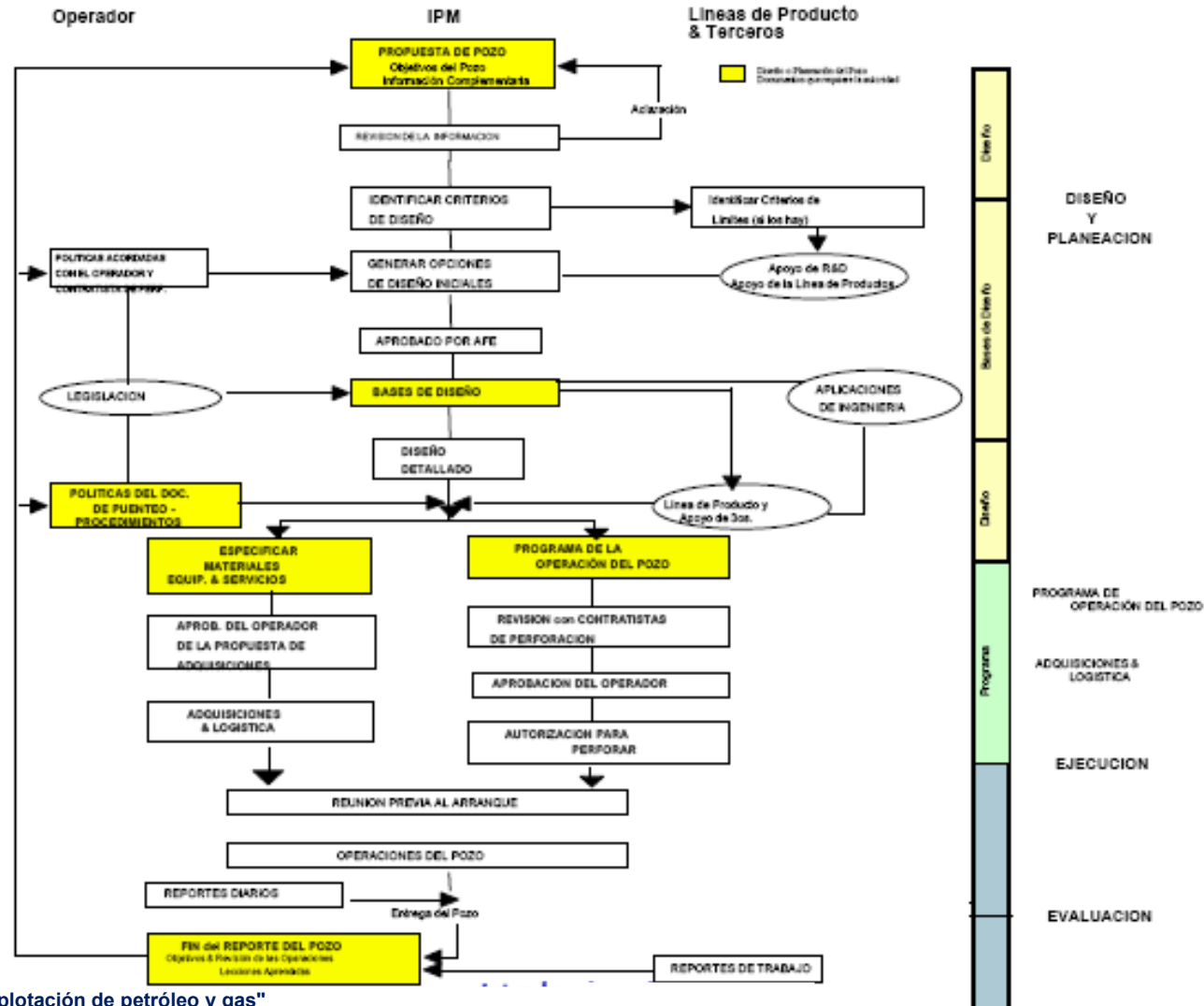
- Rig rating check list
- Capacity for handling casing and drill pipe
- Substructure Load-Supporting capacity, Substructure height
- Hoisting and Braking capabilities
- Mud pumps performance capability: 90 % of liner rating and 80 % of rated Hyd. HP
- Rig portability
- Rig components horsepower: actual versus rated
- Drilling accessories

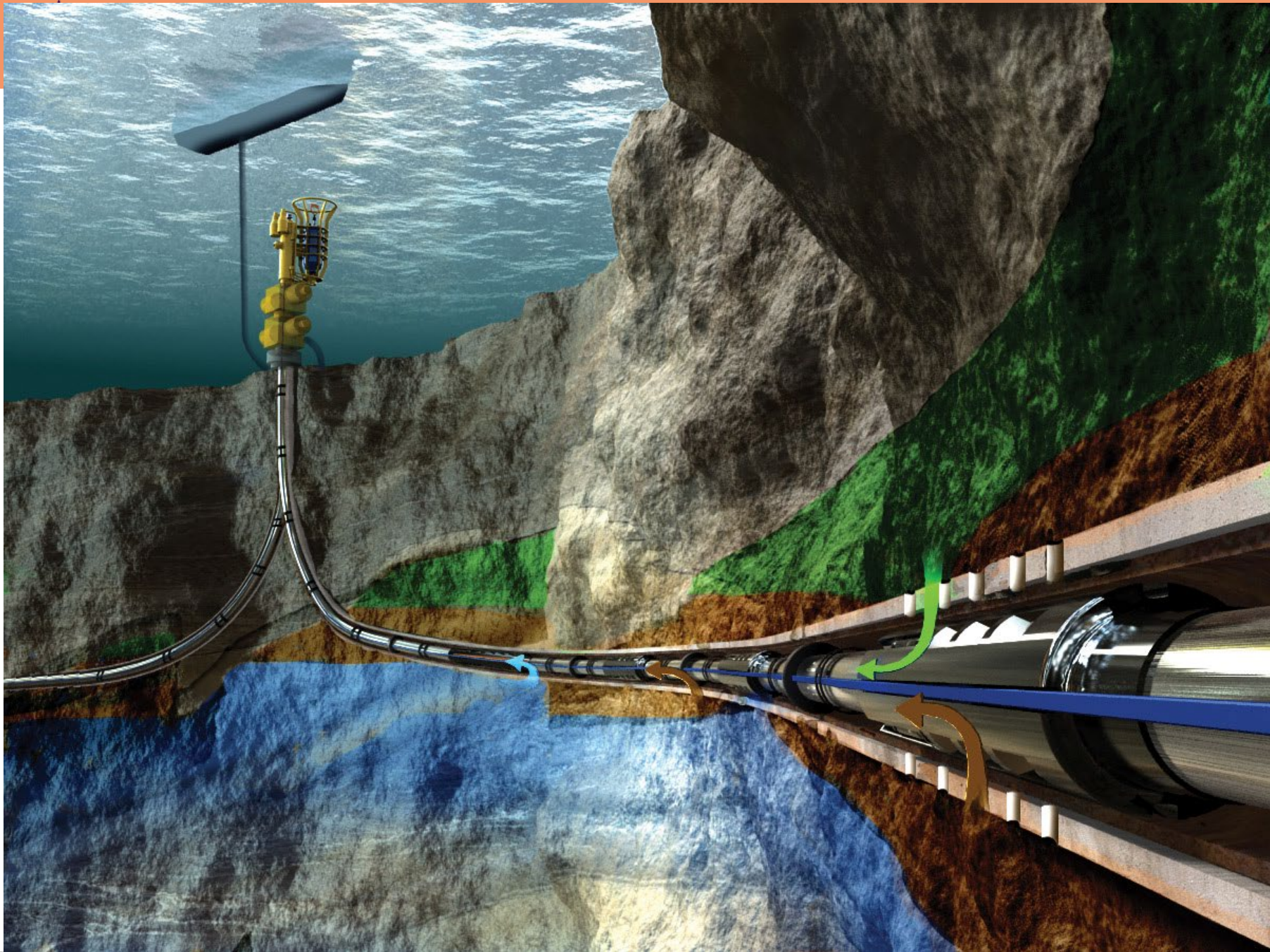


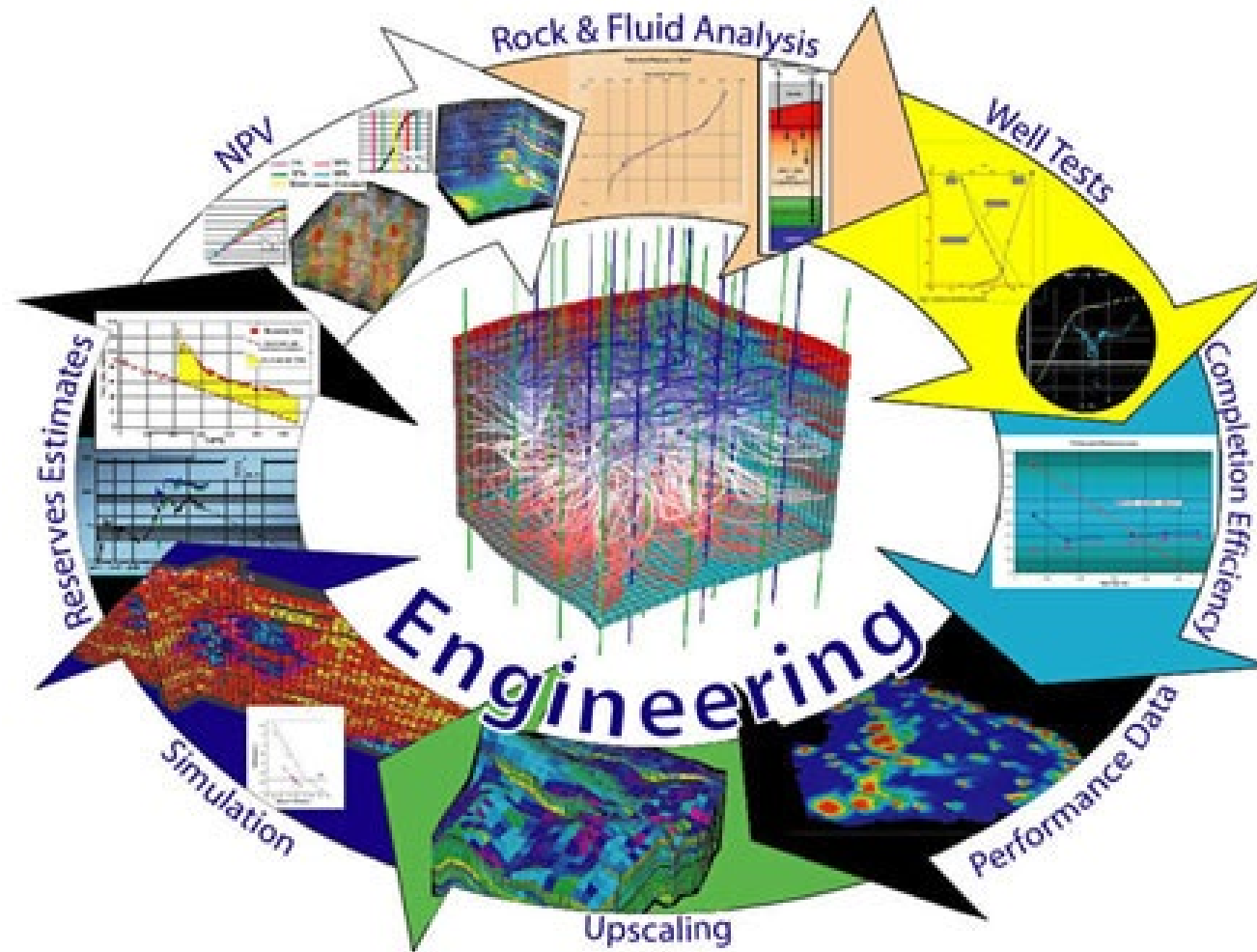
# La Gestión Integrada de Proyecto en Perforación



# Planificación. Ciclo "D-E-E" en la construcción del pozo







## Diseño mecánico del pozo

- Los objetivos del pozo se deben determinar con claridad y, a partir de estos, se selecciona la geometría del mismo.
- No se debe olvidar que el pozo se debe diseñar y planificar para la profundidad total programada, siempre de abajo hacia arriba y nunca de arriba hacia abajo.



# Diseño mecánico del pozo

- Todo ello requiere:
  - Diseño de programas y para evitar escapes al tiempo que permite la evaluación adecuada de la formación.
  - El diseño integral del pozo y consolidar los planes operativos de la perforación: planes de perforación direccional, programas de fluidos, planes de varillaje, suministros y los programas de la broca.
  - Especificación de equipos, materiales, suministros, calidades y plazos para ser utilizados en el proceso de perforación.
  - Selección de proveedores de servicios, suministros, asistencia técnica, laboratorios y asistencia de todo tipo durante el proceso de perforación.
  - Realización de cálculos y análisis de costes.
  - El desarrollo de los contratos con los proveedores.

## Consideraciones básicas en el diseño de los pozos

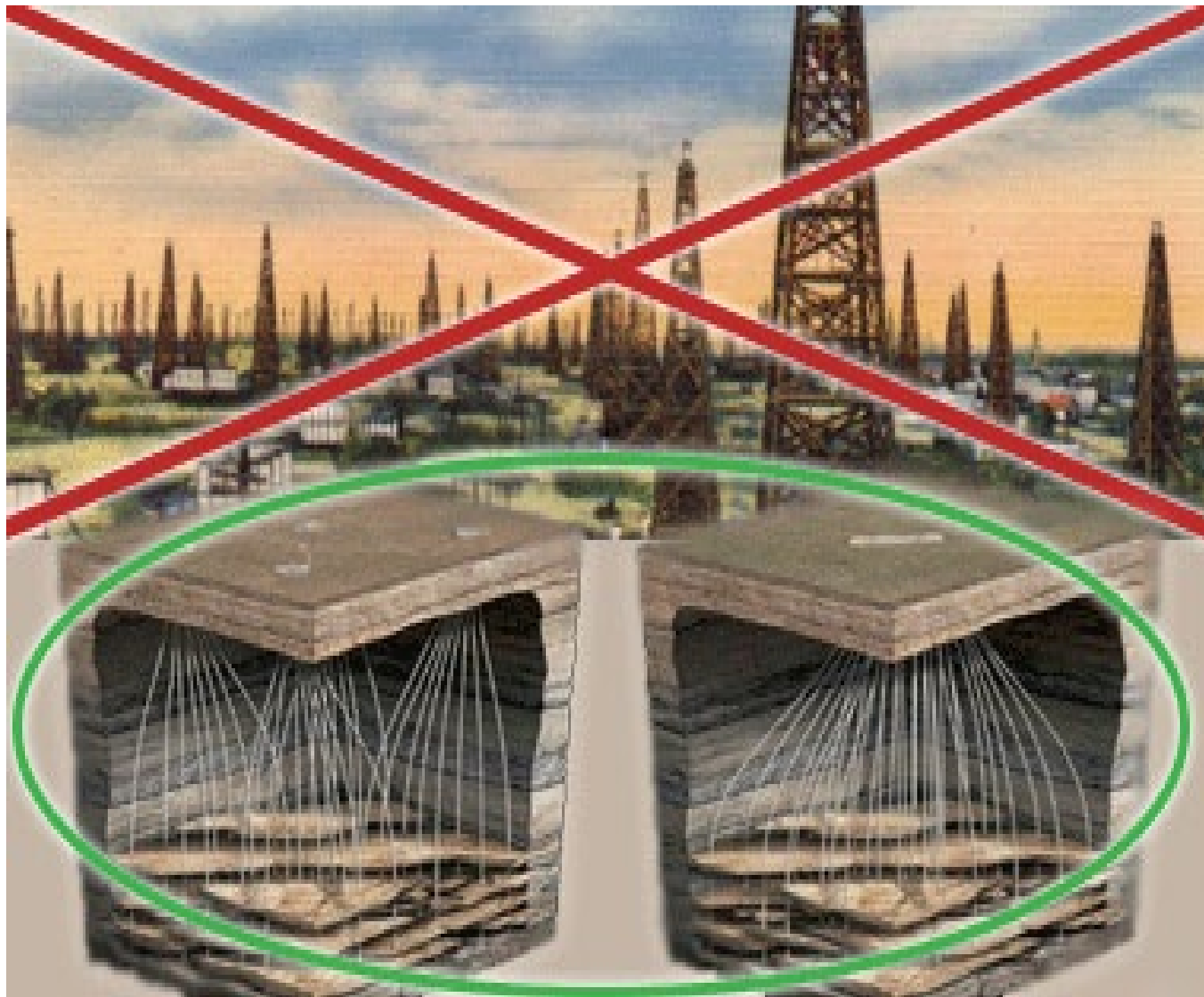
- Tanto el gas como el petróleo se encuentran almacenados a presión en los poros de la formación porosa.
- Cuando se perfora un pozo en la roca almacén, la presión hidrostática de la formación es la que empuja a los hidrocarburos fuera de la roca y a través del pozo.
- Cuando el pozo fluye, se extraen gas, petróleo y agua. De forma progresiva, los niveles se irán reduciendo a medida que se van agotando los recursos.
- Por ello, **el reto es planificar la perforación de tal manera que se pueda maximizar la utilización del depósito.**
- Para planificar la extracción, es fundamental la utilización de información sísmica y la visualización de modelos tridimensionales.
- A pesar de todo, la recuperación media rondará un 40 %, dejando un 60 % de las reservas de hidrocarburos atrapadas en la formación. En los mejores yacimientos, y con técnicas EOR (Enhanced Oil Recovery), la recuperación podría llegar hasta un 70 %.

# THE LIFECYCLE PROCESS



## Técnica de perforación multilateral

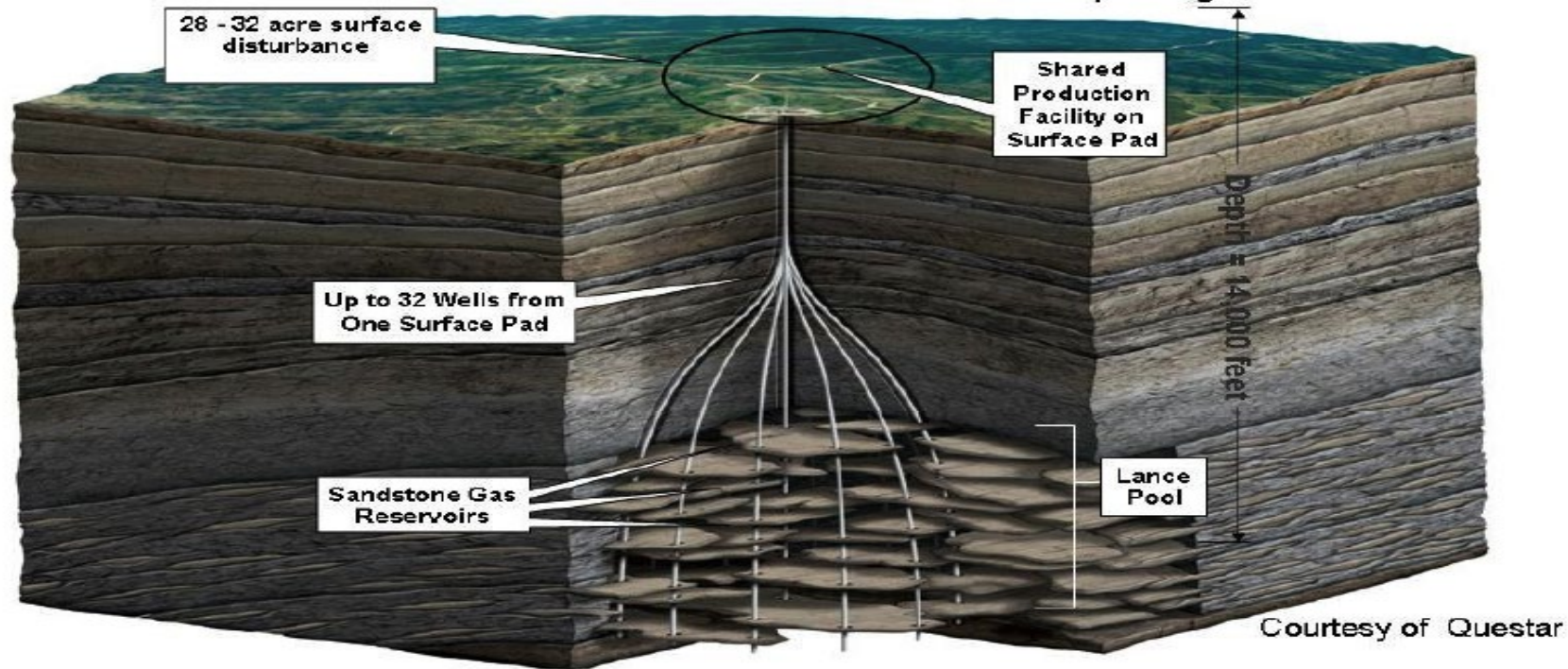
- Los yacimientos pueden llegar a ser morfológicamente y estratigráficamente muy complejos.
- Los pozos se perforan con amplio desarrollo horizontal para poder alcanzar las distintas partes del yacimiento y con diferentes completaciones.



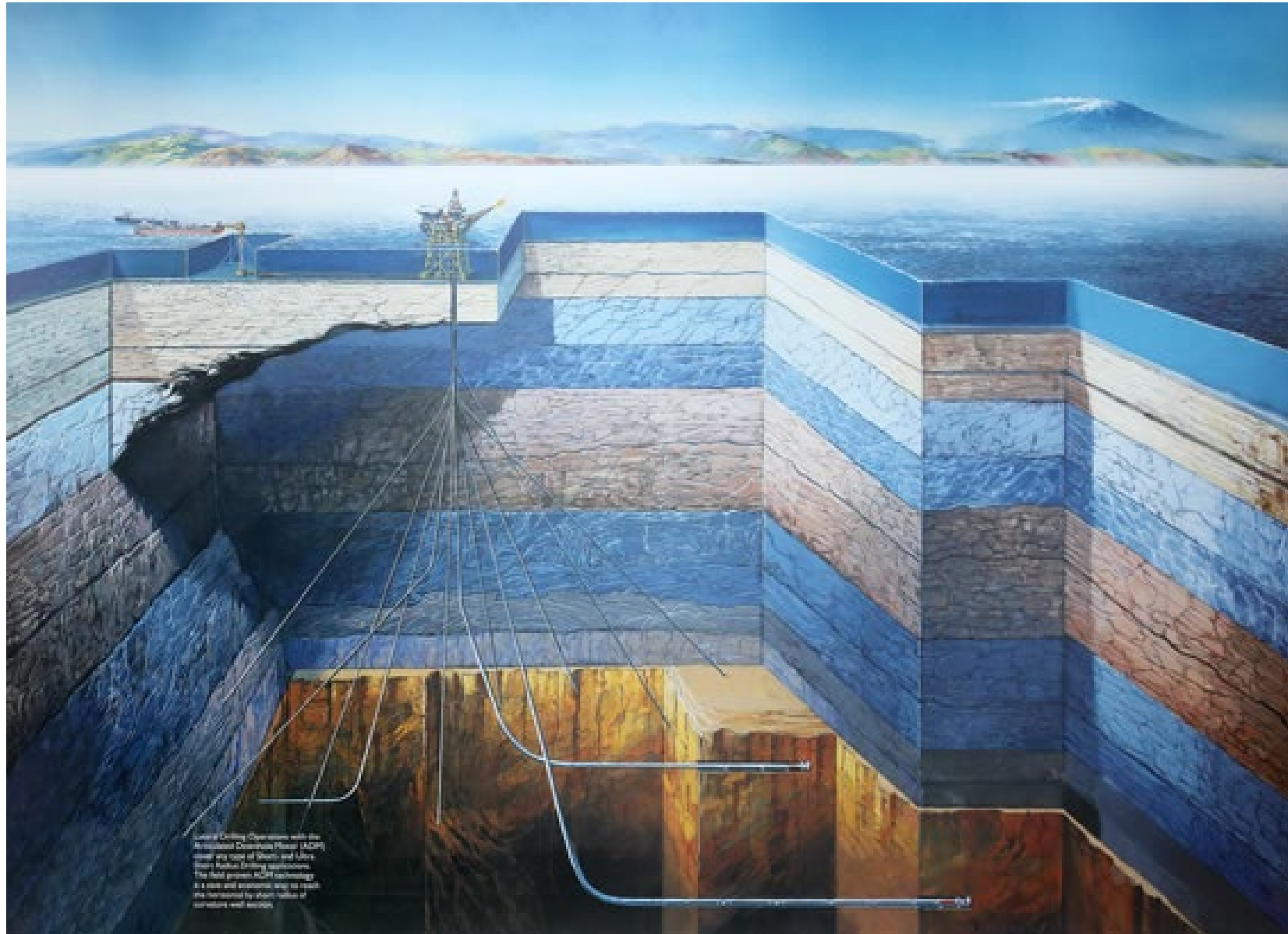
## Responsible Energy Development = It can be done

### Multiple directional wells from one pad:

- Minimizes surface disturbance
- Identical surface disturbance for 20 or 40 ac. bottom-hole spacing



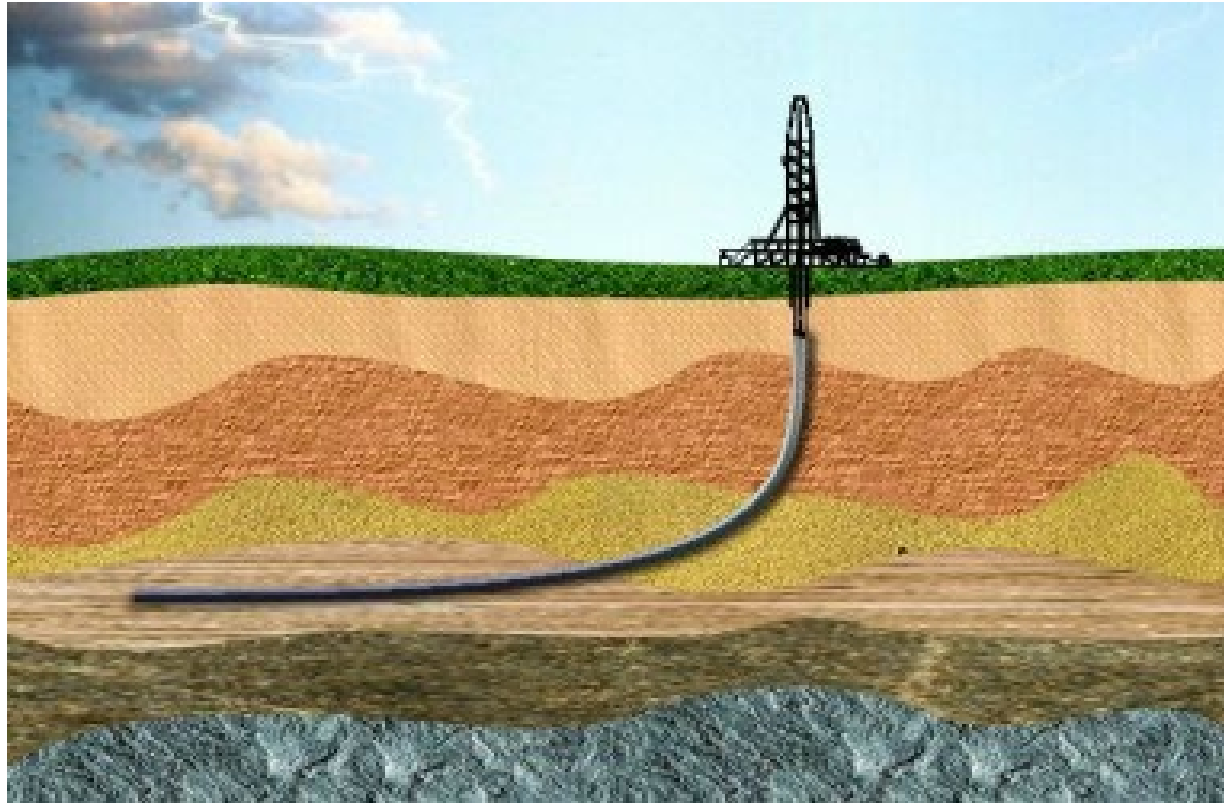
Graphical representation of Questar's directional, multi-well pad approach at Pinedale.





# Alcances de la perforación

- Los aspectos a tener en cuenta incluyen:
  - Torres de Perforación y sus equipos
  - Componentes de una torre de perforación rotativa
  - Fluidos de Perforación
  - Perforación del pozo
  - Control de desviación
  - Perforación horizontal y direccional
  - Problemas en la perforación
  - Perforación bajo balance
  - Rocas y reservorios
  - Mud Logging: procedimientos, instrumentación e interpretación



# Completación

Una vez se haya perforado el pozo, éste debe ser «completado». Esta operación se divide en los siguientes pasos:

- Instalación del casing del pozo.
- Completación del pozo.
- Instalación del cabezal del pozo (wellhead).
- Instalación del equipamiento de bombeo e impulsión.
- Aplicación de tratamientos oportunos a la formación.

# Dudas y preguntas



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID**  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE MINAS Y ENERGIA  
LABORATORIO DE TECNOLOGÍAS MINERAS

**TECHNICAL UNIVERSITY OF MADRID**  
HIGHER TECHNICAL SCHOOL OF MINING AND ENERGY ENGINEERING  
MINING TECHNOLOGIES LABORATORY