

4/132  
3



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO.**

UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS  
PROFESIONALES**

**ARAGÓN**

**“SISTEMA PARA DETERMINAR EL  
COMPORTAMIENTO DE UN YACIMIENTO Y DEFINIR  
LA CONVENIENCIA DE SU EXPLOTACIÓN”**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE :**

**INGENIERA EN COMPUTACIÓN**

**P R E S E N T A**

**MARÍA GUADALUPE ALCÁNTARA RODRÍGUEZ.**

**ASESOR DE TESIS UNAM: ING. SILVIA VEGA MUYTOY.**

**ASESOR DE TESIS IMP: ING. JUANA OLIVIA BARRIOS ESTRADA.**

**SAN JUAN DE ARAGÓN, ESTADO DE MÉXICO**

**2003**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**PAGINACION**

**DISCONTINUA**



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ARAGÓN  
DIRECCIÓN

MARÍA GUADALUPE ALCANTARA RODRÍGUEZ  
P R E S E N T E.



En contestación a la solicitud de fecha 5 de septiembre del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que la profesora, Ing. SILVIA VEGA MUJTOY pueda dirigirse el trabajo de tesis denominado "SISTEMA PARA DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO DE UN YACIMIENTO Y DEFINIR LA CONVENIENCIA DE SU EXPLOTACIÓN (SICYEXP)", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.



Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
San Juan de Aragón, México, 26 de septiembre del 2001  
LA DIRECTORA

ARQ. LILIA TURCOTT GONZÁLEZ



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- Cp Secretaría Académica.
- Cp Jefatura de la Carrera de Ingeniería en Computación.
- Cp Asesor de Tesis.



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS  
PROFESIONALES ARAGÓN

JEFATURA DE INGENIERÍA EN  
COMPUTACIÓN

OFICIO: ENAR/JACO/0796/02

ASUNTO: Designación de Revisores.

\*

ING. SILVIA VEGA MUYTOY

ING. DAVID MOISÉS TERÁN PEREZ

ING. MARTÍN HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

ING. GLADIS EMILIA FUENTES CHÁVEZ

ING. RODOLFO VÁZQUEZ MORALES

\*

Informamos a ustedes de la autorización que se le concede a la alumna **MARIA GUADALUPE ALCÁNTARA RODRIGUEZ**, para que pueda desarrollar el trabajo de tesis titulado: "**SISTEMA PARA DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO DE UN YACIMIENTO Y DEFINIR LA CONVENIENCIA DE SU EXPLOTACIÓN (SICYEXP)**", dirigido por la **Ing. Silvia Vega Muytoy**, solicitando a ustedes sean tan amables de revisar el avance del mismo y hacer las observaciones que consideren pertinentes, o en su caso, indicar a la alumna si dicha revisión se hará a la conclusión del trabajo de tesis.

Sin otro particular, me es grato enviarles un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**  
**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"**  
San José de Aragón Edo. de Méx., 25 de septiembre del 2002.  
**EL JEFE DE CÁMERA**

**M. EN C. JOSÉ DÍAZ BARRIGA ARCEO**

JDA\*mrh.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGÓN  
SECRETARÍA ACADÉMICA



**M. en C. JESÚS DÍAZ BARRIGA ARCEO**  
Jefe de la Carrera de Ingeniería en Computación,  
Presente.



En atención a la solicitud de fecha 22 de noviembre del año en curso, por la que se comunica que la alumna **MARIA GUADALUPE ALCANTARA RODRIGUEZ**, de la carrera de Ingeniero en Computación, ha concluido su trabajo de investigación intitulado **"SISTEMA PARA DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO DE UN YACIMIENTO Y DEFINIR LA CONVENIENCIA DE SU EXPLOTACIÓN (SICYEXP)"**, y como el mismo ha sido revisado y aprobado por usted, se autoriza su impresión; así como la iniciación de los trámites correspondientes para la celebración del Examen Profesional.

Sin otro particular, reitero a usted las seguridades de mi atenta consideración.

**Atentamente**  
**"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"**  
San Juan de Aragón, México, 25 de noviembre del 2002  
**EL SECRETARIO**

  
**Lic. ALBERTO IBARRA ROSAS**

C p Asesor de Tesis.  
C p Interesado.

AIR/vr



**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

V



## AGRADECIMIENTOS



### *Quiero dar las Gracias ...*

*A Dios por darme el don de la vida, así como las fuerzas para seguir adelante en esos momentos tan difíciles, por haberme permitido terminar mi carrera de Ingeniería en Computación y el haber alcanzado otra de mis metas y por bendecirme para llegar hasta donde he llegado.*

### *A mi Familia ...*

*A la gran mujer que me dio la vida que es Mi Madre, a ti que admiro por tu capacidad física y mental que me ayudó a alcanzar mis objetivos, que con tu llanto, sacrificios y cansancios me enseñó el valor de la vida; que con tu gran fuerza eres capaz de construir en la nada y de la nada un gran imperio; con tu ternura has aliviado mi dolor y mis tristezas, a ti que con tu experiencia de madre me supiste guiar por el camino correcto para hacer de mi hoy una Mujer y una Profesionalista.*

*Mi Padre que forma parte de mi vida y le agradezco el haber estado conmigo.*

*Mi Abuelita María (†), que desde donde quiera que te encuentres me has de estar iluminando para seguir adelante y que en algún momento de tu vida me brindaste tu cariño, apoyo y con tus consejos logré llegar a cumplir mis objetivos, siempre te llevaré presente en mi pensamiento.*

*Mis tíos, Roberto eres para mí un padre, por tu dedicación y entrega a lo largo de toda mi vida escolar, al darme esos consejos cuando lo necesité, Te Quiero Mucho; y María Elena por los buenos consejos y encauzamiento al buen camino y a la superación constante en mi vida, Esto constituye la herencia más valiosa que pudiera recibir de ustedes.*

*A mis tías: Graciela, Rebeca y Miriam, Gracias por ayudarme en mis decisiones para seguir adelante, por enseñarme a ser cuidadosa, responsable y honesta a lo largo de mi vida.*

*A Sofia, por compartir conmigo tu tiempo, el constante interés en mis problemas; tratar de mostrarme que existen caminos más fáciles, si uno los busca; y que en algún momento de tu vida me brindaste palabras de aliento que me sirvieron en mi superación personal y en la realización de mi Tesis.*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## AGRADECIMIENTOS



### *A mi Familia ...*

*A Jory, te agradezco tu disposición de siempre para la realización de mi Tesis, espero te sirva algún día, en esta vida tan difícil, ya que nada es fácil, no te decepciones y échale muchas ganas porque al final los resultados son la mejor recompensa que uno puede recibir.*

*Dafne, gracias por tu apoyo y comprensión a lo largo de esta Tesis, continua estudiando para que llegues a cumplir tus deseos en la vida, para ello necesitas estudiar mucho y así les des muchas satisfacciones a tus papás.*

*Dianita, te doy las gracias por brindarme siempre tu apoyo, e impulsarme en todo momento; estoy orgullosa de ti por ser como eres, dándonos sorpresas día a día, espero que culmines tu sabiduría con una Tesis.*

*Saraí, gracias por los momentos inolvidables que pasamos juntas y por apoyo que me diste, por eso ahora que todavía estas estudiando, te deseo buena suerte en todo lo que emprendas.*

*A mis abuelitos, Rafael (†), Pomposo (†), Manuel (†), por cuidarme desde donde están y por los consejos que me dieron cuando los necesité.*

*A mis tía, Mary Carmen, por enseñarme a tener valor y fuerza para mantener mis convicciones y que el caer no es ser derrotado, la derrota sirve para superarse y seguir adelante.*

*A mi abuelita Lupita (†), gracias por ser tan cariñosa y por darme tus bendiciones.*

*A mis tíos Alicia y Fernando, por su ayuda, apoyo y consejos en una etapa de mi vida que nunca olvidaré, no tengo palabras con que agradecerles.*

*A mis tíos Martha y Jorge que tuvieron siempre una palabra de apoyo para mí durante la realización de esta Tesis.*

*A todos mis Primos, que han colmado mi vida de gratos recuerdos, que este trabajo les sirva en un futuro.*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN





## AGRADECIMIENTOS



### *A mis Grandes Amigas ...*

*Dios me permitió conocer a más personas, a lo largo de mi vida y carrera como estudiante e hizo posible que surgiera una Amistad.*

*Irán, hace más de 10 años que te conocí, me has ayudado en los momentos difíciles con buen humor y muchos ánimos, por consolarme, en los momentos de llanto y desaliento. Por tu amistad, tu apoyo incondicional, buenos deseos, por darme aliento y escuchar atentamente los problemas que a lo largo de esta Tesis surgieron.*

*Guadalupe y Mónica, será difícil olvidar los maravillosos momentos, a lo largo de nuestra amistad y por muy agradables instantes a lo largo de estos 10 años de Amistad.*

### *A mis Amigas y Amigos ...*

*Marlene, te agradezco tu sincera amistad, cómo olvidar tu inmenso apoyo moral cuando más lo he necesitado y para la realización de esta Tesis, no lo olvidaré.*

*Julissa, gracias por tu apoyo en este tiempo espero que siempre estemos así apoyándonos en lo que emprendamos.*

*A Silvia gracias por haberme apoyado con tu amistad porque a pesar de las diferencias que hemos tenido seguimos juntas.*

*Lily y Flor, ustedes dedicaron y compartieron conmigo su amistad, tiempo y conocimientos, hoy llegué hasta este logro y sé que unas simples palabras no podrán expresar todo mi agradecimiento.*

*A Wendy, gracias por darme ánimos y por brindarme su amistad, por el apoyo, comprensión, compañerismo y amistad.*

*A Emy, Chela, Esmeralda y Olivia, Gracias por su amistad y apoyo incondicional a lo largo de la carrera.*

*A ustedes Ricardo, Julio, Roberto, Gumer, Javier, Omar, Rodrigo, Julio, Juan Carlos, Martín, William y Miguel Ángel, gracias por sus conocimientos y experiencias invaluable.*

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



## AGRADECIMIENTOS



### *A mis Amigas y Amigos ...*

*Ramón, te doy las gracias, por la amistad que me brindaste en este tiempo, por las palabras de aliento cuando las necesité a la hora de realizar esta Tesis.*

*Violeta, Marlen, Abel y Paquito gracias por los ánimos que me dieron cada que era necesario.*

*A mis Compañeros de la carrera de Ingeniería en Computación, sin ustedes la vida universitaria no resultaría tan amena.*

### *Quiero dar las Gracias ...*

*Sin lugar a duda este trabajo no pudo haberse realizado sin la información que recibí durante 5 años en la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Aragón (U.N.A.M).*

*También le doy las gracias al Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), por su programa de becas, por la estancia que me dio y que contribuyó a la realización de mi Tesis.*

*Gracias a todos los Profesores, que contribuyeron realmente en mi formación, por su paciencia, por darme todos sus conocimientos para poder ser una buena Profesionalista*

*A mi Asesora para mí, bien nombrado Ing. Silvia Vega Murytoy, por tener la paciencia y el conocimiento para ayudarme a dar este paso en mi vida que es el Titularme.*

*A mi asesora Ing. Juana Olivia Barrios Estrada, por todo tu apoyo, la ayuda y la mejor disposición brindada; por transmitirme a lo largo de la tesis, tus conocimientos y experiencias en el campo profesional y laboral; y por ser el ejemplo de responsabilidad, dedicación y superación constante.*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## AGRADECIMIENTOS



### *A mis Sinodales ...*

*Quiero dar las gracias a los Profesores que revisaron con paciencia este trabajo. ¡Mis Sinodales.*

*A la Ing. Gladis E. Fuentes Chávez, por todos los consejos que me diste tanto técnicos como personales que me han ayudado a ser mejor profesionista, y persona; y por supuesto gracias por tu amistad.*

*Ing. Rodolfo Vázquez Morales, quiero agradecerte por tu amistad, por tu apoyo, tus comentarios y sugerencias para la realización de mi Tesis.*

*Al Ing. Martín Hernández Hernández, por sus enseñanzas en la carrera y por las correcciones dadas para esta Tesis.*

*Ing. David Moisés Terán Pérez, gracias porque contribuyó en mi formación Profesional a lo largo de mi carrera.*

### *Gracias a mis Compañeros de Trabajo ...*

*Al Físico C. Ernesto Orozco, gracias por permitirme formar parte de este equipo tan maravilloso.*

*A la Ing. Laura Trejo González, quien me proporcionó valiosos consejos, sugerencias en momentos difíciles y tu amistad.*

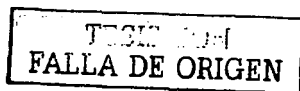
*Al Ing. Gerardo de la Peña González, quiero agradecerte tu amistad, que siempre encontré una actitud muy abierta para proporcionarme información y sugerencias al realizar esta Tesis*

*M. en C. Juan José San Miguel Castillo, aprovecho para agradecerte el tiempo que me dedicaste para intercambiar ideas, conceptos y comentarios para esta Tesis.*

*Daniel González Perea, gracias a la amistad brindada, por los buenos consejos que me diste, las sugerencias y contribuciones que realizaste a esta Tesis, pues resultaron de gran utilidad.*

*Tere Cadena González y Anita Orozco, a sus ánimos y sus palabras de aliento sin ellas no hubiera logrado mi meta, Gracias.*

*Al Ing. Ernesto Salazar, por su interés hacia mi Tesis y por su apoyo.*





# Índice

TEORÍA  
FALLA DE ORIGEN

x-A



ÍNDICE

|  |           |
|--|-----------|
| Introducción   |           |
| <b>1.- CAPITULO I. ANTECEDENTES</b>                        | <b>2</b>  |
| 1.1: Historia y Estructura PEMEX                           | 2         |
| 1.1.1. Contexto Histórico                                  | 2         |
| 1.1.2. Estructura de PEMEX                                 | 3         |
| 1.2. Geología  | 6         |
| 1.2.1. Conceptos y Definiciones                            | 7         |
| 1.2.2. Ramas de la Geología                                | 13        |
| 1.2.3. Ciencias Auxiliares de la Geología                  | 17        |
| 1.3. Yacimientos   | 19        |
| Conclusión   | 27        |
| <b>2.- CAPITULO II. HERRAMIENTAS PARA LA SIMULACIÓN</b>    | <b>29</b> |
| 2.1. Probabilidad y Estadística                            | 29        |
| 2.1.1. Conceptos   | 31        |
| 2.1.2. Tipos de Gráficas                                   | 32        |
| 2.1.3. Medidas Descriptivas                                | 39        |
| 2.1.4. Distribuciones                                      | 44        |
| 2.2. Modelos de Simulación de Sistemas                     | 46        |
| 2.3. Metodología de Simulación                             | 48        |
| 2.4. Generación de Números Aleatorios                      | 52        |
| 2.5. Método de Montecarlo                                  | 59        |
| Conclusión   | 59        |
| <b>3.- CAPITULO III. ANÁLISIS DEL SISTEMA</b>              | <b>61</b> |
| 3.1. Requerimientos del Software y Hardware                | 61        |
| 3.2. Especificación Funcional o Análisis                   | 62        |
| 3.2.1. Definición del Problema                             | 64        |
| 3.2.2. Realización del estudio preliminar                  | 65        |
| 3.2.3. Definición de los objetivos                         | 67        |
| 3.3. Identificación de requerimientos del usuario          | 68        |
| 3.3.1. Entender el proceso                                 | 68        |
| 3.3.2. Requerimientos de proceso                           | 69        |
| 3.3.3. Identificación de controles                         | 71        |
| 3.3.4. Análisis del procesamiento actual de la información | 82        |
| 3.4. Definición de los alcances del sistema                | 84        |
| 3.4.1. Proponer alternativas de solución                   | 84        |
| 3.4.2. Elaboración del documento de análisis               | 84        |
| 3.5. Documentación   | 93        |
| Conclusión   | 93        |



|  |     |
|--|-----|
| 4.- CAPITULO IV. DISEÑO Y DESARROLLO DEL SISTEMA .....                 | 95  |
| 4.1. Diseño Preliminar .....   | 95  |
| 4.1.1 Diagrama de flujo de datos .....                                 | 96  |
| 4.1.2 Diagrama funcionales o jerárquicos .....                         | 96  |
| 4.1.3. Diccionario de datos .....                                      | 96  |
| 4.1.4 Definición del modelo relacional .....                           | 96  |
| 4.1.5 Elaboración de un Prototipo .....                                | 96  |
| 4.1.6 Documento de diseño .....  | 97  |
| 4.2. Diseño detallado .....  | 97  |
| 4.2.1 Diccionario de datos detallado.....                              | 97  |
| 4.2.2 Diagrama de Procesos .....                                       | 103 |
| 4.2.3 Diagrama de entidad relación.....                                | 103 |
| 4.2.4 Diseño de módulos .....  | 107 |
| 4.3. Construcción del Código .....                                     | 110 |
| 4.3.1 Construcción del Código ó programación .....                     | 110 |
| 4.3.1.1 Definición de Formulas .....                                   | 118 |
| 4.3.1.2 Estimación de los pronósticos de producción .....              | 120 |
| 4.3.1.3 Evaluación económica de los pronósticos de producción .....    | 122 |
| 4.3.2. Pruebas Integrales .....  | 124 |
| Conclusión .....   | 127 |
| 5.- CAPITULO V. IMPLANTACIÓN, PRUEBAS Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA..... | 129 |
| 5.1. Implantación .....  | 129 |
| 5.1.1 Plan de arranque .....   | 129 |
| 5.1.2 Instalación .....  | 130 |
| 5.1.3 Capacitación .....   | 134 |
| 5.1.4 Elaboración y Entrega de Manuales .....                          | 135 |
| 5.2. Mantenimiento .....   | 135 |
| Conclusión .....   | 136 |
| Conclusiones.....  | 137 |
| Bibliografía .....   | 138 |

**Sistema para Determinar  
el Comportamiento de  
un Yacimiento y Definir  
la Conveniencia  
de su Exploración**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

XIII



## INTRODUCCIÓN

Actualmente, los recursos destinados a investigación y desarrollo tecnológico construyen una inversión que tarde o temprano redundará en el desarrollo económico y la disminución de la dependencia tecnológica, en las naciones que han considerado prioritario apoyar programas dedicados a estos rubros del conocimiento.

El Instituto Mexicano del Petróleo tiene como objetivos fundamentales crear programas de investigación científica básica y aplicada; formar investigadores; desarrollar tecnologías aplicables a la técnica petrolera y capacitar personal en todos sus niveles en las áreas de Yacimientos Naturalmente Fracturados, Tratamiento de Crudo Maya y Biotecnología del Petróleo.

Por lo que el Instituto Mexicano del Petróleo en el campo de la investigación científica y tecnológica en nuestra área de competencia, forma parte del trabajo en favor de la industria petrolera nacional, al vincular la investigación con el desarrollo tecnológico, las soluciones y la capacitación.

La dinámica de la actividad económica y social presente, lleva a ofrecer a Petróleos Mexicanos soluciones integrales con alto valor agregado, sustentadas en tecnología de punta.

PEMEX Exploración y Producción tiene un área donde cuenta con personal especializado entre ellos geólogos y geofísicos que dentro de sus labores está el realizar estudios a los yacimientos, para que esta información sea utilizada por el área de Reserva de Hidrocarburos, para poder determinar la cantidad de hidrocarburo que cuenta.

Necesitan saber que costos, inversiones e ingresos pueden obtener en un futuro, y así saber si es rentable o no el yacimiento, por lo cual es necesario o conveniente que esta información se procesa a través de un sistema.

El Sistema tiene como objetivo principal generar una serie de gráficas y reportes que indiquen la conveniencia de explotar un yacimiento en base a un número de simulaciones realizadas con los parámetros de entrada, definidos por el usuario.

El Sistema para Determinar el Comportamiento de un Yacimiento y Definir la Conveniencia de su Explotación (SICYEXP), está constituido por cinco capítulos. Donde el primer capítulo, hace referencia a los Antecedentes de Petróleos Mexicanos, como esta organizada la empresa, y la definición de los principales conceptos de Geología que se aplican en este proyecto.

En el capítulo dos se explicará las Herramientas que se utilizaron para realizar la Simulación así como los conceptos necesarios para ello.

TESIS CON  
SELLA DE ORIGEN





INTRODUCCIÓN

El capítulo tres es la realización del Análisis, en él se explica qué es el análisis como parte de la metodología de desarrollo de sistema. Del mismo modo se explica el análisis realizado del sistema.

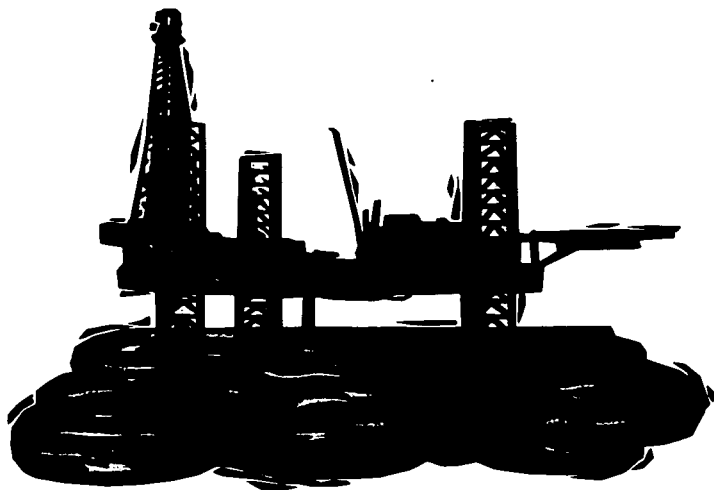
El capítulo cuatro se explica qué es el diseño como parte de la metodología y además se realizará en forma práctica el diseño del sistema.

Finalmente el capítulo cinco hace referencia a lo que es la Implantación como parte de la metodología, llevando a cabo la instalación y pruebas del sistema, así como la documentación del mismo.

El sistema cuenta con áreas para captura de datos con las especificaciones establecidas en el alcance de la tesis, el código para estimar recursos de aceite, gas y condensado, el código para realizar evaluación económica de oportunidades exploratorias.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

XV



# Capitulo I

# Antecedentes

FALLA DE ORIGEN



## CAPÍTULO I

### 1. ANTECEDENTES.

#### 1.1. Historia y Estructura de PEMEX.

##### 1.1.1. Contexto Histórico.

La historia de la industria del petróleo en México se inicia en 1900, en el municipio de Ebanu, San Luis Potosí, que se extendían hacia los estados de Tamaulipas y Veracruz. En diciembre de 1901, el presidente Porfirio Díaz expidió la Ley del Petróleo, y en junio de 1912, se decretó un impuesto especial del timbre sobre la producción petrolera. Posteriormente, Venustiano Carranza creó en 1915 la Comisión Técnica del Petróleo y en 1918 estableció un impuesto sobre los terrenos petroleros.

La segunda década del siglo fue una época de febril actividad petrolera, en 1921 a una producción de crudo de poco más de 193 millones de barriles, que colocaba a México como segundo productor mundial, gracias al descubrimiento de yacimientos terrestres al norte del Estado de Veracruz, que se extendían hacia el Estado de Tamaulipas.

#### Expropiación Petrolera.

El 18 de marzo de 1938, el Presidente Lázaro Cárdenas del Río decretó la expropiación de la industria petrolera, luego de que los empresarios no sólo incurrieran en un caso de rebeldía ante una sentencia, sino que vulneraban la misma soberanía nacional, dejándola a expensas de las maniobras del capital extranjero.

El 7 de junio de 1938 se creó Petróleos Mexicanos para administrar y operar la industria petrolera nacionalizada. Asimismo, se añadió a la Constitución un artículo para que esta industria no pudiera ser adquirida, poseída o explotada por particulares. Por decreto, publicado el 9 de noviembre de 1940, se suprimió el otorgamiento de concesiones en la industria y la explotación de los hidrocarburos sólo podría ser realizada por el Estado Mexicano.

#### La Industria Petrolera en México.

Hoy Petróleos Mexicanos es la Empresa más grande de México y una de las 10 empresas petroleras más grandes del mundo, tanto en términos de activos como ingresos.

En los años cuarenta la industria petrolera inició el camino de su crecimiento.

Se construyeron las refinerías de Poza Rica, de Salamanca, de Ciudad Madero, la nueva refinería de Minatitlán y se amplió la de Azcapotzalco. El funcionamiento de una planta petroquímica básica en Poza Rica, con lo cual se iniciaba la industria petroquímica en México. Entre 1964 y 1970, se impulsaron las actividades exploratorias y la perforación, descubriéndose

EXPROPIACIÓN  
FALLA DE ORIGEN



el campo Reforma, en los límites de Chiapas y Tabasco, y el campo Arenque, en el Golfo de México y, en 1965, se creó el Instituto Mexicano del Petróleo.

En los años setenta, al entrar en operación las refinerías en Tula, Hgo., en Cadereyta, N.L., así como en Salina Cruz, Oax.

En 1992, el Congreso de la Unión aprobó la Ley Orgánica de Petróleos Mexicanos y sus Organismos Subsidiarios. Por tanto, PEMEX descentralizó funciones y recursos para cumplir todas las actividades implícitas de la industria petrolera y sus áreas estratégicas.

Esta ley establece la creación de los siguientes organismos descentralizados subsidiarios de carácter técnico, industrial y comercial, PEMEX Exploración y Producción, PEMEX Refinación, PEMEX Gas y Petroquímica Básica y PEMEX Petroquímica, bajo la conducción central del Corporativo PEMEX.

A partir de esta reestructuración administrativa de PEMEX, se llevó a cabo una transformación profunda de la empresa para maximizar el valor económico de las operaciones y para planear y ejecutar proyectos de inversión con mayor solidez y rentabilidad.

### 1.1.2 Estructura de PEMEX.

Una de las características más importantes de PEMEX, es una integración total, pues efectúa en forma directa los trabajos de Explotación, Refinación, elaboración de productos petroquímicos básicos, Transporte, Distribución y Comercialización de sus productos. Además, proyecta y dirige la construcción de todas las instalaciones que requiere el continuo desarrollo de la industria. También lleva a cabo diversos trabajos de protección ambiental, clasificados en dos grandes grupo:

- a) Controles de contaminación del ambiente.
- b) Los destinados a restaurar las áreas afectadas por la perforación de pozos y derrames accidentales.

PEMEX esta constituido por:

- Consejo de Administración de Petróleos Mexicanos.
- Dirección General de Petróleos Mexicanos.
  - Contraloría General Corporativa.
    - Unidad de Planeación Corporativa.
  - Dirección Corporativa de Administración.
    - Dirección Corporativa de Finanzas.
- Dirección General PEMEX Exploración y Producción.
- Dirección General PEMEX Refinación.
- Dirección General PEMEX Gas y Petroquímica Básica.
- Dirección General PEMEX Petroquímica.
- Dirección General Instituto Mexicano del Petróleo (IMP).
- Dirección General Petróleos Mexicanos Internacional (PMI).



El Corporativo es el responsable de la conducción central y de la dirección estratégica de la industria petrolera estatal, y de asegurar su integridad y unidad de acción.

### **PEMEX Exploración y Producción.**

Tiene como objetivo la exploración y explotación del petróleo, del gas natural y del petróleo; así como su transporte y almacenamiento.

**Exploración y Producción.** Es el conjunto de actividades (de campo, laboratorio y oficina) cuyo objetivo principal es descubrir nuevos yacimientos de hidrocarburos o nuevas extensiones de los ya existentes. Para ello, se emplean métodos geológicos superficiales y de subsuelo, además de métodos geofísicos utilizan métodos indirectos para la localización de Yacimientos, en que se aprovechan las propiedades físicas de las rocas. En México se aplican las técnicas más modernas de Geología, Paleontología, Geoquímica, Sismología, Gravimetría, Magnetometría y Perforación, y control de pozos exploratorios.

### **Explotación.**

Una vez que se ha descubierto y desarrollado un yacimiento, entra en escena las actividades de Explotación, que en términos generales se resumen en:

1. Evaluar la magnitud de los yacimientos.
2. Planear la exploración racional de los yacimientos.
3. Diseñar e implementar procesos de recuperación secundaria, terciaria y mejorada, para lograr del yacimiento una máxima recuperación.
4. Diseñar y operar las instalaciones de recolección, transporte a los centros de separación, deshidratación y desalado y, de esta etapa, a su almacenamiento y distribución a los centros de procesos.

Las actividades de PEMEX abarcan la exploración y explotación de hidrocarburos, así como la producción, almacenamiento, distribución y comercialización de productos petrolíferos y petroquímicos. En virtud de que de conformidad con la legislación mexicana estas actividades corresponden en exclusiva al Estado, PEMEX es un organismo público descentralizado.

**Explotación.** Una vez que se ha descubierto y desarrollado un yacimiento, entra en escena las actividades de Explotación, que en términos generales se resumen en:

1. Evaluar la magnitud de los yacimientos.
2. Planear la exploración racional de los yacimientos.
3. Diseñar e implementar procesos de recuperación secundaria, terciaria y mejorada, para lograr del yacimiento una máxima recuperación.
4. Diseñar y operar las instalaciones de recolección, transporte a los centros de separación, deshidratación y desalado y, de esta etapa, a su almacenamiento y distribución a los centros de procesos.
5. Diseño de Nuevas Plataformas y Sistemas de Operaciones en equipos, como las Estaciones de Operaciones Automáticas de los equipos.



### **PEMEX Refinación.**

Tiene a su cargo los procesos industriales de la refinación; elaboración de productos petrolíferos y de derivados del petróleo que sean susceptibles de servir como materias primas industriales básicas.

Almacena, produce, distribuye y comercializa combustibles y además productos petrolíferos.

Los procesos a que se somete el petróleo crudo tienen por objeto obtener productos de características para ser utilizados como combustible, lubricantes y materias primas para la industria petroquímica. Para lograr lo anterior, se requiere de:

1. Procesos de separación por destilación de los componentes del petróleo crudo.
2. Procesos de desintegración de los componentes pesados del petróleo, para convertirlos en gasolina y gas licuado.
3. Procesos de reformación catalítica que en el área de la refinación, el objeto es mejorar las características de las gasolinas y las materias primas para petroquímica.
4. Procesos de purificación de los diferentes productos, para que su calidad cumpla con las estrictas normas nacionales e internacionales.

### **PEMEX Gas y Petroquímica Básica.**

Realiza el procesamiento y distribución del gas natural, líquidos del gas natural y del gas artificial; así como de los derivados que son susceptibles de servir como materias primas industriales básicas.

Las principales funciones de esta área son el almacenamiento, el transporte distribución y comercialización de estos productos.

#### **Transporte.**

El petróleo crudo y gas natural extraídos de los yacimientos, son enviados a través de tuberías de diferentes diámetros para su almacenamiento, y desde ahí, por medio de ductos, gasoductos y buques-tanques, hasta las plantas de procesos en donde se obtendrán los productos que el mercado demanda. La distribución de estos productos a los lugares de consumo, se hace mediante sistemas de ductos, carros-tanque de FF.CC., buques-tanque y autos-tanques.

#### **Distribución y Comercialización.**

Los productos petroleros y petroquímicos se almacenan para su distribución y venta en Agencias Regionales de Ventas, Bodegas Foráneas y terminales distribuidas en el país; así como domos Salinos como en el caso del Proyecto Tusandepe en el Estado de Veracruz, de ellas se abastecen los distribuidores, quienes representan el punto de enlace de mayor significación entre PEMEX y los consumidores. Una vez satisfecho el mercado interno, México exporta productos petroleros y petroquímicos excedentes a varios países. En la investigación y desarrollo el INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO colabora con PEMEX, ya sea



para el mejoramiento o creación de tecnologías, como la mano de obra técnica, en el diseño de plantas industriales y en la actualización y capacitación de su personal.

### **PEMEX Petroquímica.**

Es el responsable de los procesos industriales petroquímicos cuyos productos no forman parte de la industria petroquímica básica, así como su almacenamiento, distribución y comercialización.

A través de sus siete empresas filiales Petroquímica Camargo, Petroquímica Cangreja, Petroquímica Cosoleacaque, Petroquímica Escolín, Petroquímica Morelos, Petroquímica Pajaritos (Estas filiales cambiaron por Complejo Morelos para ser Administrados por Empresas Privadas) y Petroquímica Tula elabora, distribuye y comercializa una amplia gama de productos petroquímicos secundarios. Los Complejos Petroquímicos se encuentran en las Refinerías de Minatitlán, Salina Cruz, Salamanca, Cadereyta y Reynosa.

También lleva a cabo diversos trabajos de protección ambiental, clasificados en dos grandes grupos donde se le llama SIDSPA:

- a) Controles de contaminación del ambiente.
- b) Los destinados a restaurar las áreas afectadas por la perforación de pozos y derrames accidentales.

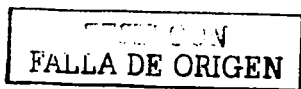
### **1.2 Geología.**

La palabra geología se utilizó por primera vez en un estudio llevado a cabo por Jean Andre de Luc (un científico suizo que vivió en Windsor, Inglaterra gran parte de su vida como consejero de la Reina Carlota) en 1778, apareciendo también, por aquel tiempo, en un trabajo del químico suizo S. B. De Saussure.

El término Geología proviene del griego y se refiere al "conocimiento de la Tierra". A diferencia de la Geografía, de la Geometría, que en sus orígenes se ocupaba de las mediciones sobre la superficie terrestre, la Geología se ocupa de la Tierra como un todo, estudiando sus características externas e internas y su evolución en el tiempo. Si bien la Geología como ciencia en el sentido moderno del término ha alcanzado un importante desarrollo recién en los últimos doscientos años, es una disciplina muy vieja, podemos decir que desde el principio de la civilización el hombre realizó observaciones de carácter geológico.

A veces con fines prácticos como la búsqueda de yacimientos de hierro, de cobre o sal, otras impresionado por la influencia que los elementos geológicos tenían en la vida diaria de los pueblos en ciertas regiones volcánicas.

Como toda ciencia moderna la Geología no se desenvuelve en forma aislada, sino que lo hace íntimamente ligada a otras disciplinas. Podemos decir en principio que lo hace fundamentalmente apoyada en la Geografía, e íntimamente asociada a la Física, a la Química, a la Biología y a las Matemáticas. Para avanzar en terrenos aplicados debe recurrir a disciplinas como la Informática o la Ingeniería





La Geología es la ciencia que se ocupa del estudio de la Tierra. Es decir, trata de la composición, la estructura y la evolución del planeta en que vive el hombre. Este conjunto de conocimientos son para éste absolutamente primordiales: tratan de explicar los caracteres del gran hábitat natural, pues mientras no pueda salir del planeta Tierra e instalarse en un futuro en otro astro, la vida del hombre se desarrollará en él. Conocer el planeta no solamente por el simple hecho de ampliar conocimientos, sino también y fundamentalmente con una finalidad práctica.

La Geología utiliza los recursos de otras ciencias para dar razón de los fenómenos que continuamente observamos en la superficie terrestre, resultando ciencias auxiliares de ella. No es una ciencia meramente descriptiva, sino que en cada caso busca el por qué de los fenómenos observados, su mutua dependencia, las leyes que los rigen y el encadenamiento de hechos que constituye la Historia de la Tierra.

Solamente con un conocimiento profundo del globo terráqueo podrá el hombre adaptarse al ambiente lo mejor posible, y extraer para su propio provecho las máximas ventajas naturales que el planeta le ofrece. De esta forma estará en condiciones de prevenir las amenazas que la propia dinámica de vida de la Tierra puedan generar contra la especie humana, traducidas normalmente en catástrofes (seísmos<sup>1</sup>, actividad volcánica, etcétera) o en una evolución climática extremada.

### 1.2.1 Conceptos y Definiciones.

A continuación se definirán algunos de los conceptos más importantes que se manejan en el sistema, con la finalidad de entender su funcionamiento.

**ÁREA PETROLÍFERA:** Zona donde se explotan hidrocarburos. Un área puede comprender varios yacimientos, siendo cada yacimiento una entidad geológica.

**ÁREA DE DRENE:** Es un concepto de Yacimientos y se refiere a la forma en que van migrando los hidrocarburos.

**CONDENSADO DE GAS:** Hidrocarburo que se mantiene en estado gaseoso en las condiciones de su depósito natural pero por las altas presiones se licua en las condiciones superficiales normales. En otros países se lo conoce como líquido del gas natural.

**ESPESOR DE LA FORMACIÓN:** Es un paquete de rocas con características similares la cual nos ubican la edad de la formación de la roca. Contiene hidrocarburos a fin de determinar si la acumulación puede ser comercial.

**FACTOR DE RECUPERACIÓN:** Porcentaje del petróleo extraído de un yacimiento con relación al volumen total contenido en el mismo.

<sup>1</sup>Terremoto, movimiento brusco de la corteza terrestre producido por causas internas.





**GAS ASOCIADO AL PETRÓLEO:** Gas que se presenta en los yacimiento junto al petróleo. Puede estar en el yacimiento como una capa libre, también mezclada con el petróleo y presentarse como condensado formando una sola faz líquida con él en determinadas condiciones de temperatura y presión.

**GAS HÚMEDO:** Gas natural que contiene gas licuado de petróleo.

**GEOLOGÍA:** Ciencia que estudia la estructura, origen, historia y evolución de la tierra por medio de análisis y examen de rocas, estructuras y fósiles. Es la ciencia que nos da razón de los fenómenos que continuamente observamos en la superficie, utilizando para ello los recursos de las otras ciencias, que así resultan auxiliares de la Geología.

**HIDROCARBUROS:** Así como el agua está formada por dos elementos químicos: hidrógeno y oxígeno, los hidrocarburos están constituidos por carbono e hidrógeno. Según el número de los átomos de carbono variarán las propiedades de los hidrocarburos.

**HIDROCARBUROS PETROLEROS:** Son mezcla de estas cadenas de hidrocarburos y según la composición de las mismas se tendrán los diferentes tipos de crudos. A pesar de la gran diversidad de la composición de los hidrocarburos presentes en cada petróleo crudo, la proporción de carbono e hidrógeno es casi constante: 83% a 86% de carbono y 11% a 13% de hidrógeno. En los Hidrocarburos Petroleros la proporción de carbono e hidrógeno es casi constante 83% a 56% de carbono y 11% a 13% de hidrógeno.

**LICUACIÓN:** Operación que consiste en transformar el gas natural en la zona del yacimiento a su faz líquida con el propósito de transportarlo

**PERFORACIÓN:** Operación que consiste en perforar el subsuelo con la ayuda de herramientas apropiadas para buscar y extraer hidrocarburos.

**PERMEABILIDAD:** Es la conductividad de un cuerpo poroso a los fluidos o capacidad de los fluidos para desplazarse entre los espacios que conectan los poros de una masa porosa. Para evaluar la Productividad de un yacimiento, es útil conocer cómo el fluido puede pasar fácilmente a través de un sistema poroso. Esta propiedad de la formación, la cual depende de la manera en que los poros están intercomunicados es su permeabilidad. En la actualidad puede ser estimada solamente por medio de relaciones empíricas.

**PETRÓLEO:** Es líquido amarillento oscuro, menos denso que el agua y acompañado de sustancias de origen orgánico. Este combustible es el resultado de la putrefacción de organismos acuáticos, vegetales y animales que habitan en los mares, lagunas o desembocaduras de los ríos. Solamente se le encuentran en los lugares de origen de sedimentos, quedando progresivamente a mayor profundidad y transformándose en hidrocarburo a través de un proceso de putrefacción protagonizado por bacterias. A medida que los sedimentos se hacen compactos a causa de la presión interna de la corteza terrestre, se formó la roca madre y posteriormente, por impregnación, el Petróleo empapó las arenas y rocas porosas, que son las rocas almacén, concentrándose y permaneciendo en Yacimientos.



## ANTECEDENTES



Se considera como una mezcla en proporciones variables de hidrocarburos sólidos, líquidos o gaseosos que se encuentran en los yacimientos bajo presiones y temperaturas más o menos elevadas. Los petróleos crudos pueden ser de base parafínica, asfáltica o mixta, según la densidad, se clasifican en:

- a) Pesados (10° a 23,3° API).
- b) Medios (22,3° a 31,1° API).
- c) Livianos (superiores a los 31,3° API).

El grado API se fija mediante una escala adoptada por el American Petroleum Institute para medir la densidad de los petróleos brutos. Nitrógeno, Azufre y Oxígeno, son ejemplos de Petróleo Natural. Sin embargo es habitual clasificar a los petróleos dentro de tres grandes tipos considerando sus atributos específicos y los subproductos que suministran:

**Petróleos asfálticos:** Negros, viscosos y de elevada densidad: 0,95 g/ml. En la destilación primaria producen poca nafta y abundante fuel-oil, quedando asfalto como residuo. Petróleos asfálticos se extraen del flanco sur del Golfo San Jorge (Chubut y Santa Cruz).

**Petróleos parafínicos:** De color claro, fluidos y de baja densidad: 0,75-0,85 g/ml. Rinden más nafta que los asfálticos. Cuando se refina sus aceites lubricantes se separa parafina. Mendoza y Salta poseen yacimientos de petróleos parafínicos.

**Petróleos mixtos:** Tienen características y rendimientos comprendidos entre las otras dos variedades principales. Aunque sin ser iguales entre sí, petróleos de Comodoro Rivadavia (Chubut) y Plaza Huincul (Neuquén) son de base mixta.

**POROSIDAD:** Se define como una medida de los espacios vacíos o huecos contenidos en una roca. Los rangos de porosidad en rocas carbonatadas calizas es del orden de 3 a 18 % y en areniscas del 10 al 30 %. Porcentaje del volumen total de una roca constituido por espacios vacíos. La porosidad efectiva es el volumen total de los espacios porosos interconectados de manera que permitan el paso de fluidos a través de ellos. Es una característica que va a tener una roca entre los huecos que existen entre grano y grano que conforman una roca. La porosidad es el volumen poroso por unidad de volumen de la formación. Los registros Sónicos, Densidad de Formación y Neutron son utilizados para determinar la porosidad.

**POZO:** Denominación dada a la abertura producida por una perforación. Los pozos, operativamente, se designan por un conjunto de letras y de cifras relativas a la denominación de los lugares en los que se encuentran y al orden seguido de su descubrimiento. Los pozos son orificios perforados en la tierra hasta un punto por debajo del nivel de las aguas freáticas. Sirven como depósitos dentro de los cuales penetra el agua subterránea. Si el nivel del agua está cerca de la superficie, los pozos son superficiales. Sobre mesetas elevadas donde el nivel del agua puede estar hasta varios cientos de metros por debajo de la superficie, son necesarios pozos de la profundidad correspondiente para alcanzar al agua. La mayor parte de los pozos se perforan hasta que se penetra en una roca permeable por debajo de la línea de agua. Con frecuencia esto quiere decir que hay que perforar cientos de metros de arcillas o pizarras impermeables que están saturadas de agua. Sin embargo los espacios entre poros en estas rocas



son tan pequeños que el agua no puede fluir a través de ellos con bastante rapidez para llenar el pozo en forma adecuada. Existen numerosos tipos de pozos.

**POZO CERRADO:** Pozo cuya producción está temporalmente suspendida para realizar operaciones complementarias, en espera de reparación o en estudio del comportamiento del mismo.

**POZO EXPLORATORIOS:** Es aquel pozo en el cual su objetivo principal es el de evaluar las características litológicas de una área así como su Potencial Petrolero, siempre siguiendo la relación estructura-trampa.

**POZO DE AVANZADA:** Es el que se perfora cerca de otro ya productor para determinar los límites del yacimiento.

**POZO DE DESARROLLO:** Es cuando ya esta evaluada una área con potencial Petrolero, Económico se procede a perforar pozos para su explotación generalmente se hace en forma maya y está en función del área del Yacimiento.

**POZO DE EXPLORACIÓN O DESARROLLO:** Es el que se perfora en un área nueva y en un yacimiento ya delimitado.

**POZO DE INYECCIÓN:** Pozo a través del cual se inyecta agua para mantener la presión de un yacimiento en la operación de recuperación secundaria.

**POZO SECO:** Pozo que no ha encontrado reservas de hidrocarburos económicamente explotables y que con frecuencia se inunda con agua subterránea.

**POZO TERMINADO:** La terminación del pozo es el conjunto de operaciones que se realiza luego de la perforación para hacer posible su puesta en explotación, mediante la colocación de los equipos permanentes de producción.

**PRESIÓN DEL GAS:** Es la clasificación del gas según el nivel de presión natural, puede ser de baja, mediana y alta presión.

**RECUPERACIÓN MEJORADA:** La recuperación de aceite de un yacimiento utilizando otros medios aparte de la presión natural del yacimiento. Esto puede ser incrementando la presión (recuperación secundaria), o por calentamiento, o incrementando el tamaño de los poros en el yacimiento (recuperación terciaria). Ver también: acidificación.

**RECUPERACIÓN PRIMARIA:** Afluencia natural del petróleo o del gas desde el seno del yacimiento a la superficie por la diferencia de las presiones. La circulación del fluido puede ser natural (pozo surgente) o por bombeo. Es la recuperación de aceite y gas de un yacimiento empleando sólo la presión natural del yacimiento para forzar la salida del aceite o gas. Ver también recuperación secundaria y terciaria.



**RECUPERACIÓN SECUNDARIA:** Operación que consiste en inyectar agua en el yacimiento con la finalidad de desplazar mayores volúmenes de petróleo a la superficie. Esta operación también incluye la combustión de los petróleos pesados. El método permite recuperar hasta un 25% más de petróleo. Es la recuperación secundaria de hidrocarburos de un yacimiento incrementando la presión del yacimiento mediante la inyección de gas o agua en la roca del yacimiento.

**RECUPERACIÓN TERCIARIA:** Los tipos de procedimientos de recuperación terciaria consisten en inyectar en los yacimientos disolventes miscibles, gases hidrocarbonados o gas carbónico como también agua con sosa, tensoactivos o polímeros hidrosolubles. Recuperación de hidrocarburos de un yacimiento por encima de lo que se puede recuperar por medio de recuperación primaria o secundaria. Normalmente implica un método sofisticado tal como el calentamiento del yacimiento o el ensanchamiento de los poros empleando productos químicos.

**RELACIÓN GAS CONDENSADO:** Para un yacimiento de gas es la relación del condensado al gas. En cuanto al aceite, la relación puede medirse en pies cúbicos estándar barril. Alternativamente se utiliza la inversa y las unidades típicas son barriles millón de pies cúbicos estándar. Para campos de gas seco sólo se usa la inversa comúnmente. Las unidades típicas son otra vez barriles millón de pies cúbicos estándar, pero puede usarse gramos metro cúbico.

**RELACIÓN GAS PETRÓLEO:** Volumen de gas producido simultáneamente por un pozo con relación a cada metro cúbico de petróleo.

**RELACIÓN RESERVAS A PRODUCCIÓN:** Para un determinado pozo, campo o país, es el período durante el cual alcanzan las reservas si la producción se mantiene a su ritmo actual y bajo el actual nivel de tecnología.

**RESERVAS DE HIDROCARBUROS:** Son los volúmenes de hidrocarburos líquidos o gaseosos existentes en el subsuelo y que han sido objetos de evaluación.

**RESERVAS POSIBLES:** Estimado de reservas de aceite o gas en base a datos geológicos o de ingeniería, de áreas no perforadas o no probadas. Reservas cuya presencia en una zona determinada están claramente demostradas pero que las condiciones técnicas y económicas actuales impiden extraerlas, ya sea por el alto costo de extracción o por la poca fluidez de los petróleos. Son las situadas en áreas en las que no se ha encontrado hidrocarburos luego de llevar a cabo pozos de exploración. No obstante, las características geológicas permiten presumir la presencia de los hidrocarburos.

**RESERVAS PROBABLES:** Estimado de las reservas de aceite y/o gas en base a estructuras penetradas, pero requiriendo confirmación más avanzada para poderseles clasificar como reservas probadas.

**RESERVAS PROBADAS:** La cantidad de aceite y gas que se estima recuperable de campos conocidos, bajo condiciones económicas y operativas existentes. Volúmenes de



hidrocarburos recuperables de un yacimiento, de una cuenca, de una provincia o de un país con tecnología disponible y las condiciones económicas actuales.

**RESERVAS RECUPERABLES:** La proporción de hidrocarburos que se puede recuperar de un yacimiento empleando técnicas existentes

**ROCA DEL YACIMIENTO:** Roca porosa que contiene poros interconectados o fisuras en los cuales se encuentra aceite o gas.

**ROCA GENERADORA:** Es cuando se encuentra una roca cuyo contenido orgánico se halla convertido en petróleo por efecto de la presión y de la temperatura.

**SATURACIÓN:** Volumen de petróleo o de gas en una roca con respecto al volumen de agua.

**SATURACIÓN DE HIDROCARBUROS:** Es la cantidad de aceite o gas contenida en una unidad de volumen del yacimiento, es el producto de su Porosidad. La Saturación de Hidrocarburos es la fracción ó porcentaje del volumen poroso lleno de Hidrocarburos.

**TIRANTE DE AGUA:** Es una relación que hay entre el piso marino y el nivel del mar. En la Industria Petrolera, es el que se da alrededor del Golfo de México en el Estado de Tampico y en Ciudad del Carmen, no sobre pasan de 50 metros.

**TRAMPA:** Estructura geológica en la cual se acumulan hidrocarburos formando un yacimiento donde se encuentran campo de aceite o gas.

**TRAMPA ESTRATIGRÁFICA:** Trampa de hidrocarburos formada durante la sedimentación y en la cual los hidrocarburos fueron encapsulados como resultado del cambio de roca de porosa a no porosa, en lugar del plegamiento o falla de los estratos de roca.

**TRAMPA ESTRUCTURAL:** Trampa de hidrocarburos formada por la distorsión de estratos de roca por movimientos de la corteza terrestre.

**YACIMIENTO:** Es la acumulación de hidrocarburos que puede ser aceite, gas o ambos en rocas porosas como arenisca. Un yacimiento petrolero normalmente contiene tres fluidos (aceite, gas y agua) que se separan en secciones distintas debido a sus gravedades variantes. El gas siendo el más ligero ocupa la parte superior del yacimiento, el aceite la parte intermedia y el agua la parte inferior. Aparecen en terrenos sedimentarios (glauberita), cristalinos (piroxeno), eruptivos (zeolitas), etc. Muchos minerales se encuentran en toda clase de yacimientos, demostrando que se han podido originar por diversos procesos (yeso, ópalo, pinta, etc.). Si el mineral se encuentra en el lugar en que fue formado, se dice que el yacimiento es "PRIMARIO", por ejemplo, las menas de un filón metálico. Cuando el mineral ha sido transportado desde su primitivo yacimiento, el nuevo recibe el nombre de "SEGUNDO"; tal como ocurre con el oro de los placeres, las piedras finas de las arenas gemíferas, etcétera. Los Yacimientos son acumulaciones comerciales de petróleo o gas que ocupan un depósito independiente sometido a un único sistema de presión. Existen también yacimientos mixtos



con diversas relaciones de gas petróleo, por ejemplo, Un Yacimiento de Petróleo o gas y Un Yacimiento de Gas Condensado.

**YACIMIENTO DE PETRÓLEO O GAS:** Es una formación geológica continua de roca porosa y permeable por la que pueden circular los hidrocarburos, agua y otros gases. Un mismo depósito puede estar constituido por diversas clases de rocas, predominantemente areniscas y calizas.

**YACIMIENTO DE GAS CONDENSADO:** Es un yacimiento en el cual ni el gas natural ni el aceite crudo son las corrientes de producción predominantes. Para incrementar la recuperación del condensado, el gas debe ser recirculado durante los primeros años y producido en una fecha posterior.

### 1.2.2 Ramas de la Geología.

La Geología es una ciencia de extraordinaria complejidad, que prácticamente se relaciona con todas las Ramas o especialidades:

**GEOLOGÍA GENERAL:** Describe las características físicas de la Tierra, la majestuosidad de ciertas formas orográficas como las altas cadenas montañosas. Así como las nociones sobre la existencia de capas acuíferas subterráneas y de su probable modo de alimentación se encuentran ya en la época Pregriega.

A través de los años se pasó lentamente al estudio y análisis de las distintas manifestaciones de la actividad geológica llegándose en el término de los siglos a dar forma a una Teoría que como la de la Tectónica Global nos permite explicar en sus mecanismos y en sus causas los distintos procesos que modelan y modifican constantemente la capa más externa de nuestra tierra, mediante una imagen de paisaje invariable con montañas y mares estables para la eternidad se pasó a una secuencia en incansante transformación, con cuencas oceánicas y cadenas montañosas que aparecen y desaparecen en el transcurso de los años, que en este caso no se cuentan por cientos o miles como en la historia humana sino por decenas y centenas de millones.

De esta manera aunque las explicaciones hayan ganado racionalidad, la actividad geológica continúa representándose en cuadros, fotografías, montañas, grutas y desfiladeros.

**GEOLOGÍA HISTÓRICA:** Ciencia que trata de la tierra, su constitución, estructura, desarrollo y procesos que se desarrollan en sus capas hídrica y pétreas.

Su objetivo principal es la corteza. Con la corteza se puede interpretar la historia del planeta, mediante organismos que vivieron en otras épocas "ayudantes".

Su objetivo de estudio que constituye la sintetización de todos los datos geológicos históricos obtenidos principalmente con la Geología General y Regional.

Los problemas planteados en la Geología Histórica son:

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



- a) El análisis detallado de la marcha general de la historia de la tierra.
- b) La determinación de las etapas naturales de esta historia.
- c) Las características principales de cada una de estas etapas.
- d) La regulación general del desarrollo geológico de la tierra.

Y se encarga del estudio de los llamados "TIEMPOS GEOLÓGICOS" o subdivisiones en periodos, eras o edades. Los principios de Geología Histórica y Estratigrafía utiliza métodos de investigación y nociones de estratigráfica secuencial y proporciona una sucesión estratigráfica de los fenómenos ígneos, metamórficos y de los ciclos orogénicos, métodos geocronológicos, nomenclatura y códigos de los sistemas geológicos.

**GEOLOGÍA ESTRUCTURAL:** Es el esfuerzo, la deformación, la elasticidad, la compresibilidad, la rigidez, la plasticidad, la ruptura y la facturación de rocas en fallas, diaclasas<sup>2</sup> y pliegues. También es la estructura de cuerpos ígneos, la discordancias y estilos estructurales. Se realiza un examen de fotografías aéreas para reconocimiento de estructuras regionales y nociones de geotectónica.

**GEOLOGÍA REGIONAL:** El objetivo de ésta es el estudio de la estructura geológica en combinación con la historia geológica de las diferentes regiones de la corteza. En la Histórica se suman y sintetizan los datos de determinados estudios geológicos regionales; entonces se descubren las regulaciones generales de la estructura y evolución de la tierra.

Con el método geólogo paleontológico la Geología obruvo un método de determinación de secuencia cronológica de los fenómenos geológicos, y de esta manera es posible el restablecimiento de la historia de la corteza y la dirección sintetizadora de las investigaciones histórico — geológicas o sea de la Geología Histórica.

**GEOLOGÍA DE YACIMIENTOS:** Es la que se encarga del desarrollo y explotación prospección y exploración de los génesis de yacimientos metalíferos y no metalíferos. También ve las propiedades de las materias primas de origen mineral y de valor económico.

**ESTRATIGRAFÍA:** Parte de la geología que trata de la disposición y caracteres de los estratos. Disposición seriada de las rocas sedimentarias de un territorio o formación.

También se ocupa del estudio e interpretación de los procesos registrados en las sucesiones sedimentarias que van a permitir, además de conocer la naturaleza y disposición de las rocas estratificadas y la correlación de materiales y sucesos.

En otras palabras es el estudio de las rocas estratificadas (sedimentarias y volcánicas), su sucesión en el tiempo geológico, la naturaleza de las mismas y la correlación del los estratos en diferentes lugares.

Si somos muy observadores podremos notar en algunos cerros o montañas varias líneas mayormente paralelas, estas líneas separan "paquetes" o capas de rocas, imagínese una

<sup>2</sup>Fractura de las rocas que se caracteriza porque el movimiento relativo de los bloques es una separación, pero no hay desplazamiento de un bloque respecto a otro a lo largo del plano de rotura.



columna de libros una sobre otra, cada libro es una periodo de tiempo largo de miles o millones de años de una roca y cada hoja del libro es un periodo corto de tiempo de decenas a miles de años, esta similitud es aplicada a dichas montañas, las veremos de distintas tamaños, colores y sobre todo formas, ya que algunas veces no son líneas rectas, más bien presentan curvas y fracturamientos. Estas capas son conocidas mayormente por estratos y es el objeto de estudio principal de esta ciencia.

**GEOFÍSICA:** Estudia todos los fenómenos físicos relevantes relacionados con la estructura, condiciones físicas y la historia evolutiva de la Tierra. Comprende a su vez: la Sismología (comportamiento de los terremotos y las ondas de choque que producen); el campo gravitatorio y rotación terrestre; el campo magnético; gradientes de temperatura y la proporción del flujo calorífico; la Vulcanología (comportamiento de los volcanes y sus productos); radiactividad natural; oceanografía; meteorología y climatología.

La Geofísica es una herramienta valiosa en la búsqueda de petróleo y minerales, por medio de ella podemos determinar el lugar aproximado de los yacimientos, actualmente cuenta con la tecnología e instrumentación muy avanzada, la informática es parte principal de los mismos; estos instrumentos miden determinadas propiedades de la superficie ya sea de manera natural llamada gravimetría, o inducida que es provocada por el hombre, ya sea con una pequeña explosión o una aplicación de electricidad.

**GEOMORFOLOGÍA - GEODINÁMICA:** Que aborda el análisis de la vida de la Tierra y los factores que provocan su transformación física. Estudia las formas del relieve terrestre teniendo en cuenta su origen, naturaleza de las rocas, el clima, y las diferentes fuerzas endógenas y exógenas que de modo general entran como factores constructores del paisaje. Uno de los fenómenos geológicos más conocidos en el Perú, por la mayoría de sus habitantes, son los Huaycos, que vienen a ser deslizamientos de lodo, agua y rocas; esta ciencia se encarga del estudio de tal fenómeno.

Dentro de los procesos geológicos está: La geología física o dinámica. La cual se divide en:

- a) Dinámica interna: Estudia los procesos geológicos internos como son: El Magnetismo, El Vulcanismo, Los Terremotos, Los Maremotos, Los Tectonismo, Los Metamorfismo
- b) Dinámica externa: Estudia los procesos geológicos externos causados por la energía atmosférica como La Acción atmosférica, La Acción geológica de los ríos, La Acción de los mares, El proceso llamado gradación.

**HIDROGEOLOGÍA:** Es la rama que se encarga de investigar la cantidad y la calidad del agua subterránea, cual es el agua presente debajo de la tierra. Se trata de la interacción entre rocas, suelo y agua.

**METEOROLOGÍA - CLIMATOLOGÍA:** Estudia los comportamientos de los agentes atmosféricos como el agua, viento, hielo que actúan modificando el paisaje de la superficie terrestre. Hoy en día, se reciben noticias de los estragos que produce el fenómeno





del Niño alrededor del planeta, los huracanes azotan innumerables partes del mundo, la temperatura a nivel global aumenta; varios de estos cambios están relacionados con el periodo de desglaciación que estamos viviendo o que empezó hace varios miles de años.

Todos estos fenómenos provocan cambios en la superficie terrestre, las inundaciones remueven millares de toneladas de suelos, los ríos cambian sus cursos, se forman nuevas lagunas, se secan otras, el calor crea efectos de invernadero, la vida vegetal desaparece; existe la teoría de que el cambio de estación al producir un cambio de temperatura produce temblores (el cambio de temperatura hace que la corteza se contraiga o dilate, liberando los esfuerzos contenidos por el choque de las placas tectónicas).

Otra aplicación es el estudio por un determinado tiempo de los factores climáticos de la zona en el cual se va a construir una mina, campamento, terrenos de cultivo, etc. Que se orienta hacia el estudio de la atmósfera.

**OCEANOLOGÍA:** Centrada en la investigación de las grandes masas de agua y sus fondos.

**PALETOLOGÍA:** Estudia los restos de los seres que existieron en el pasado fósiles y microfósiles. Esta ciencia tiene su base principal en la Biología, ya que nos ayuda a determinar los tipos de especies de los distintos seres vivos que son encontrados en las rocas.

La Geología se vale muchas veces de estos fósiles para determinar la edad de una roca, ya que mayormente una especie animal o vegetal se desarrolla en determinadas épocas geológicas. También se encarga de la Paleobotánica, los Paleoinvertebrados y los Paleovertebrados.

**PETROGRAFÍA:** Es el estudio de las rocas en todos sus aspectos: Mineralogía, texturas y estructuras (Petrografía), sus orígenes (Petrogénesis), localizaciones y alteraciones (Diagénesis, Metamorfismo, etc.) y sus relaciones con otros tipos de rocas.

Esta ciencia es uno de los pilares de la Geología, lo primero que aprende un geólogo en su vida universitaria es el reconocimiento y descripción de las rocas y existen millares de tipos, cada una con sus respectivas variantes; se dice que no existen dos rocas iguales; los geólogos están en la capacidad de describir la historia de una determinada área con sólo analizar una roca.

Cuando La Tierra estuvo creada como planeta, todo estaba formada por roca intrusivas (originadas muy debajo de la superficie terrestre) y las volcánicas (aquellas que salen a la superficie en forma de magma o se enfrían muy cerca a ella), ríos de lava y volcanes predominaban en el planeta, estos volcanes eliminaban innumerables cantidades y tipos de gases que fueron formando la atmósfera, una vez formada la atmósfera se fue condensando hasta producir lluvias y ventiscas que paulatinamente enfriaban el planeta, los volcanes se fueron apagando.



Empezó un periodo de estabilización, aparecieron diversidad de climas, estos factores climáticos, junto con el sol y los vientos fueron desintegrando poco a poco las rocas frías de la superficie, acumulándose con el paso de los siglos capas de sedimentos que llegaban a los kilómetros los cuales se transformaron en roca del tipo Sedimentaria.

Como la actividad volcánica continuaba, el magma atravezaba estas rocas a altas temperaturas, formándose en el contacto las rocas del tipo Metamórfico, ya que sufrían un cambio fisicoquímico debido a las altas temperaturas; este magma incluía soluciones minerales que se depositaban en las fracturas o partes débiles de la roca atravezada formando las vetas minerales que son explotadas actualmente.

El movimiento de placas tectónicas produce el choque de montañas de rocas sedimentarias que las fueron fracturando y deformando como un acordeón formándose el tipo Dinamometamórfica. En la base de las roca sedimentarias, el cual esta en contacto con el magma o la temperatura de la misma es alta, sufre una transformación a magma reiniciándose nuevamente el ciclo.

### 1.2.3 Ciencias Auxiliares de la Geología.

Debido a que el hombre es el principal poblador y modificador de la tierra se hace un estudio de su evolución a través del tiempo, influenciado por factores ambientales tales como el clima, lo cual nos dará un indicio del mismo en el pasado o la manera de construir sus instrumentos y habitas (que tipo de roca, barro, sus fuentes).

**CARTOGRAFÍA:** Es la que se ocupa de la representación gráfica de la superficie terrestre a modo de mapas, cartas, secciones, etc. La fotogeología es la interpretación geológica a partir de una fotografía, mayormente aérea. Estos estudios últimamente se extienden a las fotos satelitales.

Uno de los pasos iniciales en la exploración geológica es el reconocimiento aéreo del área a estudiar, para ello se cuentan con fotos que nos sirven para analizar y hacer una primera interpretación que luego será confirmada en la superficie, a mayores alturas es posible observar algunas estructuras geológicas como fallas de varios kilómetros o variación en la composición de la corteza (diferentes tipos de rocas) y actualmente gracias a la fotografías de satélites con diferentes tipos de lentes y anchos de banda es posible variar los parámetros de luz para tener una idea de la composición química de la superficie, que no es posible ver a simple vista.

Esta ciencia es la base en la observación e interpretación superficial de las fotografías enviadas por los exploradores espaciales de los distintos planetas y satélites del sistema solar.

**ESTADÍSTICA - GEOESTADÍSTICA:** Estudia los hechos por medio de la cuantificación y sus relaciones matemáticas, agrupándolos y estableciendo comparaciones. La Geoestadística es la aplicación de la estadística a la Geología donde estudiamos las poblaciones de datos, las técnicas de muestreo, la distribución de frecuencia discretas y continuas, la descripción estadísticas de una población de datos, la comparación de poblaciones univariadas, el análisis de orientaciones en el plano y el espacio, las interrelaciones de dos o más variables, la



búsqueda de controles geológicos en una matriz multivariada y la discriminación estadística de ambientes geológicos.

Esta herramienta nos sirve por ejemplo para hacer un estudio de granulometría de arenas (tamaño de granos), tomamos y pesamos la muestra, por diferentes tamaños de mallas para vivirlas en grupos homogéneos, pesamos los grupos y determinamos cual grupo pesa más, cual menor, cual es el promedio, etc., y establecemos relaciones matemáticas entre ellas.

Otro caso es la toma de muestras de rocas, si tomamos varias muestras y las mandamos a analizar a un laboratorio para que nos determine que elementos y en que cantidad están presentes en la muestra, obtendremos una tabla con el listado de las muestras y sus respectivos resultados de elementos; se determinara como primer paso de la interpretación Geoquímica, el valor máximo, mínimo, promedio, desviación estándar, promedio geométrico, desviación geométrica, diagramas de histogramas de frecuencia, etc., por cada elemento y la relación entre ellos.

**MATEMÁTICAS - GEOMATEMÁTICAS:** Es la ciencia que tiene por objeto el estudio de las propiedades de la cantidad calculable, la cual es usada en este caso por la estadística, fisicoquímica, física, etc., Las Geomatemáticas es la interpretación de los eventos geológicos de manera real y/o abstracta, dando validez teórica al hecho.

**ANTROPOLOGÍA - ARQUEOLOGÍA:** Ciencias auxiliares de la Geología; ya que el hombre es el principal poblador y modificador de la tierra; Hace un estudio de su evolución a través del tiempo, donde esto es influencia de los factores ambientales tal como el clima, lo cual nos dará un indicio del mismo en el pasado o la manera de construir sus instrumentos y hábitat (que tipo de roca, barro, sus fuentes etc.).

**HIDROLOGÍA:** Es el estudio de los factores geológicos relativos al agua acumulada subterráneamente en materiales rocosos. La aplicación geológica de la Hidráulica es la Hidrogeología. Las aplicaciones más importantes de esta ciencia son la búsqueda de aguas subterráneas para satisfacer las necesidades de alguna población, ser parte del planeamiento de una central hidroeléctrica o termoeléctricas, realizar estudios de captación de aguas para la industria minera, petrolera, etc. Algunos científicos usan los parámetros de la Hidrogeología para estudiar los glaciares (que se comportan como ríos, pero en cámara lenta), los "huaycos" que son ríos de lodo y rocas.

**QUÍMICA - FISICOQUÍMICA:** Es la ciencia que estudia la composición y relación física de los elementos químicos existentes en la naturaleza. Esta ciencia es de suma importancia para la Geología ya que es la base para la descripción y entendimiento de la mayoría de eventos geológicos; por ejemplo, la exploración minera se guía de la observación de la alteraciones de ciertos elementos sobre la superficie para ubicar puntos de muestreo que más tarde son analizados en laboratorio; la descripción e historia de una roca esta en función de la forma y composición de los minerales presentes en ella (minerales = compuesto químico de 2 o más elementos), la relación de los minerales presentes en una veta da un indicio de la temperatura de origen de la misma; en el análisis geoquímica, la correlación de 2 o más elementos, nos da una idea de la historia geológica del lugar.



**LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO (TOPOGRAFÍA):** Técnicas de mapeo y conocimientos de aparatos topográficos. Fotogrametría. Interpretación de litología y estructuras sobre la base de fotografías aéreas e imágenes satelitarias. Mapeo geológico.

### 1.3. Yacimientos.

Como se indico en la parte de conceptos, un yacimiento es la acumulación de hidrocarburos: aceite, gas o agua en rocas porosas, que ocupan un depósito independiente sometido a un sistema de presión.

El Yacimiento debe tener forma de "TRAMPA", es decir, que las rocas impermeables se encuentren dispuestas de tal manera que el petróleo no pueda moverse hacia los lados.

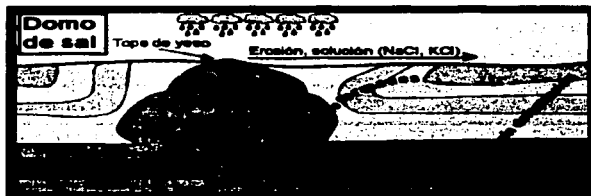


Figura 1.3.1. Partes de un Yacimiento.

En la formación de los yacimientos petrolíferos, de importancia verdaderamente industrial, han intervenido toda una serie de procesos geológicos, cuya resultante ha sido la acumulación del petróleo en determinadas áreas y estructuras del subsuelo. Allí se encuentran almacenado a elevada presión, debido a lo cual, cuando se perforan las rocas que lo recubren surge al exterior, la mayoría de la veces formando una auténtico surtidor.

Entre los registros Geofísicos para evaluar un Yacimiento Petrolífero se tienen los eléctricos, nucleares y acústicos.

Por lo que respecta a nuestro país, hasta ahora se obtiene petróleo de yacimientos mesozoicos y terciarios. No obstante que se han encontrado indicios de hidrocarburos en el paleozoico de Chiapas y Sonora, todavía no se han explotado en forma comercial.

Las cinco fases para la formación y origen de un yacimiento petrolero son:

- Formación de hidrocarburos.
- Migración primaria.
- Migración secundaria.
- Entrampamiento
- Conservación del yacimiento.



En algunos casos los yacimientos petroleros se encuentran estrechamente relacionados con depósitos carboníferos. En otros casos evidentemente, las fuentes del petróleo han sido organismos marinos como peces, diatomeas, foraminíferos y algas.

Los yacimientos petrolíferos se localizan generalmente en rocas porosas y permeables de origen sedimentario, principalmente rocas clásticas, conglomerado, arenisca, lutita fracturada y rocas no clásticas, caliza, dolomía; las primeras compuestas predominante de material detritico y las segundas constituidas principalmente de material formado por medio de los agentes químicos o biológicos.

Un yacimiento de hidrocarburo da lugar a una migración o difusión continua de una parte de su mineral debido a la resultante de distintas fuerza como son la gravitación, la presión, las diferencias de concentración entre otras causas. Esta migración se ha comprobado que se produce principalmente en el sentido vertical y ascendente. La porosidad de las rocas influye naturalmente en la migración, pero no hay que olvidar que en la naturaleza no existen rocas que sean técnicamente impermeables.

Cualquiera que se la profundidad de un yacimiento de petróleo, tiende a migrar hacia la superficie, manifestándose al máximo sobre el suelo. Cuanto mayor es la presión del yacimiento más se acusan sobre el suelo. Además ha observado que sobre un yacimiento en intensa explotación, las muestras tomadas para análisis, dejan hasta de producir anomalía apreciable.

Existen otros métodos complementarios de mucho interés como el análisis de ciertos microorganismos o bacterias que se alimentan de los hidrocarburos que han escapado del yacimiento. Son técnicas complicadas no suficientemente estudiadas aún. Miden el poder de absorción que tiene el petróleo.

El yacimiento petrolífero es un complejo de roca permeable que contiene una acumulación de hidrocarburos bajo un conjunto de condiciones geológicas que evitan su escape por las fuerzas de gravedad o capilares. En esta acumulación pueden existir otros fluidos que se separan conforme a su densidad si la circulación a través de la roca permeable es detenida por rocas de baja permeabilidad.

Entonces los fluidos de diferentes densidad y viscosidad interconectados, como el agua y los hidrocarburos adquieren un movimiento, influenciado por la fuerza capilar y la fuerza de gravedad específica diferencial que da al petróleo un movimiento ascendente.

Los yacimientos petrolíferos están cubiertos por rocas de baja permeabilidad presentándose algunos completamente encerrados por este tipo de rocas; pero generalmente las acumulaciones están limitadas hacia abajo por el agua. En las más altas porosidades se determinan en yacimientos petrolíferos que se suponen asociados con calizas.

TRABAJO CON  
FALLA DE ORIGEN



**Clasificación de Yacimientos Petrolíferos.**

Los yacimientos petrolíferos se dividen básicamente en trampas estructurales y estratigráficas:

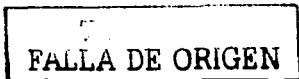
- a) Trampas estructurales son aquellas en las que los hidrocarburos se encuentran asociados con pliegues o fallas, como son:
  - Anticlinales, simétricos y asimétrico.
  - Terrazas estructurales.
  - Domos estructurales.
  - Domo salino.
  - Monoclinales.
  - Fallas.
  - Discordancias.
  - Depósitos lenticulares.
  - Nariz estructural o nariz anticlinal.
- b) Trampas estratigráficas por variación de la permeabilidad. Éstas son diversas y dependen exclusivamente del carácter sedimentológico de las formaciones que las constituyen. Un cambio lateral de arena a lutita constituye una trampa estratigráfica.
- c) Trampas combinadas. Naturalmente, existen trampas de carácter combinado estratigráfico y técnico, y su presencia es muy frecuente en los campos petroleros.
- d) Depósito petrolíferos en asociación con intrusiones volcánicas.

La **"MIGRACIÓN"** del Petróleo: Cuando las "Rocas Madre" en las que se formó el petróleo sufren presiones orogénicas, o simplemente al ir alcanzado regiones cada vez más profundas de la corteza terrestre, la presión a que están sometidas es causa de que los hidrocarburos en ellas acumulados, por su acusada movilidad debido a su estado líquido, se desplacen a través de rocas suficientemente permeables por los planos de estratificación, por fracturas, etc., hacia otras regiones más superficiales donde la presión sea menor.

Almacenamiento del Petróleo "Trampas Petrolíferas": La zona donde se ha producido esa pérdida de permeabilidad constituye la llamada "Trampa Petrolífera". Se define una "Trampa", como toda anomalía geológica, de origen tectónico o litológico, que da al techo del almacén (zona donde desaparece la porosidad y la permeabilidad), una forma cóncava hacia la base.

Tipos de Trampas Petrolíferas: Las trampas petrolíferas se clasifican en tres grandes categorías, según el factor geológico que las ha generado. Estos tres grandes tipos son:

**Estructurales:** Formadas por procesos orogénicos:





**Estratigráficas:** En este tipo de trampas los procesos orogénicos están ausentes o tienen muy poca importancia, estado causados por cambios litológicos y mixtos, y están producidas por la actuación conjunta de fenómenos tectónicos y sedimentarios en proporciones similares, sin que predomine claramente uno de los factores.

**Trampas Estructurales:** Son aquellas en las que, la capa-almacén tiene una extensión indefinida, la trampa se forma por una deformación de origen tectónico. Pueden ser de varios tipos:

- a) Trampa Anticlinal: Es la superficie o hueco que se forma entre distintas rocas permeables, pueden ser granito con calizas en donde se pueden almacenar Hidrocarburos. Anticlinal: Es el plegamiento superior de una formación, generalmente constituido por material metamórfico.
- b) Trampa en Fallas: Estas se pueden encontrar en formaciones muy grandes en la superficie del terreno o en el interior del subsuelo y se crean por fallamientos de bloques, debido a fuerzas de cizalla (por arrastre o empuje de otros bloques). Al igual que las otras, pueden almacenar Hidrocarburos.
- c) Trampas que Combinan Anticlinales y Fallas: Este es el caso más frecuente en la práctica, pues normalmente no se encuentran anticlinales totalmente desprovistos de fallas, sino que lo más común es que en una región plegada estén combinados ambos, apareciendo la mayoría de los anticlinales afectados por una o varias fallas. Estas fallas que pueden ser longitudinales, transversales u oblicuas, tienden a dividir los anticlinales en distintos bloques, complicando tanto la forma del yacimiento, como su interpretación y explotación.

**Trampas Estratigráficas:** Son aquellas en las que el yacimiento se forma por cambios litológicos en las formaciones almacén, independientemente de las posibles estructuras producidas por procesos orogénicos. Realmente, siempre existe una cierta relación entre tectónica y cambios litológicos, en el sentido de que pase normalmente durante la sedimentación. Consideran dentro de esta categoría las trampas que no aparecen relacionadas con estructuras claramente definidas, tales como las que se encuentran en flancos de pliegues, en zonas de plegamiento monoclinal o subhorizontal, arrecifes, trampas secundarias, etc.

- a) Trampas en Lentejones Arenosos: Son trampas que se forman en masas lenticulares, más o menos extensas y complejas de arenas o areniscas, que pasan lateralmente a margas, arcillas u otras rocas impermeables. Su actuación es semejante a la de una esponja que por tener en su interior menor presión que las arcillas circundantes, más fácilmente comprensibles, atraen a los hidrocarburos que se acumulan allí en gran cantidad. El origen de estos lentejones puede ser muy variado, habiéndose formado donde predomine la sedimentación detritica: relleno de valles fluviales y canales costeros, barras arenosas de playa, formaciones deltaicas, depósitos del talud continental y turbiditas formadas a gran profundidad.
- b) Trampas en Arrecifes o Calizas Biohémicas: Bajo determinadas circunstancias, algunos organismos coloniales pueden dar lugar a una formación biohermal. Esta formación constituida por calizas formadas por los organismos, presentan una



extensión lateral limitada a la zona de vida de las colonias, cambiando hacia las facies de cuenca en dirección al mar y hacia las facies de laguna en dirección al continente. Debido a que están construidas de numerosos huecos y por consiguiente porosidad elevada, aparecen cubiertas por formaciones impermeables y pueden constituir excelentes almacenes.

c) Trampas en Discordancias: Un tipo de trampas relativamente común se encuentra asociado a discordancias, cuando los niveles almacén, plegados y erosionados, quedan sellados por formaciones impermeables discordantes. La trampa aparece precisamente bajo la superficie de discordancia. En este caso, las cualidades del nivel-almacén pueden quedar mejoradas como consecuencias del efecto de la etapa de erosión intermedia.

d) Trampas Asociadas a Erupciones Volcánicas: En algunos casos especiales, ciertas erupciones volcánicas, al atravesar una serie de estratos han dado origen a trampas estraigráficas. Estas trampas pueden ser de dos tipos: al atravesar la intrusión volcánica capas porosas pueden sellarlas, constituyendo una barrera de permeabilidad. El otro tipo se produce porque los bordes de la instrucción pueden aparecer alterados, presentado una porosidad secundaria donde se pueden formar pequeños yacimientos.

**Trampas Mixtas:** En este tipo de "TRAMPAS" el yacimiento se ha originado por la acción conjunta de fenómenos tectónicos y sedimentarios. Aunque en este tipo de yacimientos se pueden incluir muchas trampas de las que hemos considerado como estraigráficas, cuando los cambios litológicos han sido producidos por fenómenos tectónicos, las trampas que mejor se adaptan a este tipo son las asociadas a los domos de sal.

Las trampas asociadas a domos y salinos se producen como consecuencia de la ascensión de una masa de sal, debido a las diferencias de densidad entre esta roca y los materiales circundantes. La formación del domo o del diapiro<sup>3</sup> acarrea una serie de deformaciones estructurales que principalmente son: fallas, pliegues anticlinales, cabalgamientos de la sal sobre los estratos circundantes, estratos "PINZADOS", etc., y su movimiento continuo, en el tiempo da lugar a una serie de anomalías sedimentarias en la zona donde se está formado, como son: lentejones arenosos en el techo del domo (por tratarse de una zona menos profunda del mar, y en consecuencia más agitada), acunamientos de estratos y cambios importantes y rápidos de faciepu. Todas estas estructuras muchas de las cuales han sido ya estudiadas independientemente, son muy apropiadas para formar "TRAMPAS" donde se acumule el petróleo.

**Trampas Secundarias:** Son aquellas en las que la roca-almacén inicialmente impermeable, adquiere características de porosidad y permeabilidad por procesos posteriores. A esta categoría se refieren las trampas en calizas y cuarcitas fracturadas, relacionadas con zonas de fallas; las trampas por cambios mineralógicos como las dolomitizaciones de calizas, que dan lugar a una porosidad adicional; las trampas por disolución.

<sup>3</sup> El mecanismo de formación de un domo, y su diferencia con un diapiro, que propiamente corresponde a la estructura que ha perforado los estratos superiores.





### Destrucción de los Yacimientos Petrolíferos.

Cuando las rocas que contienen petróleo quedan expuestas a la acción de la intemperie, aparte de la disipación de los hidrocarburos gaseosos y volátiles, se producen simultáneamente una oxidación, originándose betunes y asfaltos que quedan impregnando las rocas. También hay bacterias oxidantes que destruyen completamente el petróleo cuando aflora en superficie.

Las aguas selenitosas, con yeso en disolución también destruyen el petróleo, pues el sulfato cálcico reacciona con los hidrocarburos, formando ácido sulfhídrico, carbonato cálcico y agua. Este proceso tiene lugar a veces en el mismo yacimiento, cuando el agua salada profunda contiene sulfato cálcico y en estas circunstancias, en el yacimiento sólo quedan gases (que contienen ácido sulfhídrico) y agua salada, faltando la capa de petróleo.

Los impropriamente llamados "VOLCANES DE FANGO", también denominados "SALAS" y "MACALUBAS", son simplemente escapes de hidrocarburos gaseosos y líquidos a través de afloramientos de arcillas, mantenidas en estado semifluido por el agua que simultáneamente brota como un manantial, dando la impresión de estar en constante ebullición.

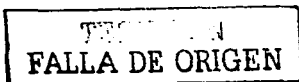
### Investigación de los Yacimientos Petrolíferos.

Como los yacimientos petrolíferos importantes no pueden aflorar en superficie, es necesario realizar toda una serie de estudios geológicos previos que nos indiquen o nos confirmen la posibilidad de que allí pueda existir petróleo acumulado, antes de proceder a la perforación de los pozos destinados a su extracción.

Esta prospección del petróleo comprende tres etapas sucesivas: geología, geofísica y de sondeo. De las tres la más importante y a la vez menos costosa es la primera, por lo que nunca se debe prescindir del estudio geológico previo en una investigación de este tipo.

- a) **Estudio Geológico Previo:** Consiste en un estudio geológico detallado a escala regional y sobre todo local, encaminado a conocer datos relativos a la constitución estratigráfica y petrográfica del terreno y a su tectónica, que nos permitan deducir la existencia en el subsuelo de estructuras geológicas adecuadas, capaces de almacenar petróleo; presencia de rocas de porosidad adecuada, permeables, intercaladas entre otras impermeables, con una cobertera impermeable que impida los escapes de hidrocarburos; presencia en la región de rocas petrolígenas, capaces de haber contenido petróleo durante su proceso de formación (las que hemos llamado "ROCA MADRE"); historia geológica de la región que nos permita prever las posibilidades de migración y eventuales escapes; y por último, los indicios superficiales de que en el subsuelo existe realmente acumulado petróleo.

En este estudio geológico regional tiene una gran importancia la utilización de la fotogeología, que permite reconocer muy rápidamente un gran región, y nos permite también muy rápidamente obtener un mapa geológico detallado, en el que estén representadas las diversas formaciones, su extensión regional y de las diversas direcciones estructurales, a lo largo de las cuales podemos encontrar los yacimientos petrolíferos.





- b) **Prospección Geofísica:** Los métodos geofísicos consisten esencialmente en la medición de constantes físicas (densidad, características magnéticas, rigidez) de las rocas del subsuelo, desde la superficie, que nos ilustran sobre cuáles son los materiales pétreos existentes en el subsuelo, y como están dispuestos, para obtener indirectamente datos que nos confirmen las supuestas condiciones favorables deducidas del estudio geológico.

Los principales métodos utilizados en la prospección petrolífera son el gravimétrico, el magnético y el sísmico. Los dos primeros son métodos de reconocimiento y miden características fijas de las rocas del subsuelo; el tercero mide la respuesta de los sedimentos ante una deformación introducida desde la superficie. Los métodos gravimétrico y magnético permiten obtener una idea general de la forma de la cuenca, y de las zonas donde existen anomalías, que pueden presentar interés. El método sísmico es ya un método de detalle y sólo se emplea para reconocer exhaustivamente las anomalías determinadas por otros métodos. El método gravimétrico mide la densidad de los sedimentos existentes en una cuenca sedimentaria. Teniendo en cuenta la variación regional, se pueden determinar las anomalías que se aparten de dicha curva, y así por ejemplo, los domos y diapiros salinos darán una anomalía negativa por su menor densidad, mientras que las intrusiones volcánicas darán anomalías positivas.

El método magnético mide la intensidad magnética de los sedimentos, pudiéndose determinar la situación del basamento magnético de la cuenca, y las anomalías que por ejemplo se pueden interpretar: las negativas como producidas por anormales espesores de sedimentos y las positivas por intrusiones de rocas magnéticas. Ambos métodos se pueden registrar por medio de vehículos o desde el aire, realizando en este caso una malla cuya densidad varía según el detalle que se pretenda obtener.

El método sísmico es el más comúnmente empleado para la determinación detallada en una zona de anomalías. Para ello se provoca una serie de ondas sísmicas que penetran en el subsuelo, reflejándose en las diversas capas sedimentarias y siendo recogidas en superficie por aparatos especiales (geófonos). En función de la velocidad de penetración de las ondas sísmicas (que depende de la litología) y del tiempo empleado hasta volver a la superficie, se puede interpretar la profundidad a la que se encuentran las distintas formaciones y su estructura, un anticlinal.

Es necesario tener muy presente que la prospección geofísica precisa un estudio geológico detallado, sin el cual los datos numéricos deducidos por los métodos geofísicos (densidades, intensidad magnéticas, módulo de rigidez, velocidad de propagación, etc.), no pueden ser debidamente interpretados, pues ellos en si mismos no tienen un significado concreto. Es decir, que de sólo los datos obtenidos por la prospección geofísica no es posible deducir la presencia de petróleo en el subsuelo, como erróneamente se suele pensar muchas veces, por personas que desconocen el verdadero alcance de estos modernos métodos de prospección petrolífera.

- c) **Sondeo Mecánicos:** Esta etapa de la prospección petrolífera es la más costosa, pero al mismo tiempo es la decisiva, y no debe prescindirse nunca de ella, siempre que las anteriores hayan dado resultados favorables. Además, en el caso de hallar petróleo en



uno de estos sondeos, la explotación del yacimiento se inicia por el mismo oficio del sondeo ya practicado.

Un sondeo mecánico consiste simplemente en una perforación del terreno, generalmente vertical, que pueden realizarse por percusión o por un tubo giratorio en cuyo extremo se acopla una corona de acero o de otro material, de dureza adecuada a la de las rocas que ha de perforar.

Este método precisa de las "torres" tan conocidas y divulgadas en revistas y en la misma prensa diaria, como base de instalación del trípode de los tubos que poco a poco se van hundiendo en el suelo. Aun cuando en un sondeo no se encuentre directamente petróleo, y esto es realmente difícil, pues por término medio sólo un 10 por 100 de los sondeos resultan productivos<sup>4</sup>, siempre proporciona numerosos datos o indicios, que sirven para reconocer la posible existencia de petróleo en la zona investigada.

Estos indicios resultan unas veces de la presencia de gases a presión o de agua salada; en otras ocasiones del estudio petrográfico o micropaleontológico de las rocas extraídas durante el proceso de sondeo, la conformación de existencia de rocas de porosidad adecuada, en las que eventualmente pueden aparecer indicios de hidrocarburos rellenando los poros; microfauna fósil que nos revele la existencia de rocas en las que pudo formarse el petróleo, etc. Hay que tener en cuenta que el sondeo mecánico es el único medio a nuestro alcance de saber cuales son las condiciones geológicas reales del subsuelo; la única forma de comprobar definitivamente si el estudio geológico o la prospección geofísica nos proporcionaron datos reales o erróneos.

El reconocimiento de la existencia de petróleo durante la perforación del sondeo es muy importante, y exige no sólo la presencia constante de un geólogo que vigile continuamente las muestras que salen y la marcha del sondeo, sino la utilización de diversos aparatos que detectan la existencia de hidrocarburos impregnando las muestras de gas, asociado generalmente al petróleo. Además una vez finalizado el sondeo, se realizan otras medidas adicionales por medio de aparatos especiales que se introducen en el agujero del sondeo (registros eléctricos difendidos) y que miden diversas características físicas de las rocas atravesadas (resistividad eléctrica, saturación de agua, densidad, radiactividad, porosidad, etc.), que además de proporcionar criterios muy importantes para determinar con exactitud la litología, facilitan las correlaciones con otros sondeos.

#### **Explotación de los Yacimientos Petrolíferos.**

Los llamados "Pozos de Petróleo" son los mismos sondeos perforados en regiones donde existe petróleo en el subsuelo. Para mantener la producción en una región petrolífera es necesario perforar continuamente nuevos pozos, que vengán a sustituir los que se van agotando, porque la entidad de petróleo que se puede extraer por uno de estos pozos es siempre limitada.

<sup>4</sup> Hay que tener en cuenta que la zona supuesta "PETROLÍFERA", acotada por los estudios previos geológicos y por la prospección geofísica, es siempre muy extensa en relación con el área que realmente corresponde al yacimiento de petróleo.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



El caso es el mismo de los pozos de agua; por uno sólo no es posible sacar toda la almacenada en el subsuelo, porque las posibilidades de filtración tiene un límite<sup>3</sup>.

Así se llegan a construir esos "bloques" artificiales de "torres" de sondeo que dan un caracter especial a las regiones petrolíferas, adaptando su distribución sobre el terreno a la del yacimiento de petróleo en el subsuelo, como el reproducido.

**La Extracción del Petróleo:** La extracción del petróleo del subsuelo no suele ofrecer graves dificultades. Generalmente, surge al exterior en forma de un surtidor a gran presión, y entonces es suficiente "entubar" el pozo, colocar una válvula de cierre que impida la salida espontánea del petróleo y canalizarle adecuadamente.

El mismo gas acumulado en la parte superior de los yacimientos petrolíferos pueden ser objeto de explotación, aprovechando la misma presión (a veces elevadísimas, de centenares de atmósferas) a que puede estar sometido. Uno de los casos más notables es el aprovechamiento industrial en gran escala de los gases acumulados en el subsuelo.

El petróleo se halla en toda clase de terrenos, cualquiera que sea su edad geológica, excepto en las rocas eruptivas y metamórficas. Los yacimientos de hidrocarburos sólo pueden originarse si durante la migración de los aceites, éstos encuentran barreras que los detienen y les obligan a acumularse en zonas cerradas o trampas.

En primer lugar describimos sus constituyentes y no la estructura de estas diferentes trampas, es decir, las rocas impermeables del techo, las rocas almacenadoras que contienen los petróleos y, finalmente, la disposición de los hidrocarburos en el seno del yacimiento.

### Conclusión.

El Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), ha sido una importante plataforma para la investigación científica y servicio de la Industria petrolera en México, por lo que Petróleos Mexicanos es el cliente principal. PEMEX se encarga de la detección de yacimientos de Hidrocarburos y el IMP lo apoya en diversas actividades y el área que se encarga de esto es la Reserva de Hidrocarburos.

También se habla sobre la Geología, conceptos, definiciones, ramas y ciencias auxiliares para poder comprender como se encuentra su clasificación y la Explotación de los Yacimientos y por último los tipos de trampas petrolíferas. Con todo esto se pudo entender acerca del Yacimiento y así podremos dar paso al siguiente capítulo.

<sup>3</sup> Normalmente, una Sociedad petrolífera, para mantener la producción se ve obligada a perforar anualmente centenares de nuevos pozos, lo cual supone un gasto fabuloso, pues hay que tener en cuenta que sólo la décima parte (por término medio) de los pozos perforados darán petróleo en cantidad suficiente para mantener la producción al ritmo requeriendo.



# Capítulo II

## Herramientas para la Simulación.

TECNOLOGÍA  
FALLA DE ORIGEN



## CAPÍTULO II

### 2. HERRAMIENTAS PARA LA SIMULACIÓN.

En este capítulo se presentan los elementos más significativos del concepto de simulación vistos como una técnica, así como su vinculación con los conceptos de sistema y modelo. Lo anterior, facilita enormemente la comprensión de las etapas que describen la metodología de la simulación de sistemas, y que en capítulos posteriores se volverán a retomar para profundizar más en cada tópico.

Finalmente, se presenta una breve relación de las ventajas y desventajas de la simulación, ya que ésta es una herramienta más de las que pueden utilizarse para resolver una gran variedad de problemas, sin embargo de ninguna manera debe forzarse su uso si se tienen elementos que permiten tomar en consideración otras alternativas de solución que pudieran ser más prácticas o más eficientes.

Para el caso del Modelo de Simulación, se aplicó esta herramienta pues es muy importante para el usuario debido a que requiere hacer un número indefinido de iteraciones con diferentes parámetros para determinar los posibles comportamientos de un yacimiento, tanto productiva como económicamente, de esta forma la simulación le permite definir estas curvas de comportamiento.

#### 2.1 Probabilidad y Estadística.

La Probabilidad nació del estudio de los juegos de azar. Para desarrollar la teoría de probabilidades, es conveniente introducir un modelo matemático que permita simplificar el estudio. Donde encontraremos Estado, Universo, Suceso, Suceso Universal, Suceso Nulo.

El cálculo de la Probabilidad se fundamenta en la medida de aparición o no aparición de ciertos acontecimientos. Tiene gran importancia en todos los problemas de predicción: juegos al azar, seguros, meteorología, investigación operacional, pronósticos electorales, mecánica ondulatoria, creación de nuevos productos, etc.

Una ley de probabilidad hace corresponder a cada acontecimiento con un número real positivo e inferior a 1 llamado probabilidad. La probabilidad de un acontecimiento cierto es igual a 1; la de un acontecimiento imposible igual a 0. La probabilidad de dos sucesos independientes es igual a la suma de sus probabilidades.

La Probabilidad de un evento es el grado de confianza que tengo sobre la ocurrencia de dicho evento. Y si aceptamos que el máximo grado de confianza sea la certeza, podemos decir que la probabilidad de un evento es el grado de certeza que tengo de que el evento ocurra.

La Estadística está relacionada con el estudio de procesos cuyo resultado no es predecible y también con la forma de obtener conclusiones que capaciten para la toma de decisiones razonables de acuerdo con tales observaciones.

IMPRESION  
FALLA DE ORIGEN



El resultado del estudio de dichos procesos, denominados procesos aleatorios, puede ser de naturaleza cualitativa o cuantitativa y en este último caso, discreta o continua.

La Estadística se ocupa de los métodos y procedimientos para recoger, clasificar, resumir, hallar regularidades y analizar los datos, siempre y cuando la variabilidad e incertidumbre sea una causa intrínseca de los mismos; así como de realizar inferencias a partir de ellos, con la finalidad de ayudar a la toma de decisiones y en su caso formular predicciones.

Podríamos por tanto clasificar la Estadística en descriptiva, cuando los resultados del análisis no pretenden ir más allá del conjunto de datos, e inferencial cuando el objetivo del estudio es derivar las conclusiones obtenidas a un conjunto de datos más amplio.

La estadística descriptiva analiza, estudia y describe a la totalidad de individuos de una población. Su finalidad es obtener información, analizarla, elaborarla y simplificarla lo necesario para que pueda ser interpretada cómoda y rápidamente, y por tanto pueda utilizarse eficazmente para el fin que se desee. El proceso que sigue la estadística descriptiva para el estudio de una cierta población consta de los siguientes pasos:

- Selección de caracteres dignos de ser estudiados.
- Mediante encuesta o medición, obtención del valor de cada individuo en los caracteres seleccionados.
- Elaboración de tablas de frecuencias, mediante la adecuada clasificación de los individuos dentro de cada carácter.
- Representación gráfica de los resultados (elaboración de gráficas estadísticas).
- Obtención de parámetros estadísticos.

Las Tablas estadísticas son recopilaciones numéricas bien estructuradas y fáciles de interpretar de las que se vale el estadístico para sintetizar los datos obtenidos con el fin de hacer un uso sencillo de ellos o bien para darlos a conocer de forma comprensible.

Existen infinidad de tablas estadísticas, pero las más básicas son las tablas de frecuencias, las de frecuencias relativas, frecuencias acumuladas, las de frecuencias con datos agrupados en intervalos y las de doble entrada.

El parámetro estadístico, es el número que se obtiene a partir de los datos de una distribución estadística y que sirve para sintetizar alguna característica relevante de la misma. Conociendo los valores de algunos parámetros, aunque se desconozcan los datos de la distribución, se adquiere una idea suficientemente clara de ella.

La Estadística Inferencial, sin embargo trabaja con muestras, subconjuntos formados por algunos individuos de la población. A partir del estudio de la muestra se pretende inferir aspectos relevantes de toda la población. Cómo se selecciona la muestra, cómo se realiza la inferencia, y qué grado de confianza se puede tener en ella son aspectos fundamentales de la estadística inferencial, para cuyo estudio se requiere un alto nivel de conocimientos de



estadística, probabilidad y matemáticas. La inferencia siempre se realiza en términos aproximados y declarando un cierto nivel de confianza.

### 2.1.1 Conceptos.

**ATRIBUTO:** Cualidad o descripción de un artículo.

**ESTADÍSTICA:** Teoría y aplicación de métodos para coleccionar datos estadísticos, analizarlos y hacer inferencias a partir de ellos. La Estadística se divide en dos áreas que son Estadística Descriptiva y Estadística Inferencial.

**ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA:** Trata sobre la recolección, organización y análisis de datos numéricos.

**ESTADÍSTICA INFERENCIAL:** La que a partir de una muestra representativa, infiere o generaliza con base a los resultados obtenidos de dicha muestra.

**FRECUENCIA:** Es el número de veces que ocurrió un valor. Agrupación de datos por su frecuencia, se ordenan los datos en orden creciente.

**FRECUENCIA ABSOLUTA  $f_i$  :** ( de un determinado valor  $x_i$  ) al número de veces que se repite dicho valor.

**FRECUENCIA ABSOLUTA ACUMULADA  $F_i$  :** ( de un determinado valor  $x_i$  ) a su frecuencia absoluta más la suma de las frecuencias absolutas de todos los valores anteriores .

**FRECUENCIA RELATIVA  $h_i$  :** es el cociente  $f_i/N$  , donde N es el número total de datos.

**FRECUENCIA RELATIVA ACUMULADA  $H_i$  :** es el cociente  $F_i/N$  . Si las frecuencias relativas las multiplicamos por 100 obtenemos los %.

**MEDICIÓN:** Característica de interes que se obtiene comparando el objeto problema con un objeto de referencia, como la longitud, la masa, el volumen, etc. .

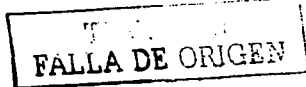
**MUESTRA:** Es una pequeña parte del grupo en una Población.

**MUESTRA REPRESENTATIVA:** Número de elementos integrantes de una muestra los cuales son suficientes para resolver un problema satisfactoriamente.

**TAMAÑO DE LA MUESTRA:** Número de elementos que integran una muestra.

**MUESTREO:** Proceso para obtener una serie de muestras.

**MUESTREO CON REPLAZO:** Es un elemento seleccionado al azar, se regresa a la población.







**MUESTREO SIN REMPLAZO:** Es elemento seleccionado al azar, no se regresa a la población.

**MUESTREO ALEATORIO:** Se efectúa cuando cada miembro de una población tiene la misma probabilidad de encontrarse en la muestra.

**MUESTRA SESGADA O DESVIADA:** Cuando el muestreo no es aleatorio sino que está influido por el muestreador con el fin de hacer trampa.

**POBLACIÓN ESTADÍSTICA:** Conjunto de observaciones (mediciones o despreciones), en una investigación estadística.

**POBLACIÓN O UNIVERSO:** Conjunto de elementos u objetos sobre los cuales se realiza un estudio estadístico.

**POBLACIÓN FINITA:** Número de elementos fáciles de contar.

**POBLACIÓN INFINITA:** Número de elementos difíciles o imposibles de contar.

**UNIDAD ELEMENTAL:** Elemento que forma parte de una población. Son valores provenientes de mediciones y pueden tener cualquier valor en algún intervalo.

**VARIABLE:** Es un símbolo tal como  $X$ ,  $Y$ ,  $x$ ,  $y$ , que puede tomar un valor cualquiera de un conjunto de valores, denominado dominio. Las variables se dividen en Continuas y Discretas.

**VARIABLES CONTINUAS:** Valores obtenidos de mediciones y que pueden tener cualquier valor en un intervalo determinado, donde toma cualquier valor real entre dos valores reales dados.

**VARIABLE ESTADÍSTICA:** Es el conjunto de valores que puede tomar el carácter estadístico cuantitativo (pues el cualitativo tiene "modalidades"). Puede ser de dos tipos: Discreta y Continua.

**VARIABLES DISCRETAS:** Valores que provienen de contar, normalmente son valores enteros.

**VARIACIÓN O VARIABILIDAD:** Diferencia entre los valores de una variable.

**VALORES DE LA MUESTRA:** Valores numéricos que aparecen en la muestra.

### 2.1.2 Tipos de Gráficas.

Una Gráfica o Diagrama es una forma ilustrada y simple de presentar una información numérica, resumir datos mediante ilustraciones para hacer más evidente ciertas características, generando una idea aproximada de los valores tabulados.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Un diagrama tiene la ventaja de poner en observación rápida ciertos aspectos importantes que en las tablas no pueden apreciarse fácilmente, una gráfica es una manera sencilla de analizar los datos, pero de ninguna manera puede sustituir a la tabla.

Los aspectos fundamentales que debe considerarse al construir una gráfica, son:

- a. **Título:** Indica brevemente de que diagrama se trata y se coloca en la parte superior de la gráfica.
- b. **Escala:** Permite Los trazos de puntos, líneas y barras del tamaño y espacio apropiado.
- c. **Identificación de las clases:** Se marcan en los ejes horizontales y verticales del diagrama y quedan señaladas mediante números
- d. **Fuente de información:** Se debe señalar de donde se obtuvieron los datos para construir la gráfica y dichos datos se colocan en la parte inferior.

Las propiedades de la distribución de frecuencia relacionadas con su forma se hacen más evidentes por medio de gráficas, y en esta sección introduciremos algunas de las formas más comunes de representar gráficamente las distribuciones de frecuencias, las distribuciones porcentuales y las distribuciones acumuladas.

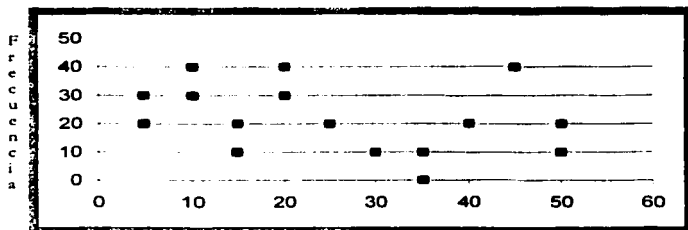
Se han creado infinidad de manera para representar gráficamente los valores estadísticos, algunos de esos diagramas son los siguientes:

1. Diagrama de frecuencias mediante puntos.
2. Diagrama de líneas.
3. Histograma de frecuencias absolutas.
4. Histograma de frecuencias relativas.
5. Polígono de frecuencias, absolutas o relativas.
6. Ojivas.
7. Gráficas de entrada y salida.
8. Gráfica de sectores ("Pay" o "Pastel")

Las Gráficas estadísticas, son representaciones gráficas de los resultados que se muestran en una tabla estadística. Pueden ser de formas muy diversas, pero con cada tipo de gráfica se cumple un propósito. Por ejemplo, en los medios de comunicación, libros de divulgación y revistas especializadas se encuentran multitud de gráficas estadísticas en las que, con notable expresividad, se ponen de manifiesto los rasgos de la distribución que se pretende destacar. Los diagramas de barras, los diagramas de sectores, los histogramas y los polígonos de frecuencias son algunas de ellas.

**Diagrama de Frecuencias Mediante Puntos.**

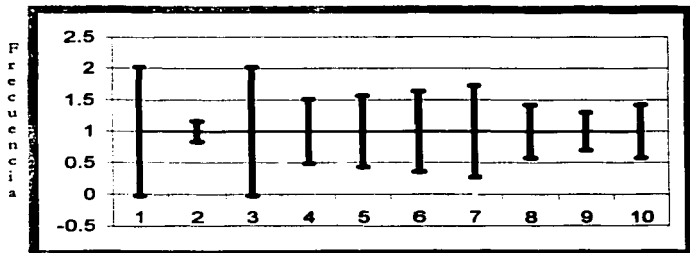
Da una buena idea de la distribución de los valores de la muestra (densidad de valores).



**Gráfica 2.1.2.1. Frecuencia Mediante Puntos.**

**Diagrama de Líneas.**

El diagrama utiliza líneas en vez de rectángulos o barras horizontales en vez de verticales. Si se tienen datos cuantitativos se gráfica en el eje de las x los valores centrales (marcas de clase), cuyas alturas son proporcionales a sus frecuencias.

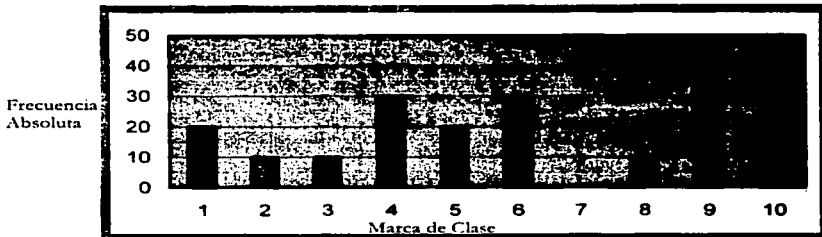


**Gráfica 2.1.2.2. Diagrama de Líneas.**



### Histograma de Frecuencias Absolutas.

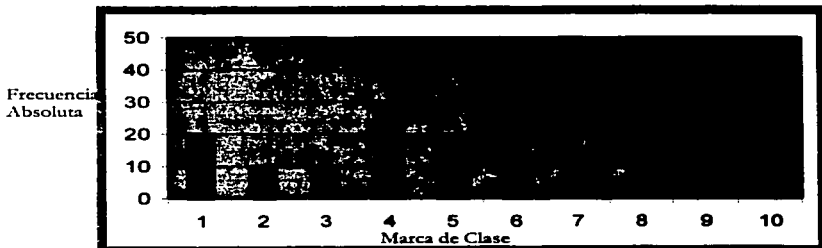
Este tipo de gráficas es la más usada dentro de la clasificación estadística, consiste en un conjunto de rectángulos (uno para cada clase), que tiene como base la amplitud del intervalo y como altura la frecuencia absoluta del intervalo correspondiente.



Gráfica 2.1.2.3. Histograma de Frecuencia Absoluta.

### Histograma de Frecuencia Relativas.

Consiste en un conjunto de rectángulos (uno para cada clase), que tiene como base la amplitud del intervalo y como altura la frecuencia relativa del intervalo correspondiente.



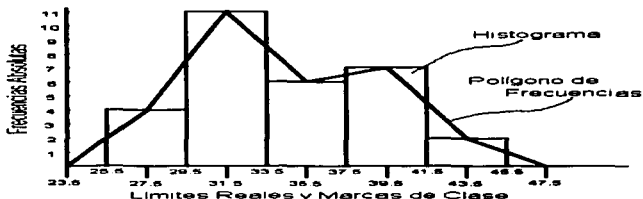
Gráfica 2.1.2.4. Histograma de Frecuencia Relativas.



**Polígono de Frecuencias, Absolutas o Relativas.**

Consiste en un conjunto de segmentos lineales que unen a los puntos medios en la parte superior de cada rectángulo del histograma de frecuencia correspondiente. Otra forma optativa de representar las distribuciones de frecuencia en forma gráfica es el polígono de frecuencia; en él las frecuencias de clase son graficadas sobre las marcas de clase, esto es, graficamos los puntos  $(x_i, f_i)$ , donde  $x_i$  es la marca de la clase de la  $i$ -ésima clase y  $f_i$  es la frecuencia correspondiente y los puntos sucesivos se unen por medio de una línea.

Si se unen los puntos medios de la base superior de los rectángulos se obtiene el polígono de frecuencias.

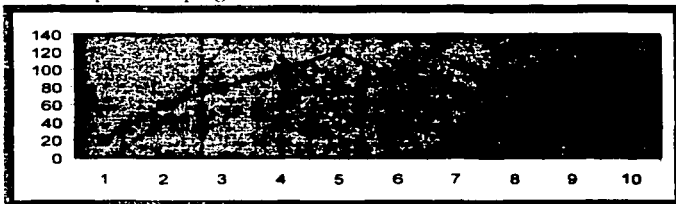


**Gráfica 2.1.2.5. Polígono de Frecuencias, Absolutas o Relativas.**

**Ojivas.**

Gráfica que muestra las frecuencias acumuladas o bien la frecuencias relativas acumuladas, también se conoce con el nombre de Polígono de Frecuencia Acumulada, Si se representan las frecuencias acumuladas de una tabla de datos agrupados se obtiene el histograma de frecuencias acumuladas o su correspondiente polígono.

Frecuencia Absoluta



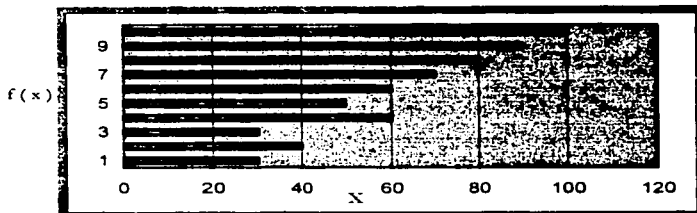
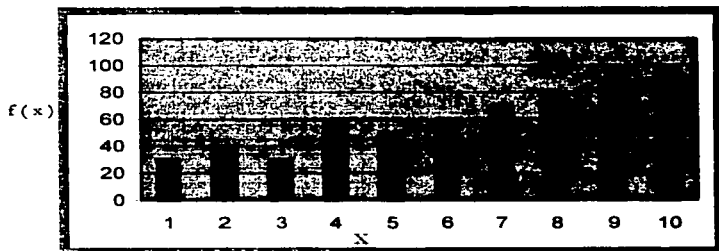
**Gráfica 2.1.2.6. Ojiva.**

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

**Gráficas de Entrada y Salida.**

Son una representación especial de las gráficas de barras, éstas pueden ser horizontales y verticales.

Se utilizan para presentar datos de naturaleza explicativa.

**Gráfica 2.1.2.7. Barra de Entrada****Gráfica 2.1.2.8. Barra de Salida****Diagrama de Sectores ("Pay" o "Pastel").**

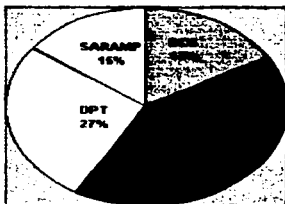
Los datos se clasifican en categorías cualitativas en vez de intervalos numéricos, se forma al dividir un círculo en sectores de manera que:

- Cada sector circular equivale al porcentaje correspondiente al dato o grupo que representa.



- b) La unión de los sectores circulares forma el círculo y la suma de sus porcentajes es 100.

En un diagrama de este tipo, los 360° de un círculo se reparten proporcionalmente a las frecuencias de los distintos valores de la variable. Resultan muy adecuados cuando hay pocos valores, o bien cuando el carácter que se estudia es cualitativo.



Gráfica 2.1.2.9. Diagrama de Sectores ("Pay" o "Pastel").

#### Diagrama de Barras.

En este tipo de gráfica, sobre los valores de las variables se levantan barras estrechas de longitudes proporcionales a las frecuencias correspondientes. Se utilizan rectángulos separados, que tienen como base a cada uno de los datos y como altura la frecuencia de ese dato para representar variables cuantitativas discretas.



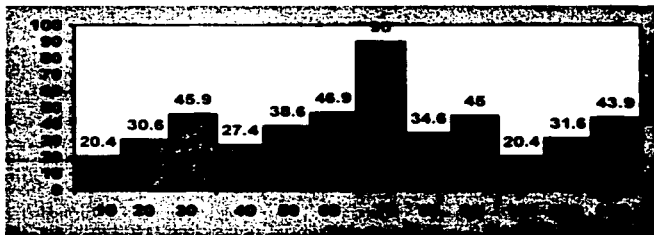
Gráfica 2.1.2.10. Diagrama Barras.



### Histograma.

La forma más común de presentar gráficamente una distribución de frecuencias es el histograma. Se utilizan para representar tablas de frecuencias con datos cuantitativos agrupados en intervalos, si los intervalos son todos iguales, cada uno de ellos es la base de un rectángulo cuya altura es proporcional a la frecuencia correspondiente

El histograma es una distribución de frecuencias se construyen con rectángulos adyacentes, las alturas de los rectángulos representan las frecuencias de clase y sus bases se extienden entre fronteras de clase sucesivas.



Gráfica 2.1.1.11. Histograma.

### 2.1.3. Medidas Descriptivas.

Las Medidas Descriptivas se dividen en Medidas Descriptivas Tendencia Central y Dispersión.

#### MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL.

Los parámetros estadísticos correspondientes a distribuciones con una variable se pueden clasificar del siguiente modo: medidas de centralización, medidas de dispersión y medidas de posición.

Una de las características más sobresalientes de la distribución de datos es su tendencia a acumularse hacia el centro de la misma. Esta característica se denomina Tendencia central.

Las medidas de tendencia central más usuales son:

- media aritmética ( $\bar{x}$ ), el valor medio.
- mediana, el valor central.
- moda, el valor más frecuente.





Las medidas de centralización o de tendencia central son parámetros estadísticos alrededor de los cuales se distribuyen los datos de la distribución y se toman como el centro de la misma o son un valores típicos o representativos de un conjunto de datos, como tales valores suelen situarse al centro de las medidas, los promedios se conocen como medidas de tendencia central.

Las medidas de centralización, son parámetros estadísticos que marcan bajo distintos criterios, los valores en torno a los cuales se disponen los datos de una distribución. También se llaman medidas de tendencia central, pues entorno a ellas se disponen los elementos de las distribuciones. Las más importantes son la media, la mediana y la moda.

La **Media Aritmética**, o también conocida como media, es el valor esperado del conjunto de medidas observadas en el estudio. Se define como:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

desde  $X_i = 0$  a  $n$ ,  $n$  = números de datos. Considere ahora que se tienen más lecturas de una observación y que en ocasiones hay datos que se repiten, esto debido a la casualidad; para ello se emplea la siguiente expresión:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

desde  $X_i = 0$  a  $n$ ,  $n$  = números de datos. Media, número calculado mediante ciertas operaciones a partir de los elementos de un conjunto de números,  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , y que sirve para representar a éste. Hay distintos tipos de medias: media aritmética, media geométrica y media armónica.

**Media Aritmética** es el resultado de sumar todos los elementos del conjunto y dividir por el número de ellos.

**Media Geométrica** es el resultado de multiplicar todos los elementos y extraer la raíz  $n$ -ésima del producto.

**Media Armónica** es el inverso de la media aritmética de los inversos de los números que intervienen.

Cuando la distribución viene dada por una tabla de frecuencias, la moda es muy fácil de ver. Es el valor  $x_i$  de la variable al que corresponde mayor frecuencia.



La **Mediana** es el punto central de una serie de datos, para datos agrupados la mediana viene dada por:

$$\text{Mediana} = Li + \frac{(N/2 - \sum f_i) c}{f_m}$$

La **Moda** es aquel valor de mayor frecuencia, la moda puede ser no única e inclusive no existir.

Para distribuciones de frecuencia la moda viene dada por:

$$\text{Moda} = Li + \left( \frac{\Delta_1}{\Delta_1 + \Delta_2} \right) c$$

Existe otro tipo de medidas que indican la tendencia de los datos respecto al valor central que son las medidas de dispersión y las cuales son:

- a) Rango, amplitud o recorrido (R)
- b) Desviación estándar (S, muestral; s, poblacional).
- c) Varianza (S<sup>2</sup>, s<sup>2</sup>)
- d) Desviación media (DM).
- e) Coeficiente de Variación (C. V.)

Las **medidas de dispersión** son parámetros estadísticos que indican cuanto se alejan del centro los valores de la distribución. Las más importantes son la desviación típica y la varianza.

Las **medidas de posición** sirven para indicar la proporción de individuos de la distribución que hay antes y después de un determinado valor. Las más importantes son los cuartiles y los percentiles o centiles.

**Parámetro estadístico**, es un número que se obtiene a partir de los datos de una distribución estadística y que sirve para sintetizar alguna característica relevante de la misma. Conociendo los valores de algunos parámetros, aunque se desconozcan los datos de la distribución, se adquiere una idea suficientemente clara de ella. Ciertos parámetros estadísticos indican si la distribución es más o menos asimétrica y más o menos picuda o aplastada.

Existen también parámetros estadísticos correspondientes a distribuciones bidimensionales, es decir, con dos variables que sirven para indicar la relación entre las variables: la covarianza, el coeficiente de correlación y el coeficiente de regresión.



**Rango.**

Es la diferencia entre el dato mayor y el dato menor.

$$R = X \text{ máx.} - X \text{ mín.}$$

**Desviación Estándar.**

La desviación estándar o desviación tipo se define como la raíz cuadrada positiva de la varianza de los cuadrados de las desviaciones de los valores de la variable respecto a su media.

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N}} \quad \text{datos no agrupados}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum f(X - \bar{X})^2}{N}} \quad \text{datos agrupados}$$

**Varianza.**

Varianza o variancia esta definido como el promedio del cuadrado de las distancias entre cada observación y la media del conjunto de observaciones.

$$\text{Var}(x) = s^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{(n - 1)}$$

ó

$$s^2 = \frac{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{n(n-1)}$$

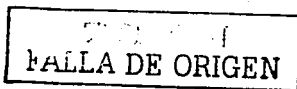
**Desviación Media.**

Desviación Media o Desviación Promedio, es la cantidad alejada de la media, hacia la derecha y hacia la izquierda de ésta.

$$D.M = \frac{\sum |x - \bar{x}|}{N}$$

desde i = 1, hasta n datos.

$|x - \bar{x}|$  = Valor absoluto de las desviaciones de los X valores, respecto de la media.





Y para datos agrupados se tiene:

$$D.M = \frac{\sum f|x - \bar{X}|}{N}$$

### Desviación Típica.

La desviación típica, que se representa normalmente por el símbolo  $\sigma$  (sigma). Muchas calculadoras de bolsillo poseen procedimientos para calcularla directamente, una vez que se han introducido las series de números.

Desviación típica en estadística, es una de las medidas de dispersión. Representa el alejamiento de una serie de números de su valor medio. Se calcula a partir de todas las desviaciones individuales con respecto a la media.

### Coefficiente de Variación.

Es la relación que existe entre la S y la X, expresada en términos de porcentaje y se expresa:

$$C.V. = \frac{S}{X} (100)$$

### Deciles.

Los valores que dividen en diez partes iguales al conjunto de observaciones se denomina deciles, y se pueden obtener de la misma manera que los cuartiles sólo que dependiendo de los datos varía éste.

### Cuartiles.

Si los elementos de una distribución ordenados de menor a mayor se dividen en cuatro porciones iguales (cada una con la cuarta parte de los individuos), los puntos que separan las distintas porciones se llaman cuartiles. El cuartil inferior, Q1 o primer cuartil, es un número que supera la cuarta parte de los datos y es superado por las tres cuartas partes de ellos. El cuartil superior, Q3 o tercer cuartil, supera a las tres cuartas partes de los datos y es superado por la cuarta parte. El segundo cuartil es la mediana.

Cuartiles en estadística, con medidas de posición que junto con la mediana, sirven para separar la población en cuatro porciones, cada una de ellas con la cuarta parte de los individuos.

La diferencia entre los cuartiles superior e inferior es el recorrido intercuartílico.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



**Percentiles.**

Se llama percentil  $a$  (o centil  $a$ ) al número que supera al  $a\%$  de los valores. Los valores que se obtienen de dividir en 100 partes iguales a la colección de datos se denominan percentil, es un parámetro que indica el porcentaje de individuos de una distribución que tienen un valor inferior a él. Es una medida de posición. Los percentiles también se llaman centiles.

**2.1.4. Distribuciones.**

**Distribución Exponencial.**

La función de distribución acumulativa de la distribución exponencial está dada por:

$$y = 1 - e^{-\dots t}$$

que se puede invertir para dar:

$$\dots t = \log (1 - y)$$

en que el logaritmo es un logaritmo natural. Sustituyendo "  $y$  ", una serie de números aleatorios distribuidos uniformemente entre 0 y 1 da como salida una serie de números aleatorios distribuidos exponencialmente. Si los números "  $y$  " están distribuidos uniformemente, también lo están los números  $1 - " y "$ , de manera que es posible utilizar la fórmula más simple:

$$t = \frac{- \log (y)}{\dots} = T_a \log (y)$$

Se notará que la distribución exponencial está completamente caracterizada por un parámetro, su valor medio  $T_a$ , que aparece como multiplicador en la fórmula para generar números aleatorios distribuidos exponencialmente. Los números con cualquier media se puede obtener de un generador de valor medio 1 multiplicando su salida por la media requerida. Esta es una propiedad específica de la distribución exponencial y no se puede aplicar en forma general a otras distribuciones.

La apariencia de esta fórmula para calcular números distribuidos exponencialmente engaña por su simpleza. El número de declaraciones de programación es pequeño, pero al tiempo para ejecutarlas puede ser relativamente largo. La función de logaritmo puede requerir un número grande de ejecuciones de instrucciones, debido a que se determina a partir de una serie que converge lentamente. Una simulación puede necesitar miles o incluso cientos de miles de números aleatorios para completarse, de manera que es importante mantener lo más pequeño posible el tiempo requerido para evaluar un número. Como resultado de ello se han diseñado muchos métodos para reducir el tiempo sustituyendo, total o parcialmente.

Las condiciones para su uso es la obtención de la distribución de  $X$  depende de la hipótesis de que el número de fallas sigue un proceso de Poisson; el número de fallas depende de la longitud del intervalo y no de la posición.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Modelo matemático:

$$f(x; \dots) = \dots (e^{-x})^2$$

$$E(x) = 1 / \dots ;$$

$$\text{var}(x) = 1 / \dots^2$$

### Distribución Normal.

Las condiciones para su uso, en esta distribución pueden obtenerse al considerar el modelo básico de una variable aleatoria binomial cuando el número de ensayos se vuelve grande. También se le conoce como distribución gaussiana. Se emplea como distribución base para el muestreo, ya que las medidas y proporciones de muestra tienden a distribuirse normalmente.

Esta distribución tiene una forma de campana (por ello se llama campana de gauss) y es simétrica con respecto de su media. El área bajo la curva representa el 100% de la probabilidad, así la probabilidad de que una variable tenga un valor entre dos puntos es igual al área bajo la curva entre estos dos puntos.

Modelo matemático:

$$f(x; \mu, \sigma) = (1 / \sqrt{2\pi}\sigma) e^{-(x-\mu)^2 / 2\sigma^2}$$

$$E(X) = \mu ;$$

$$\text{var}(X) = \sigma^2$$

Una variable aleatoria normal con  $\mu = 0$  y  $\sigma^2 = 1$ , recibe el nombre de distribución aleatoria normal estándar y se denota como  $Z$ ; donde  $z = (X - \mu) / \sigma$

### Distribución Uniforme.

Las condiciones son: que las variables asumen valores sobre la escala entre dos puntos. Todos los valores comprendidos en la escala tienen la misma probabilidad de ocurrencia.

Modelo matemático:

$$F(x; a, b, c, d) = d - c / b - a ;$$

$$E(X) = (a+b) / 2 ;$$

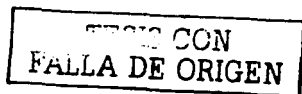
$$\text{var}(x) = (b-a)^2 / 12$$

a--- valor mínimo de la población

b--- valor máximo de la población

c--- valor mínimo de la muestra

d--- valor máximo de la muestra





### Diagrama de Pareto.

Este diagrama describe gráficamente la ley empírica de Pareto que dice que cualquier conjunto de eventos consistentes de unos pocos elementos principales y muchos secundarios.

Para construir un diagrama de Pareto se llevan a cabo los siguientes pasos:

1. Definir que métodos se empleara para clasificar los datos: Por problema, Causa o por Tipo de defecto.
2. Definir si para clasificar la graduación de las características se va a emplear el costo expresado de unidad monetaria o en frecuencia.
3. Reunir los datos correspondientes a un periodo determinado.
4. Resumir los datos y disponer las categorías de mayor a menor.
5. Calcular el porcentaje acumulado.
6. Construir el diagrama colocando en los 2 ejes la información obtenida.

### 2.2 Modelos de Simulación de Sistemas.

La Simulación es una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital, los cuales requieren ciertos tipos de modelos lógicos y matemáticos, que describen el comportamiento de un negocio o un sistema económico en periodos extensos de tipo real.

Las principales características de un Modelo de Simulación son:

- a) Implica un proceso de abstracción para que, de la realidad compleja se deduzca un sistema el cual pueda ser operativo al conformar un modelo de éste.
- b) Puede ser Físico, Iconográfico, Analógico, Verbal, etc. Cabe aclarar que se pondrá especial énfasis en los modelos matemáticos por ser lo, de mayor aplicación.
- c) Es comprensible que de acuerdo a las características propias del problema, se pueden presentar diferentes categorías o tipos de modelos, las cuales no son mutuamente excluyentes.
- d) Los objetivos de la simulación pueden restringirse a uno solo o a varios y su diseño debe ser acorde a éstos.
- e) La simulación implica además, un proceso de implementación y operación en computadora o bien manual con fines didácticos. Para esto se ha diseñado varios lenguajes que simplifican enormemente esta tarea.
- f) La simulación no es sinónimo de optimización, esto quiere decir, que no se obtendrán este tipo de soluciones necesariamente y que de hecho en la mayoría de los casos, sólo debe esperarse la obtención de criterios que permitan tomar decisiones dentro de un límite aceptable.



### Modelos.

Para la simulación de los problemas más simples y aún los más complejos es necesario centrarse en sólo una porción en algunas características esenciales y en todos los detalles que se presentan en la realidad. Esta aproximación o abstracción se llama generalmente modelo.

Los modelos no deben representar todos los aspectos de la realidad, en si un modelo debe ser una versión simplificada de la realidad que contenga todos los elementos y que permita conocer, analizar experimentalmente y concluir acerca de ésta.

Un Modelo debe ser tan simple que sea ventajoso trabajar con él y no directamente sobre el mundo real, y que por otra parte las conclusiones que se puedan extraer de su operación sean tan confiables como las derivadas de una experimentación directa.

### Clasificación.

La clasificación de los modelos puede realizarse respecto a ciertas características implícitas de ellos, así se consideran que de acuerdo a:

Su función puede dividirse en:

- a) Descriptivos: Son aquellos que sólo proporcionan información acerca del estado de las cosas, es decir, sólo una "imagen".
- b) Predictivos: Estos están diseñados para poder explicar y prever el comportamiento de las variables, en función a variaciones de las condiciones iniciales.
- c) Normativos: Sólo proporcionan información acerca de la "acción" recomendable ante una situación dada.

Atendiendo a su estructura puede ser:

- a) Icónicos: Los modelos conservan algunas de las características físicas de lo que representan.
- b) Analógicos: Los elementos ó procesos de un sistema son "sustituídos" por los elementos de otro sistema.
- c) Simbólicos: Se basan en el lenguaje simbólico (símbolos), para describir una característica inherente a un sistema.

Respecto al tiempo éstos son:

- a) Estáticos: Los modelos estáticos no están capacitados para explicar cambios ocurridos a través del tiempo.
- b) Dinámicos: Éstos están en posibilidad de explicar el comportamiento de las variables a través del tiempo.

En función a la incertidumbre:

- a) Deterministas: Este tipo de modelos, generan información de salida en forma única, en respuesta de una serie específica de valores de entrada.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN





- b) Probabilísticos: Los modelos probabilísticos comprenden distribuciones de probabilidad como información de entrada y proporcionan como producto una gama de valores con una probabilidad asociada a cada una. Este modelo ayuda a tomar decisiones bajo riesgo.

La clasificación anterior no es necesariamente la más completa ni la única posible, sin embargo, para los fines que se persiguen se considera adecuada. Finalmente, debe mencionarse que un modelo dado puede participar de una o varias categorías, así podemos pensar en modelos cuyas características sean simbólico, dinámico y probabilístico, o bien: icónico, estático y determinista.

### 2.3 Metodología de Simulación.

Se puede decir que la Simulación es la operación del modelo, que se realiza con el fin de obtener información sobre el comportamiento del sistema, bajo las condiciones exteriores que se espera encuentre el prototipo. Además ha mostrado la importancia que tiene la probabilidad y estadística en la simulación.

Las acciones exteriores o variables exógenas a que esta sometido un sistema, que deben de simularse en la operación del modelo, en general no se conocen como funciones del tiempo. Solamente se conocen ciertas propiedades estadísticas de esas acciones.

Una vez definido el concepto de simulación, sistema y modelo, brevemente se describirán las fases de la simulación. Esencialmente la metodología incluye las siguientes etapas:

#### Definición y Formulación del Problema.

Parece razonable que al igual que otras formas de investigación, la etapa inicial sea la definición y formulación del problema o la definición exacta de los objetivos del experimento. En forma general se debe especificar la información que se pretende obtener, las hipótesis que se van a probar o los efectos con los cuales se va a experimentar.

La determinación específica de estos aspectos permitirá no perder de vista el objeto de la investigación y establecer los alcances de ésta.

#### Conceptualización del Sistema.

Una vez definida y aclarada la problemática, debe considerarse como una segunda etapa un proceso de abstracción de la realidad para conceptualizar la porción de ésta, como un sistema. Esto permitirá comprender cabalmente los procesos o mecanismos básicos de funcionamiento.



### Formulación de un Modelo Matemático.

Ya definidos los objetivos experimentales y teniendo el conocimiento del sistema, la siguiente etapa es la formulación de un modelo matemático, que relacione las variables endógenas del sistema con las exógenas. Se supone que las variables exógenas se determinan mediante las fuerzas externas al sistema y pueden ser del tipo aleatorio o expresarse en forma de tendencias de tiempo.

Una de las primeras dificultades que se presentan en la construcción de un modelo, es la selección de las variables que se deben incluir en él. Sin embargo, esta dificultad puede ser mínima si se ha llevado a cabo la etapa anterior.

Otra consideración importante es la complejidad del modelo, como antes se mencionó, debe buscarse un balance entre la simplicidad y el poder explicativo del modelo, sin efectuar su validez.

### Estimación de Parámetros.

Posterior a la formulación del modelo matemático que describe al sistema, es necesario estimar los valores de los parámetros de dicho modelo y comprobar la importancia estadística de las estimaciones. Para ello se tomará como base las observaciones extraídas de la realidad.

### Evaluación del Modelo.

Se hace necesario realizar una evaluación del modelo, es decir, ponerlo a prueba. Lo anterior es fundamental considerando que poco o nada se ganará utilizando un modelo inadecuado para la simulación del sistema. Un nivel de referencia para esta evaluación es realizar un cálculo manual y comprobar los resultados con los valores teóricos de las variables endógenas del modelo, con los valores históricos o reales de dichas variables. Si el modelo no pasa satisfactoriamente esta evaluación, lo más conveniente es retomar el proceso desde su primera etapa.

### Formulación del Programa de Computadora.

La formulación de un programa de computadora para experimentos de simulación, requiere esencialmente de 3 aspectos:

1. El programa de computadora.
2. Información de entrada y condiciones iniciales.
3. La generación de datos.

El primer paso, comprende la realización de un diagrama de flujo que describa la secuencia lógica de los sucesos que se van a desarrollar.

Además, existen dos posibilidades: Se puede escribir el programa en un lenguaje general como FORTRAN, ALGOL, PL/1 o bien, se puede emplear un lenguaje especial para fines de simulación como GPSS/360, SIMSCRIPTII, DYNAMO o SIMULATE.



Otro aspecto importante, es la cuestión de los datos de entrada y las condiciones iniciales. Aquí es necesaria la determinación de los valores que se van a asignar a las variables y parámetros del modelo en el momento del inicio, para lo cual es necesario recurrir a métodos de ensayo y error y obtener resultados sin riesgo.

Finalmente, el problema que se ha de resolver se refiere al desarrollo de técnicas numéricas para la generación de datos, estos pueden introducirse desde fuentes externas, o bien, producirse internamente por medio de subrutinas.

#### **Validación.**

La validación de modelos de simulación implica complejidades prácticas teóricas, estadísticas e incluso filosóficas. Sin embargo, existen dos pruebas que parecen ser apropiadas para realizar la validación.

Primero; comparar los valores simulados de las variables endógenas o de salida y los datos históricos conocidos, si es que éstos existen.

Segundo; determinar la exactitud que tienen las predicciones del modelo de simulación respecto al comportamiento del sistema real en otros periodos.

#### **Diseño Experimental.**

Cuando se realiza una investigación sobre el efecto de un factor en una respuesta, se encuentra esencialmente con cuatro problemas de diseño experimental:

1. De convergencia estadística.
2. Del tamaño.
3. Del motivo.
4. Respuesta múltiple.

El primero se refiere a lo siguiente, la mayoría de los experimentos de simulación tiene por objeto producir información sobre valores promedio de variables poblacionales los cuales se calculan por medio de varias corridas que están sujetas a fluctuaciones aleatorias y que no serán exactamente equivalentes a los promedios de la población no obstante, mientras más grande sea la muestra, mayor será la probabilidad de que los valores se aproximen a los reales. La convergencia de los promedios muestrales para magnitudes crecientes de la muestra se conoce como convergencia estocástica.

Sin embargo, existen técnicas que pueden auxiliar en la reducción del error y que son apropiadas para experimentos de simulación; estas son conocidas como técnicas Monte Carlo o de reducción de varianza. Las cuatro más conocidas son el muestreo de precisión, muestreo antitético, muestreo estratificado y muestreo de importancia.

El segundo problema, es el tamaño o exceso de factores.



El problema del motivo es el tercer punto que el experimentador debe considerar. El investigador debe especificar sus objetivos con tanta precisión como le sea posible y con ello facilitar la elección del diseño experimental. Hay dos tipos de objetivos experimentales que son:

1. El experimentador desea encontrar la combinación de niveles de factores que minimice o maximice las variables de respuesta con el fin de optimizar algún proceso.
2. El experimentador desea realizar una investigación general de las relaciones que existen entre las respuestas y los factores, a fin de determinar los mecanismos subyacentes que gobiernan el proceso en estudio.

En el primer caso, se han generado dos métodos: El muestreo aleatorio y el muestreo sistemático, este último incluye:

1. Al de rejilla uniforme o factorial.
2. Al de un solo factor.
3. El análisis marginal.
4. El de ascenso rápido.

Para el segundo caso, es difícil identificar el mejor diseño experimental, sin embargo, se puede establecer un principio como guía: Cuando el objetivo es ampliar los conocimientos y comprensión generales, es importante dar una atención cuidadosa y precisa al estado de los conocimientos y preguntas e incertidumbres que se desean resolver mediante los datos experimentales.

Finalmente, el problema de respuestas múltiples, se origina cuando se desean observar muchas variables distintas de respuesta en un experimento dado. Este se puede evitar tratando un experimento con muchas respuestas, como si fueran muchos experimentos con una sola respuesta; también se pueden combinar varias respuestas y tratarse como una sola, sin embargo, no siempre puede evitarse este problema para el cual las técnicas de diseño experimental son prácticamente inexistentes.

### **Análisis de Datos.**

Una vez obtenidos los datos de la simulación, éstos se deben analizar por alguno de los dos métodos siguientes:

1. Análisis de la varianza.
2. Análisis de regresión.

El primero, abarca un conjunto de técnicas para el análisis de los datos como:

1. Prueba F.
2. Las comparaciones múltiples.
3. Análisis espectral.
4. Muestreo secuencial.
5. Comparación y Ordenamiento múltiples.
6. Métodos no paramétricos.



### Ventajas y Desventajas.

La técnica de simulación de sistemas se ha extendido rápidamente en los últimos años a las diferentes áreas. Sin embargo, debe aclararse que aunque existen varias razones para su utilización, ésta no siempre es la mejor alternativa. El investigador, debe en principio de acuerdo a sus objetivos, ponderar la conveniencia o desventajas de hechar mano de esta herramienta. Si el contexto del problema es el adecuado para la aplicación de técnicas distintas, deben éstas considerarse como prioritarias.

Analizado las posibles ventajas de su utilización, algunas de las razones que más se han mencionado son:

- a) La simulación permite estudiar o experimentar con sistemas, cuyo grado de complejidad es muy variado.
- b) Es posible utilizar la simulación para comprobar o verificar las soluciones analíticas.
- c) En instituciones de enseñanza, la simulación es un valioso auxiliar pedagógico que permite que los estudiantes ejerciten y desarrollen habilidades básicas de análisis y toma de decisiones.
- d) La simulación permite visualizar, en los sistemas, los efectos inducidos por alteraciones estructurales o funcionales, sin afectar al sistema real.
- e) La aplicación de esta técnica y el análisis cuidadoso de los resultados, permite normar criterios para la toma de decisiones, así como instrumentar acciones específicas permitiendo evaluarlas en periodos cortos o largos de tiempo.
- f) La simulación es un auxiliar muy valioso para el proceso de planeación de cualquier organización.

Por otra parte, también pueden mencionarse algunas desventajas de la simulación:

- a) Generalmente, para su uso se requieren más recursos económicos y tiempo.
- b) No existe una certeza absoluta sobre los resultados obtenidos.
- c) El desconocimiento de la técnica, hace difícil que se acepten los resultados y conclusiones por los niveles directivos de las organizaciones.
- d) Es necesario dar un "mantenimiento" continuo al modelo, para que no se vuelva obsoleto ante un medio ambiente muy dinámico o poco estable.
- e) Una deficiente aplicación de la técnica puede ser más perjudicial que benéfica.

### 2.4 Generación de Números Aleatorios.

Para llevar a cabo un experimento de simulación, existe la necesidad de generar valores de variables aleatorias las cuales se derivan de alguna de las distribuciones de probabilidad involucradas en dicho experimento. Sin embargo, es conveniente señalar que el proceso de generación de variables aleatorias no uniformes se hace a partir de la generación de números aleatorios con distribución uniforme.



### **Métodos para Obtener Números Aleatorios.**

Existen varias formas por medio de las cuales se pueden generar números aleatorios. A continuación se mencionan algunas de las más conocidas y utilizadas.

#### **Métodos Manuales o Físicos.**

Estos métodos fueron los primeros en desarrollarse y utilizarse. Desde el punto de vista pedagógico son posiblemente los más adecuados para mostrar el proceso de generación. La manera más sencilla y la primera en que se piensa cuando se trata de generar números aleatorios, es mediante el empleo de algún dispositivo mecánico.

Todo el proceso anterior conforma un generador de números aleatorios. Como puede verse fácilmente, esta forma es bastante lenta si se considera que para un experimento de simulación puede llegarse a utilizar varios miles de números aleatorios, por otra parte es prácticamente imposible la reproducción de una serie dada de números, lo cual es deseable para la investigación por medio de la simulación.

#### **Tablas de Números Aleatorios.**

Existe un gran número de publicaciones de tablas de números aleatorios. En general, siempre que se utilizan computadoras digitales para la realización de simulaciones, no es conveniente utilizar tablas de números aleatorios, ya que se requiere para almacenarlas una gran capacidad de memoria. Los métodos de generación que se presentan más adelante son casi tan rápidos como las tablas y prácticamente no utilizan memoria.

La corporación RAND ha publicado textos que contienen tablas hasta de un millón de números aleatorios, esto evita que se realice todo el proceso que anteriormente fue descrito. Una de las ventajas adicionales que se obtiene es el hecho de que siempre es reproducible una secuencia dada, sin embargo, sigue siendo un método lento para la obtención de números. Y de hecho se puede objetar que se utilice siempre la misma secuencia para solucionar diferentes problemas.

#### **Métodos de Computación Analógicas.**

Estos métodos son en esencia similares a los métodos manuales. Por lo tanto, tiene como éstos las desventajas de que no se pueden reproducir secuencias cuando es necesario. Uno de los métodos utilizados para generar números con una computadora analógica, consisten integrar un ruido durante un cierto periodo de tiempo y considerar el valor de la integral como número aleatorio.

Como su nombre lo indica se hace uso de una computadora analógica para la generación de números aleatorios. Los métodos de computación analógica dependen de ciertos procesos físicos aleatorios (como puede ser el comportamiento de una corriente eléctrica) y se considera que conducen a verdaderos números aleatorios. Estos métodos son mucho más rápidos, sin embargo, las sucesiones no son reproducibles.



**Métodos de Computación Digital.**

Estos métodos son lo más comúnmente utilizados en la simulación. En particular se verán aquellos métodos de computación digital en los que las secuencias de números se generan mediante relaciones de recurrencia. En la que se permite obtener cualquier número de una sucesión a partir del número anterior.

Los números aleatorios también pueden ser generados en la computadora digital; de manera similar a la utilizada para generar números aleatorios en la computadora analógica y tienen cuando se generan de esta manera, las mismas ventajas y desventajas.

Se han sugerido tres métodos para generar números aleatorios en computadoras digitales:

- 1) La provisión externa,
- 2) La generación interna a partir de un proceso físico al azar
- 3) La generación interna de sucesiones de dígitos por medio de una relación de recurrencia.

**Propiedades de los Números Aleatorios.**

Como anteriormente se mencionó, la generación de variables aleatorias con distribuciones diferentes a la uniforme, será a partir de números aleatorios también llamados números rectangulares.

Debido a ello, es importante puntualizar ahora, algunos conceptos sobre la distribución uniforme. La función de densidad para el caso continuo se define como:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a} & , \quad a \leq x \leq b \\ 0 & , \quad \text{en caso contrario} \end{cases}$$

Aquí la variable aleatoria  $x$  sólo queda definida sobre el intervalo  $(a, b)$ . Aunque se puede utilizar cualquier pareja de valores de  $a$  y  $b$ , sólo se considera de interés la generación de valores de variables sobre el intervalo  $(0,1)$ .

Ahora bien, si se considera el intervalo  $(0,1)$ , la función de densidad uniforme se define como:

$$f_x(x) = \begin{cases} 1 & , \quad \text{si } 0 < x < 1 \\ 0 & , \quad \text{si } 0 > x > 1 \end{cases}$$

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN



Por lo tanto, la distribución acumulada se puede obtener como:

$$F(x) = \int_0^x dt = x$$

El valor esperado o medio de esta distribución es:

$$E(x) = \int_0^1 x dx = 1/2$$

Finalmente, la varianza de una variable aleatoriamente distribuida esta dada por la siguiente expresión:

$$VRR(x) = \int_0^1 (x - 1/2)^2 dx = 1/12$$

Además, para cualquier muestra dada, el segundo momento o la suma promedio de los cuadrados es de  $1/3$  y el tercer momento o la suma promedio de los cubos es de  $1/4$ .

La propiedad de uniformidad en los números aleatorios es importante puesto que con ello se asegura que tenga la misma probabilidad de ocurrencia cualquiera de los valores generados. Es decir, si se divide el intervalo en  $n$  clases o subintervalos, el  $i$ -ésimo subintervalo debería contener  $T/n$  observaciones, siendo  $T$  en número total de observaciones hechas.

Los números aleatorios a partir de una distribución uniforme, además de poseer la propiedad de que la probabilidad de observar un valor en un intervalo dado permanece constante, puede considerarse que son estadísticamente independientes, es decir, que la probabilidad de que salga cualquier número dado es exactamente la misma para cada uno de los diferentes números e independiente del registrado en observaciones previas o del tiempo.

Finalmente, las propiedades mencionadas antes sobre las variables aleatorias de una distribución uniforme deben ser validas, sea cual sea el tamaño de la muestra.

### Técnicas para la Generación de Números Aleatorios.

Antes de analizar los métodos para generar números aleatorios, examinemos las propiedades convenientes que debe poseer un generador de números aleatorios. Supóngase que ya se cuenta con un programa de computadora generador de números aleatorios aceptables para nuestra aplicación, es decir, que estén uniformemente distribuidos y que sean estadísticamente independientes. Cabe preguntarse que cualidades adicionales debe tener este programa.

- En primer lugar, debe ser rápido generar un número en el menor tiempo posible. Esto es importante en función de que el tiempo de computadora suele ser costoso.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN





- El programa debe ser breve. Esto quiere decir que no debe requerir de grandes cantidades de almacenamiento en núcleos magnéticos, puesto que ello representa también por lo general un alto costo en los sistemas de cómputo.
- No debe reciclar las sucesiones de números aleatorios, esto quiere decir que no es deseable que después de cierta cantidad de números generados reaparezca la misma secuencia de números. Cabe aclarar que no necesariamente se reciclará comenzando por el primer número generado, sino que puede comenzar a reproducir la serie a partir de cualquiera de ellos.
- Debe ser capaz de reproducir las mismas series de números o bien otras claramente distintas cuantas veces se desee.
- Finalmente, el generador debe ser de naturaleza no degenerativa, o sea, no debe llegar a un punto en el que continuamente se genera un mismo número.

Antes de proceder a describir las técnicas más conocidas, se debe señalar que en general todas ellas son determinísticas pues generan números aleatorios mediante una técnica repetitiva o una relación de congruencia expresada por alguna ecuación, por esto algunos de los números generados no son completamente aleatorios o mejor dicho, no son verdaderamente aleatorios, denominándolos números pseudoaleatorios.

#### Técnica del Cuadrado Medio.

Hacia 1946, Von Neuman y Metropolis propusieron el primer método para la generación de números pseudoaleatorios conocida como técnica del cuadrado medio. En términos generales ésta consiste en los siguientes pasos:

- Seleccione un valor inicial o "semilla" ( $X_0$ ).
- Elévese al cuadrado el valor inicial.
- Tómense los  $n$  dígitos centrales del cuadrado del número anterior.
- Repítase el proceso cuantas veces sea necesario.

#### Técnica del Producto Medio.

Otra técnica muy similar a la anterior, es la denominada del Producto Medio, y matemáticamente se puede expresar como:

$$X_{n+1} = (X_n)^2 \quad (X_{n-1}) \quad \text{k dígitos centrales.} \\ \text{(k = 2,3,4, ...)}$$

Y consta de los siguientes pasos:

- Seleccione dos números aleatorios o semillas  $X_n$  y  $X_{n-1}$ , cada uno con  $P$  dígitos.
- Multiplique  $X_n$  por  $X_{n-1}$  y.



- Del producto seleccione a los  $P$  dígitos centrales e iguale a  $X_{n+1}$ .
- Repítase sucesivamente el proceso cuantas veces sea necesario.

Este método por lo general tiene periodos más largos y los números que produce parecen estar distribuidos más uniformemente.

Una modificación a este método consiste en emplear un multiplicador constante ( $R$ ), o sea:

$$X_{n+1} = R \times X_n$$

*K Dígitos centrales.*

### Métodos de Congruencia Mixto.

En 1949, Lehmer propuso los métodos de congruencia basados en la relación:

$$X_{n+1} = aX_n + c \pmod{m}, \quad 0 < X_n < m$$

En donde:

- $X_n$  = Es el valor inicial o semilla ( $X_n < m$ )
- $a$  = Constante multiplicativa ( $a > 0$ )
- $c$  = Constante aditiva ( $c > 0$ )
- $m$  = Módulo ( $m > X_n, m > a, m > c$ )

La relación anterior implica que a la suma de  $aX_n + c$  se le debe dividir entre  $m$  y que  $X_{n+1}$  es igual al residuo.

Para evitar este tipo de problema o bien que se degenera la secuencia de números aleatorios deben considerarse los siguientes criterios.

- Para la selección de ( $m$ ) en una computadora que trabaje con el sistema binario, es conveniente utilizar la relación:

$$m = 2^b$$

Donde  $b$  es igual al número de bits de una palabra binaria de la computadora que se utiliza.

- Para la selección de la constante multiplicativa ( $a$ ), deben considerarse como únicos valores elegibles.
- En cuanto a la selección de la constante aditiva  $c$ , se elegirá cualquiera de las secuencia.
- Asimismo, en lo que se refiere a la selección de la semilla  $X_n$ , este puede ser cualquier valor, puesto que este sólo influirá en la posición en que se iniciará La secuencia de números aleatorios.



- Finalmente, sólo cabe mencionar que no se deben transgredir las condiciones anteriormente señaladas de que:

$$m > a > 0$$

$$m > c > 0$$

$$m > X_n > 0$$

#### Método de Congruencia Aditivo.

Este método es un caso especial del congruencias mixto, en el cual se hace  $a=1$  y se reemplaza a  $c$  por algún número aleatorio anterior a  $X_n$  en la sucesión, por ejemplo  $X_{n-k}$  de tal manera que se requieren dos semillas para comenzar el cálculo, y está dado por la siguiente relación:

$$X_{n+1} = X_n + X_{n-1} \pmod{m}$$

Este es el único método que puede producir periodos mayores a  $(m)$ . De hecho se trata de una secuencia de Fibonacci cuando  $X_n=1$  y  $X_{n-1} = 1$ .

#### Método de Congruencia Multiplicativo.

El método multiplicativo de congruencia es otro caso especial, cuando  $c = 0$ , es decir.

$$X_i = a X_n \pmod{m}$$

Se ha demostrado que este método se comporta aceptablemente desde el punto de vista estadístico. Con este método el periodo máximo es  $m / a$  y para asegurar esta propiedad cuando se utilizan computadoras binarias se consideran los siguientes criterios en la selección de los parámetros.

- La elección de  $m$  debe hacerse mediante la relación  $m = 2^b$  ( $b > 2$ ).
- $X_n$  o sea el valor inicial o semilla deberá ser impar.
- En cuanto al valor de la constante aditiva su valor podrá ser de los que se calculen por medio de:

$$a = 8t - 3 \quad t = 1, 2, 3, \dots$$

Finalmente, debe mencionarse que siguen siendo validas las condiciones expresadas en el método mixto de que:

$$m > a > 0$$

$$m > X_n > 0$$



## 2.5 Método de Monte Carlo.

El método de Monte Carlo está basado en la Simulación numérica de variables aleatorias. Esta simulación, a su vez, se basa en muestreos de la distribución uniforme. Este nombre se ha dado últimamente en forma genérica a las técnicas de simulación que utilizan variables aleatorias. Estas técnicas se utilizan en disciplinas muy diversas entre las que se pueden contar: sistema de espera, sistemas de inventarios, sistemas de producción y sistemas económicos.

Para el caso del Modelo de Simulación se utiliza para realizar simulaciones de Modelos de Producción y Económicos. El método de Monte Carlo consiste en "Representar la solución analítica de un problema como un parámetro de una población dudosa, para luego estimar dicho parámetro a partir de una muestra de la población, constituida a base de una sucesión de números aleatorios".

En la mayoría de los casos dicho parámetro será el valor esperado de la distribución que describe la población y para estimarlo se podrá echar mano de las técnicas usuales en inferencia estadística. En este método se siguen estos pasos:

1. Formulación analítica del problema.
2. Diseño del proceso aleatorio adecuado.
3. Simulación del sistema para generar la muestra en la cual se va a basar la estimación.

Hablando del Modelo de Simulación, primeramente se genera una serie de números o variables aleatorias basadas en parámetros indicados por el usuario del sistema. Una vez generadas estas variables, se determina el resultado del problema en base a la realización de un número determinado de simulaciones, que el usuario indicará y en base a un modelo y tipo de distribución también seleccionada por el mismo.

De esta forma el sistema dará como resultado el comportamiento del yacimiento en cuanto a producción y recursos prospectivos a determinados años y posteriormente realizará un análisis financiero para observar que tan conveniente es la explotación o no del mismo.

Finalmente genera una serie de reportes de recursos de producción, económicos, etcétera, tanto de aceite, gas y condensado.

### Conclusión.

Uno de los progresos en teoría general es la investigación de operaciones, que se basa en la utilización de modelos matemáticos que representen razonablemente el problema a resolver; sin embargo no es posible resolver analíticamente, es entonces que el investigador de operaciones puede utilizar como herramienta alternativa la simulación, el método de Montecarlo está basado en la simulación numérica de variables aleatorias, esta a su vez se basa en muestreos de números aleatorios con dicha distribución. La técnica de simulación de sistemas es una herramienta para dar pauta al análisis y así continuar con el análisis del Sistema que es el siguiente capítulo.



# Capitulo III

## Analisis del Sistema.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

60



## CAPÍTULO III

### 3. ANÁLISIS DEL SISTEMA.

De esta manera nos permite identificar cada uno de los aspectos más importantes del sistema, así como lograr una implantación adecuada del mismo, se pueden crear más fácil y rápidamente los módulos que integran el sistema, ya sea de Datos Generales, Volumétrica, Perfil de Producción, Parámetros de Inversión, Inversión, Valor Presente Neto, Reportes para generación de informes etc., adaptándose perfectamente a las necesidades especificadas por el usuario.

Para realizar el análisis, diseño y desarrollo del Sistema se utilizó la Metodología de Proyectos, elaborada en el área de Salvaguarda de Información Petrolera, que se aplica a los proyectos realizados en dicha área debido a que es muy específica de acuerdo a lo estipulado por Petróleos Mexicanos.

En esta Metodología se define las actividades del personal que participa en el proyecto de acuerdo a cada fase, por ejemplo se debe contar con analistas, diseñadores programadores, etc., sin embargo dado las características y presupuesto del proyecto muchas veces no se puede cumplir con ello o no se cuenta con los recursos para hacerse de esta manera, viéndose en la necesidad de que una misma persona participe en todas las fases del proyecto.

En el análisis de sistemas, se realiza la recopilación de la información, definición de objetivos, especificaciones funcionales, identificación de requerimientos etc., los objetivos del análisis son descubrir, con ayuda de técnicas de reconocimiento de patrones y evaluación estadística de parámetros, las relaciones importantes entre las variables. El grupo de análisis de sistemas procede a ejecutar el paso de modelado del sistema cuando en el paso anterior se ha llegado a determinar relaciones importantes entre las variables del sistema.

También se debe considerar en la fase de Análisis que los sistemas puedan ser posteriormente modificados y mejorados por el programador. Se han establecido para el Análisis cuatros importantes fases de desarrollo para un sistema que se verán a continuación.

#### 3.1. Requerimientos del Software y Hardware.

El Software utilizado para el desarrollo del Sistema para determinar el comportamiento de un Yacimiento y definir la conveniencia de su Explotación es bastante accesible y comercial para los usuarios de Petróleos Mexicanos puesto que tiene acceso al mismo mediante licencias.

Microsoft Visual Basic versión 6.0, desarrollado para 32 bits, ha sido el soporte para desarrollar los módulos del sistema, porque es un software que permite manejar un ambiente gráfico y una programación por eventos lo cual facilita la interacción de los objetos en el ambiente del sistema. De igual manera ha sido utilizado para crear las pantallas de captura y presentación de información, el desarrollo de funciones y procedimientos que permiten realizar ciertos procesos así como en la generación de gráficas.



El modelo relacional del diseño se construyó bajo Microsoft Access 2000. En este modelo se indican la información contenida en cada una de las tablas así como sus llaves primarias y la relación que existe entre ellas. De igual manera se crearon las tablas de datos que se utilizan para bajar la información de las oportunidades, premisas y precios para la creación de la aplicación

En cuanto a los Requerimientos del Hardware se necesita de una PC que tenga gran capacidad en disco y suficiente memoria para realizar el procesamiento de la información, pues el Sistema requiere realizar un determinado número de iteraciones por oportunidad requeridas por el usuario, calculando para cada una de ellas los recursos recuperables de aceite, gas y condensado así como los pronósticos de producción, la estimación de las inversiones y la determinación de las premisas económicas.

De acuerdo a las pruebas de ejecución del Sistema realizadas por el equipo de trabajo se ha determinado un mínimo de las características del equipo para que el Sistema opere adecuadamente y en un tiempo razonable.

|                                  |            |                          |
|----------------------------------|------------|--------------------------|
| Procesador Pentium III           | 1 GHz      | (Recomendado Pentium IV) |
| Capacidad de memoria de          | 256 Mbytes |                          |
| Espacio disponible en disco duro | 2 Gbytes   | (IDE o SCSI)             |

Al no considerarse estos requerimientos de hardware, el Sistema no funciona con el performance requerido por el usuario.

### 3.2. Especificación Funcional o Análisis.

Es importante realizar una especificación completa de los requerimientos del usuario para poder contar con un adecuado desarrollo de software y para lograrlo se requiere de la colaboración de dos partes muy importantes: el cliente y el analista. Ambos tienen un papel activo en el análisis del sistema, el cliente intenta reformar su concepto. El analista y programador actúa como interrogador, consultor y es él quien da solución al problema planteado.

El análisis o especificación funcional nos permite como analistas, refinar la asignación de software y representar el dominio de la información que será tratada por el sistema. De la misma manera nos proporciona para la etapa siguiente (diseño) la representación de la información y las funciones que pueden ser traducidas en datos, arquitectura y diseño procedimental además de suministrar al usuario del sistema los medios para valorar la calidad del mismo una vez que se construya el sistema.

El recopilar información nos ayuda a entender mejor los procesos que realizará el sistema, de ahí podemos recurrir a técnicas como la realización de cuestionarios y formas especiales a fin de poder obtener respuesta a dudas, detalles acerca de la frecuencias de procedimiento, volúmenes de información y el tiempo que se requiere para realizar cada actividad. También podemos basarnos en entrevistas con las personas que manejarán el



sistema y que conocen lo suficiente del tema a desarrollar; los analistas pueden observar a estas personas mientras llevan a cabo las tareas que requiere el sistema en estudio. Esta técnica es indispensable para reunir datos, preparar diagramas y llenar cuestionarios o formas. Algunas de las tareas del análisis se pueden realizar conjuntamente.

Para el caso del Sistema, se llevaron a cabo entrevistas programadas con el usuario, reuniones de trabajo y entrega de documentación por parte del usuario.

El sistema esta formado por los siguientes módulos:

- Análisis de la información, variables de proceso y captura de datos de entrada: variables petrofísicas, producción y permisas económicas.

Pantalla "Datos Generales" formado de datos varios componentes que son: Identificador, clave regional, localización, proyecto, activo, región, tipo de presupuesto, campo análogo, número de objetivos, objetivo dentro de la oportunidad, proyecto \_ NEP, hidrocarburo principal y ubicación. Estos datos se cargarán al sistema para su despliegue de una hoja de Excel y se podrán actualizar en la pantalla los valores. Así mismo, se tendrá la capacidad de capturar manualmente los datos en la pantalla.

Pantalla "Volumetría" se compone de los siguientes datos: Área, porosidad, saturación de hidrocarburos, espesor, factor de volumen de formación, factor de recuperación de aceite, relación gas-aceite, factor de recuperación de gas, factor de recuperación de condensado y factor geométrico. Para cada una de estas variables se cargará inicialmente una función de distribución triangular. Asimismo, se implantará la opción de modificar la función de distribución en la pantalla. Las funciones de distribución a considerar en dicha opción son: normal, lognormal, exponencial, triangular y Pareto. Para cada función de distribución el usuario tendrá la opción de indicar los parámetros que las definen.

Pantalla "Perfil de Producción" conformada por: Gasto inicial, declinación inicial, declinación final, rendimiento de condensados, factor de encogimiento por eficiencia en el manejo, factor de encogimiento por transporte. Estas variables se cargarán a partir de una hoja de Excel con una función de distribución triangular. Así mismo, se implantará la opción de modificar la función de distribución en la pantalla. Las funciones de distribución a considerar en dicha opción son: normal, lognormal, exponencial, triangular y Pareto. También, se especificará el tiempo de duración de la primera declinación y área de drene, como variables determinista.

Pantalla "Premisas económicas" formada por: Tirante de agua, profundidad pozo exploratorio, costo de perforación y terminación de pozo exploratorio, costo información sísmica adicional, costo reproceso de sísmica, profundidad de pozo de desarrollo, duración de perforación y terminación de pozo de desarrollo, costo de estudios, costo de plataforma de desarrollo, costo

TRABAJA CON  
FALLA DE ORIGEN





línea de descarga, costo estación de compresión, costo ducto, costo batería, infraestructura, precio de aceite, precio de gas, precio de condensado, costo variable por pozo, costo variable por producción, costo de transporte troncal, costo de transporte secundario, paridad peso-dólar.

- Estimación de Montecarlo de los recursos de aceite, gas y condensado.

Se calcularán los recursos de aceite, gas y condensado de acuerdo a los parámetros especificados en la Pantalla "Volumetría" y las funciones de distribución de probabilidad especificadas por los usuarios. Las estimaciones resultantes son funciones de distribución de probabilidad para los recursos de aceite, gas y condensado.

- Estimación por método de Montecarlo de los pronósticos de producción asociados a los recursos descubiertos: número de pozos y pronósticos de aceite gas y condensado.

A partir de los datos de la Pantalla "Perfil de producción" Se evaluará la recuperación final por pozo. Así mismo, se calculará el número de pozos por área y volumen de recurso. Se generarán los pronósticos de producción asociados al recurso de acuerdo al número de pozos calculados, también, se almacenará la inversión asociada a los pronósticos de producción y pozos perforados por año, para su posterior evaluación económica. Los resultados generados son percentiles de producción de aceite, gas, condensado y número de pozos para cada año.

- Evaluación económica de los pronósticos de producción: Inversión requerida, y valor presente neto.

A partir de los pronósticos de producción e inversión estimada con los datos de Pantalla "Perfil de producción" y los datos de la Pantalla "Premisas económicas" se realizará el análisis económico de cada oportunidad exploratoria. Los indicadores que se estimarán son: valor presente neto y el valor presente de inversión.

### 3.2.1. Definición del Problema.

Es el primer paso del análisis del sistema pues antes de establecer o buscar una solución se debe definir cual es el problema a tratar. Generalmente inicia con una recopilación de documentación que no especifica definitivamente el problema a tratar pero que nos va documentando, nos va guiando acerca del entorno del mismo. La importancia en delimitar claramente el problema consiste en entender y comprender tanto la esencia de él, así. Como las posibles soluciones que el sistema en cuestión puede brindarle. Para ello se requiere desarrollar algunos aspectos de definición de problema.

TRABAJAR CON  
FALLA DE ORIGEN



La Gerencia de Reserva de Hidrocarburos, solicitó una propuesta técnico-económica para la realización del siguiente trabajo:

- Sistema para Determinar el Comportamiento de un Yacimiento y Definir la Conveniencia de su Explotación.

### 3.2.2. Realización del estudio preliminar.

En él se identifica con claridad el problema específico que se va a resolver, las tareas o procesos que se van a realizar. Este estudio debe ser realizado con los usuarios finales del sistema que son los que conocen los procesos de operación reales que lo integran así como sus posibles fallas.

La información que se debe tener presente en este punto esta relacionada con aspectos como los objetivos del sistema, las salidas o resultados que producirá los datos de entrada con que se cuenta, los procesos que se requieren para obtener las salidas a partir de la información de entrada, la organización de los procesos, las cuales opera el sistema actual en caso de que se tenga o bien bajo las que se realizan manualmente los procesos, la calidad de las salidas que se producen como serian los reportes, la evaluación del costo y beneficios que se tendrán con la existencia del sistema.

También podemos considerar otros aspectos como la existencia de procedimientos actuales, donde nos referimos a la existencia de algún sistema que se encuentre en funcionamiento y que dará paso al nuevo, en este caso es probable que se haga un análisis de él. También es posible que la información con que se cuenta sea rudimentario u obsoleta, por lo que se debe tener cuidado en los datos que se puedan retomar para realizar el análisis. Los métodos son las formas que podemos utilizar para llevar a cabo el estudio preliminar. Entre lo que podemos observar la existencia operacional de procesos que el personal efectúa, realizar la recolección de documentos escritos asegurándonos de su veracidad, obtener resultados por escrito, como los reportes, tablas que se generen.

A continuación se muestra el siguiente Diagrama a Bloques donde se señalan los componentes del sistema.

Posteriormente se da una breve explicación de cada uno de los 7 bloques que conforman el sistema.

El primer bloque es el de los Datos Generales donde esta dividido en 4 partes; La primera es la Selección de Oportunidades donde esta Región, Activo, Proyecto y Oportunidad; la segunda son los Datos Generales que se encuentra divididos en Oportunidad Seleccionada, Campo Análogo, Número de Objetivos, Tipo de Presupuesto, Tirante de Agua, Hidrocarburo Principal, Área Máxima, Tipo de Desarrollo y Distancia a Instalaciones; la tercera es la Fecha de Evaluación donde indica el Año de Evaluación y Programada; la última son los Datos de Pozos que se encuentra dividido en Pozos Exploratorios y Pozos de Desarrollo donde informa la Profundidad y Terminaciones.

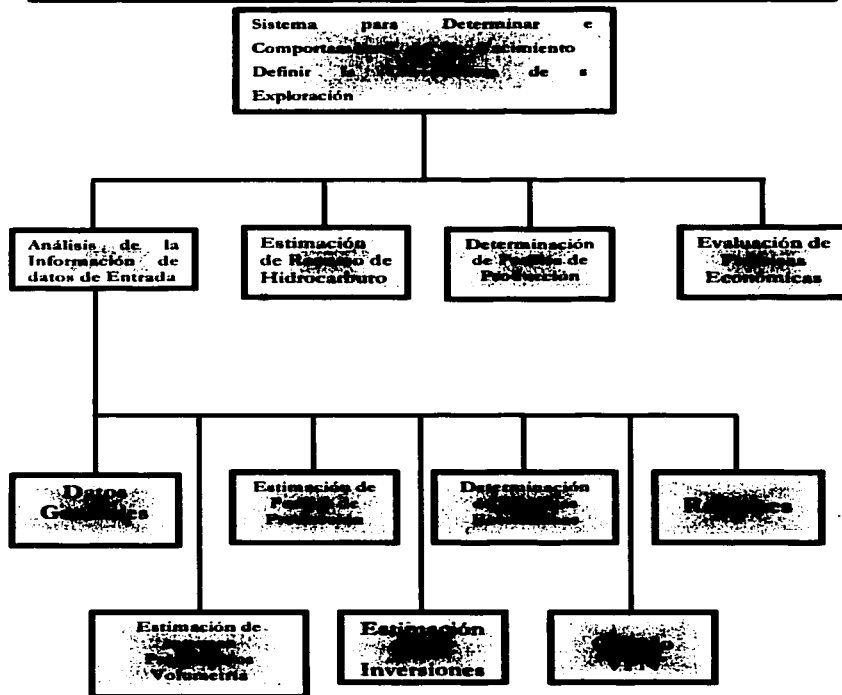


Fig. 3.2.1.1 Diagrama a Bloques del Sistema.

El segundo bloque es la Estimación de recursos prospectivos volumétrica; donde se encuentran los rangos en los parámetros volumétricos y de recuperación y determinar funciones de densidad de variables volumétricas y recuperación.



El tercer bloque es el Estimación de perfiles de producción; determinar el número de pozos, estimar el gasto inicial y declinación por pozos y el estimar el perfil de producción de acuerdo a posible programa de desarrollo.

El cuarto bloque es Estimación de inversiones donde se determina las inversiones requeridas de los Estudios Exploratorios, la Sismología adicional, los ductos, perforación y terminación exploratoria y de desarrollo, la infraestructura de perforación, plataforma de pozos de desarrollo y por último la batería y plataforma de producción.

El quinto bloque es la Determinación de premisas económicas donde se define el proceso de hidrocarburos, los costos de operación, el mantenimiento y el transporte y también se determinará, la cantidad y los factores de actualización.

El sexto bloque es el Valor Presente Neto donde es al igual que el método de tasa interna del rendimiento, el método del valor actual neto es un enfoque del flujo de efectivo descontado al establecer el presupuesto del capital.

Con el Método del Valor Actual se descuentan todos los flujos del valor presente utilizando la tasa del rendimiento requerida.

La fórmula del VPN es:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{A_t}{(1+k)^t}$$

donde  $k$  es la tasa de rendimiento requerida.

Si la suma de estos flujos de efectivo descontados es cero o más, se acepta la propuesta, si no se lo rechaza.

Otra forma de expresar el criterio de aceptación consiste en decir que se aceptará el proyecto si es que el valor presente de los ingresos de efectivo rebasa el valor presente de las salidas de efectivo.

Con el método de valor actual, se nos proporcionan los flujos de efectivo y la tasa de rendimiento requerida, y dejamos al valor presente neto. La aceptación de la propuesta depende de que el valor presente neto sea cero o más.

El séptimo bloque nos da los Reportes donde contiene dos opciones para iniciar el tipo de reporte el de las Oportunidades y Proyectos donde cada reporte incluye el Recurso Prospectivo, Perfiles de Producción, Inversiones, Costos e Indicadores Económicos.

### 3.2.3. Definición de los objetivos.

Una vez que se conoce el problema se deben especificar los fines u objetivos a los que dará alcance el sistema y que proporciona solución al problema formulado. Algunas

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



características que se tiene presentes para la formulación de los objetivos pueden definirse como:

- Información requerida por el usuario.
- Veracidad y significancia de la información obtenida hasta el momento.
- Frecuencia de las operaciones que se realizarán en el sistema.

Donde nuestros objetivos de la presente propuesta consistirá en el desarrollo de los siguientes módulos:

- El Análisis de la información, variables de proceso y captura de datos de entrada: variables petrofísicas, producción y permisas económicas.
- La Estimación por Simulación de Monte Carlo de los recursos de aceite, gas y condensado por descubrir para los pronósticos de producción asociados a los recursos de hidrocarburos: número de pozos y pronósticos de producción de aceite, gas y condensado.
- La Evaluación económica de los pronósticos de producción: inversión requerida y el valor presente neto.
- La Generación de resultados: Reportes y Gráficas.

### 3.3. Identificación de requerimientos del usuario.

Este punto es muy importante que se establezca puesto que en él se realizará el levantamiento o recopilación de la información que nos ayuda posteriormente al análisis. Nos servirá de apoyo la información que se obtuvo en la definición del problema, haciendo un nuevo análisis de ella y replanteando algunos conceptos.

En esta fase es necesario conocer a fondo información más detallada para determinar los puntos débiles y fuertes de los procedimientos actuales.

#### 3.3.1. Entender el proceso.

Para ello es preciso que se tenga contacto directo con el problema y trasladarse si es necesario a los centros de trabajo en los que se operará el sistema. Sólo así podemos comprender de una manera clara y exacta cual es el mecanismo o funcionamiento actual del problema.

Para la identificación de los datos utilizados y la información producida, es necesario tener dos aspectos muy importantes:

- Identificar cuáles son los resultados y soluciones que se obtienen actualmente, determinar el contenido, propósito y uso de los informes así como verificar la exactitud de las salidas. Si se cuenta con un sistema actual o no.
- Cuáles son los datos de entrada que se utilizan para producir los resultados, conocer el origen y forma de ellos para poder establecer las variables de entrada a nuestro sistema.



- La evaluación de oportunidades.
- Desarrollar una cartera de proyectos que permita seleccionar las inversiones que mayor valor generarán en el futuro, estandarizando y homologando los criterios de evaluación de proyectos.
- Definición de unidades de inversión, hasta dónde será el alcance de la unidad de inversión (Proyecto y Unidad Exploratoria) considerando todos elementos necesarios para generar un valor económico.
- Identificación de tipo de unidad de inversión en base a sus características principales (desarrollo, recuperación incremental).
- Selección de método de evaluación (Monte Carlo) en base al tipo para cada unidad de inversión.
- Estimación del valor económico de la unidad de inversión para la vida útil de la unidad de inversión está dado por la distribución de VPNs<sup>6</sup>
- Definición del proyecto de inversión, analizar, jerarquizar y seleccionar alternativas con base a criterios mínimos el VPN<sup>7</sup> y el VPN/VPI<sup>8</sup><sub>TOTAL</sub>. Donde se agrupa y se define unidades de inversión como proyectos (conjunto de oportunidades).
- Aprobación selección de proyectos de inversión, donde se evalúa los proyectos y aplica las llaves técnicas en base a los criterios mínimos como el VPN y el VPN/VPI<sup>8</sup><sub>TOTAL</sub>.
- El sistema deberá realizar:
  - Análisis de la información y captura de datos de entrada tal como variables de proceso, de producción y premisas económicas.
  - Estimación por simulación de Montecarlo de los recursos de aceite, gas y condensado.
  - Estimación de los pronósticos de producción asociados a los recursos descubiertos tal como número de pozos y pronósticos de producción de aceite, gas y condensados.
  - Evaluación económica de los pronósticos de producción, es decir, obtener valor presente neto, considerando ingresos, costos de inversión y determinar si el yacimiento es comercial o no.

Se cuenta actualmente con un sistema que realiza la selección de oportunidades exploratorias, sin embargo se desea optimizar el tiempo para el cálculo de las simulaciones así como nuevos requerimientos del usuario y actualización de procesos establecidos por el mismo.

### 3.3.2. Requerimientos de proceso.

Es necesario verificar diversos aspectos tal como los registros y archivos que procesan la frecuencia, volumen y precisión de este procesamiento, la secuencia de los pasos que se

<sup>6</sup> Varios Valores Presentes Netos.

<sup>7</sup> Valor Presente Neto

<sup>8</sup> Valor Presente de la Inversión Total.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



siguen, las personas y departamentos que realizan la labor, el equipo de proceso y almacenamiento que se utiliza, así como el costo de procesamiento. De manera que se pueden considerar:

- Frecuencia es la que se refiere a la realización de operaciones en el sistema tal como la frecuencia con que son capturados los datos de entrada, con que son generados los reportes de salida, con la que se realizan respaldos de información etc.
- Volumen de datos es la cantidad de los datos de entrada, lugares en los que se procesa. Además del equipo en que se procesa la información se refiere, a los lugares o centros de trabajo en los que se instalará el sistema.

El sistema realiza la carga de información proporcionada por el usuario, la cual se encuentra en formato Microsoft Excel. Este archivo únicamente se cargará en el sistema por primera vez cuando sea proporcionado por el área de exploración con la finalidad de presentar los datos en pantalla sin que el usuario tenga la necesidad de capturar nuevamente la información.

Contiene la información de datos generales y algunos factores de producción que serán usados posteriormente por el sistema para realizar las simulaciones correspondientes. Estos datos son encontrados en el archivo de Microsoft Excel a nivel de oportunidad, premisas, precios de acuerdo a la opción seleccionada en el menú.

El sistema lee los archivos cuyos nombres en la hoja de excel deben ser OPORTUNIDADES.XLS<sup>9</sup>, PREMISAS.XLS<sup>9</sup> o PRECIOS.XLS<sup>9</sup>, dependiendo de la opción que haya elegido el usuario y de la ruta que le indique, una vez que tiene acceso a estos archivos el sistema se encarga de realizar las validaciones correspondientes para poder cargar los datos en una base de datos creada en Microsoft Access, logrando de esta manera que los datos queden almacenados para poder ser presentados al usuario en pantalla y modificados por el mismo en caso de ser necesario. Si los datos son modificados, los cambios realizados se guardarán en la base de datos creada sin afectar los datos originales que son conservados en la misma base de datos.

El proceso y operación del sistema es realizada por personal de la Gerencia de Reservas de Hidrocarburos de PEMEX Exploración y Producción donde se encuentra instalado en dos equipos PC en los cuales se realizan las operaciones del sistema a nivel Sede.

La frecuencia con la que se captura la información en el sistema varía de acuerdo al envío de archivos que las regiones de PEP<sup>10</sup> envían a la Sede. Sin embargo el usuario puede realizar esta carga de información diariamente y las veces que sea necesarias para simular las oportunidades exploratorias que desee verificar.

El número de Simulación también esta determinarlo por el mismo, pues una vez que realiza la carga de información puede realizar las simulaciones que desee.

<sup>9</sup> Los nombres de estos datos deben aparecer con mayúsculas para el archivo de Excel.

<sup>10</sup> PEMEX Exploración y Producción.



### 3.3.3. Identificación de controles.

Este punto es el que nos permite establecer el control del flujo de información, en donde podemos definir una secuencia de los datos de entrada para ser procesados y producir los resultados esperados.

Se pueden registrar el flujo de datos en un procedimiento actual desde su origen, a través de varias operaciones de proceso hasta llegar al informe de salida. También es útil para localizar posibles cuellos de botella en el flujo de datos dentro del sistema.

Cuando se tiene un sistema complejo, es probable que se describa primero en un diagrama general los componentes de entrada-procesamiento-salida del sistema.

En seguida puede existir una jerarquía de diagrama más detallados cada uno de los cuales describa uno de los módulos del sistema:

- Carga de Información.
- Datos Generales.
- Volumetría
- Perfil de Producción.
- Parámetros de Inversión.
- Inversión.
- Valor Presente Neto.
- Reportes.

#### Carga de Información.

Para iniciar la carga de información el usuario deberá entrar al sistema y elegir la primera opción del menú denominada **Utilidades**, después elegir la parte de **Importar** y aparecerá una pantalla en la que el usuario podrá indicar que tipo de información requiere importar mediante tres botones de selección. Aparecerán también dos botones de comando, uno para **Importar** la información una vez que se haya elegido el tipo de información y el archivo se va a importar. Cuando se presiona este botón, aparecerá una pantalla como la que se indica en la figura 3.3.3.1, solicitando la selección de la ruta y el nombre del archivo que se desea leer. El otro botón es para cancelar la operación en caso de que no se desee ejecutar este proceso, si eligió este botón simplemente volverá al menú y a la pantalla principal.

También se encuentra un campo en el que aparece la ruta y nombre del archivo seleccionado por el usuario y el número de registros que contiene. Una vez teniendo estos datos, se presiona el botón de importar y en la barra de porcentaje que aparece en la parte de abajo, se va indicando con una línea azul al avance que va teniendo el proceso de importación.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



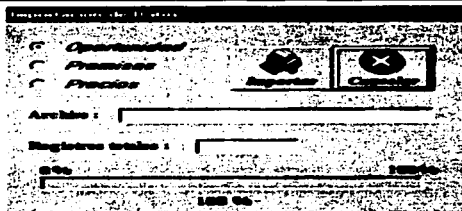


Fig. 3.3.3.1. Carga de información.

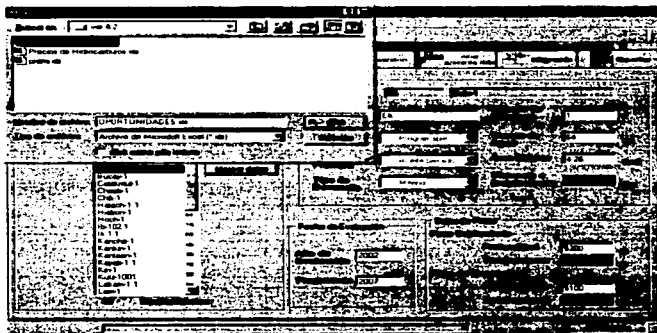


Fig. 3.3.3.2 Búsqueda de la ruta y nombre del archivo.

Una vez realizado este proceso, se enviará un mensaje en el que indique cual procedimiento fue finalizado y se tendrá lista la información para ser presentada al usuario en el momento en que él lo requiera y para ser modificada de acuerdo a sus necesidades.

#### Datos Generales.

En esta pantalla el usuario deberá elegir una Oportunidad indicándole al sistema a que Región, Activo y Proyecto pertenece, para ello deberá seleccionar esta información a partir de las listas desplegables que se encuentran en el lado izquierdo de la pantalla como se indica en la siguiente figura:

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

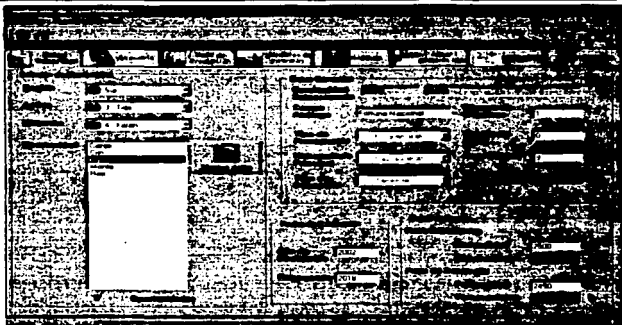


Fig. 3.3.3.3. Oportunidad Seleccionada.

Una vez elegida la Oportunidad requerida, deberá presionar el botón de comando que indica "Ver Datos", que se encuentra al lado de la lista de oportunidades, con ello el sistema presentará del lado derecho de la pantalla la información relacionada con dicha Oportunidad. Tal como Datos generales, es decir, clave y nombre de la Oportunidad, tipo de presupuesto, tipo de desarrollo, hidrocarburo principal, tirante agua, área máxima etc.. También presentará datos como las fechas de evaluación y los datos de pozos tanto exploratorios como en desarrollo.

Una vez realizado este proceso se llenan los valores que se encuentran en la forma del lado derecho de la pantalla:

Teniendo estos datos en pantalla el usuario podrá revisar si son los correctos y en caso de ser necesario podrá modificar la información que requiera, ya sea directamente en los campos de captura de datos o bien seleccionando de las listas desplegables para el caso de tipo de presupuesto, hidrocarburo principal y tipo de desarrollo.

Una vez seleccionada esta oportunidad, cuando se pase a otras pantallas como a la de volumetría, perfil de producción, inversiones etc. el sistema realizará cualquiera de estos procesos únicamente relacionado a esta oportunidad. Para realizar las simulaciones de una Oportunidad diferente y si se encuentra en otra pantalla distinta a la de datos generales deberá primero posicionarse en esta pantalla de datos generales y posteriormente elegir la nueva oportunidad seleccionando una nueva oportunidad distinta, en ese momento el sistema limpia toda la pantalla y le permite seguir eligiendo los datos de Activo, Proyecto y Oportunidad, finalmente presionar el botón de "Ver Datos" y en ese momento ya estará lista una nueva Oportunidad para trabajar en el sistema.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



### Volumetría.

Una vez seleccionada la Oportunidad, en esta pantalla aparecen 5 columnas, en la primera se definen los parámetros de volumetría tal como área, espesor, factor geométrico, porosidad, saturación de hidrocarburos, factores volumétrico, de formación, de recuperación, de encogimiento y de conversión, la relación gas-aceite y la probabilidad geológica.

En la segunda columna se indica mediante una lista desplegable el tipo de distribución a realizar, inicialmente el sistema cargará para esta columna una función de distribución triangular, pero el usuario posteriormente podrá cambiarla por otros tipos a través de una lista desplegable. Las funciones a considerar para este caso son normal, lognormal, exponencial, triangular, pareto y uniforme.

Las demás columnas varían de acuerdo al tipo de función seleccionada por el usuario, pues el sistema solicitará los datos requeridos de acuerdo a la distribución. Por ejemplo, si se elige una distribución triangular se solicitará al usuario los datos de los valores mínimo, más probable y máximo de cada uno de los parámetros y factores de volumetría. Si se elige otro tipo de distribución como la Normal para el caso del factor volumétrico de formación, el sistema solicitará al usuario los datos de los valores mínimo, máximo, la media y la desviación estándar. Si es exponencial sólo pedirá el valor mínimo, máximo y la media como en el caso de saturación de hidrocarburos del ejemplo y así sucesivamente.

Fig. 3.3.3.4. Datos de Volumetría.

Una vez que se han elegido los tipos de distribución y se han introducido los datos necesarios, el usuario deberá presionar el botón de comando que se encuentra en la parte superior derecha de la pantalla denominado "Calcular", con ello el sistema mostrará una ventana en la cual solicita el número de simulaciones que se realizarán, la semilla con que dará comienzo el generador de números aleatorios y el número de intervalos para graficar los datos como se indica en la Fig. 3.3.3.5.



| Datos                           |      |
|---------------------------------|------|
| Número de Simulaciones :        | 100  |
| Semilla :                       | 1756 |
| Número de Intervalos de Clase : | 15   |

Fig. 3.3.3.5. Simulaciones e intervalos.

De acuerdo a los datos proporcionados por el usuario en relación a cada uno de los parámetros de volumetría (área, porosidad, factores etc.), y una vez introducidos los valores solicitados se deberá presionar el botón de "Comenzar" y en ese momento el sistema realizará los cálculos de los recursos recuperables de aceite, gas y condensado en el número de simulaciones que el usuario haya introducido.

Como resultado se obtienen la pantalla que se observa en la figura 3.3.3.6, en la que se indican los histogramas relacionados con los recursos calculados por el sistema:

Si se desea ver en la pantalla completa cada una de las gráficas, se deberá dar un doble click con el botón izquierdo del mouse a la gráfica requerida y entonces se mostrará como se indica en la figura 3.3.3.7. En ella se indican del lado derecho de la pantalla los valores del mínimo y de los percentiles así como la media y la desviación estándar. Para elegir la gráfica de otro recurso deberá presionar el botón que se encuentra en la parte superior derecha de la pantalla denominado "Regresar", el cual nos lleva a la pantalla mostrada en la figura 3.2.3.6, de la cual podrá elegir otra gráfica para ver sus valores.

Si lo que desea es realizar una nuevo número de simulaciones para la misma oportunidad, estando en la pantalla mostrada en la figura 3.3.3.6, tendrá que regresarse con el botón que se encuentra en la parte superior derecha "Regresar" y nuevamente aparecerá la ventana indicada en la figura 3.3.3.5 en la cual podrá introducir un nuevo número de simulaciones.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

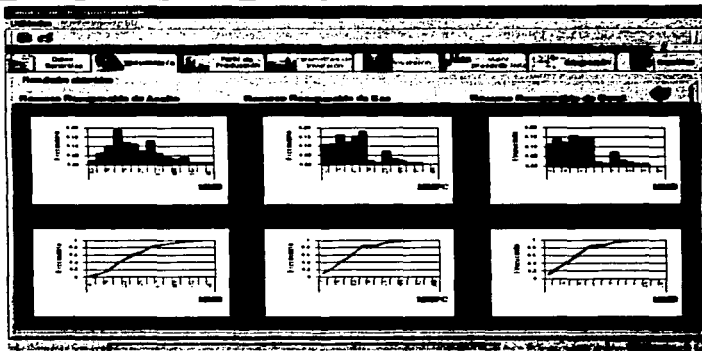


Fig. 3.3.3.6. Recursos obtenidos para aceite, gas y condensado.



Fig. 3.3.3.7. Recursos recuperable de gas.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

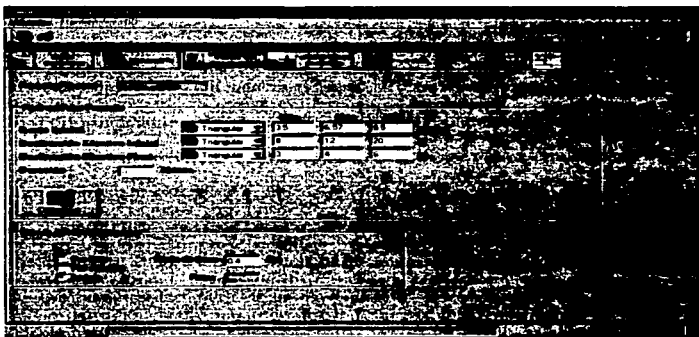
**Perfiles de Producción.**

Para entrar a esta pantalla al igual que el volumetría se tendrá que encontrar seleccionada la oportunidad sobre la cual se habrán de realizar las simulaciones. De igual manera se deberá antes haber realizado los cálculos de los recursos prospectivos de aceite, gas y condensado.

En este módulo se realizará el cálculo de los gastos de producción de aceite, gas y condensado teniendo en cuenta los gastos iniciales, las declinaciones efectivas, nominales, la duración de las mismas etc. De igual manera se calculan los costos de operación así como los Ingresos en base a los precios y gastos de aceite, gas y condensado. Finalmente el número de pozos de la oportunidad establecido a partir del área, del volumen o de ambos.

Cuando el usuario entra a la pantalla aparece como se indica en la figura 3.3.3.8.

Primeramente aparece el producto o hidrocarburo principal de la oportunidad, este dato sólo se puede visualizar y no puede ser modificado por el usuario. Después aparece en un recuadro el perfil del pozo, en donde se muestran 5 columnas. La primera indica los parámetros que se manejan en el perfil de producción como el gasto inicial, la declinación efectiva inicia y final y el periodo de duración en meses. Al igual que en volumetría la segunda columna va a determinar el tipo de distribución a realizar y de acuerdo a ello las demás columnas cambiarán solicitando los datos requeridos por cada distribución. Inicialmente se muestran los datos solicitados para una distribución triangular solicitando los valores mínimo, más probable y máximo.



**Fig. 3.3.3.8 Perfiles de producción.**



Finalmente se indican los datos para calcular el número de pozos, este cálculo puede hacerse de tres formas diferentes, por área, por volumen o por ambos. En la primera opción, que es la que se presenta inicialmente en el sistema, el usuario deberá introducir el valor del área de drenaje en kilómetros. Si elige la opción de calcularlo por volumen no tendrá que introducir nada pues el sistema lo calcula en base a los recursos recuperables de aceite y de gas, finalmente si lo calcula por ambos, solicita el área de drenaje, se calcula de ambas formas y se determina cual de los dos cálculos es el menor.

Una vez introducidos los valores requeridos por el sistema, el usuario deberá presionar el botón de comando que se encuentra en la parte izquierda de la pantalla denominado "Calcula perfiles de producción". Con ello el sistema realizará el cálculo de los pronósticos de producción de aceite, gas y condensado como se muestra en la figura 3.3.3.9.

En estas gráficas se indican el pronóstico de producción de gas, aceite y condensado en años. Si requiere visualizarse esa gráfica en la pantalla completa solamente deberá posicionarse con el mouse en la gráfica deseada y dar un doble click con el botón derecho, entonces aparecerá la gráfica como se muestra en la figura 3.3.3.10.

De esta manera se indican también los valores mínimo, máximo y los percentiles de la gráfica. Si desea ver otra gráfica de los pronósticos solamente deberá presionar el botón de "Regresar" que aparece en la parte superior derecha de la pantalla, con ello volverá a la figura 3.3.3.9 y podrá elegir otra gráfica. O bien podrá regresar a la pantalla de la figura 3.3.3.8 y modificar los valores para poder realizar otros pronóstico diferente al realizado.

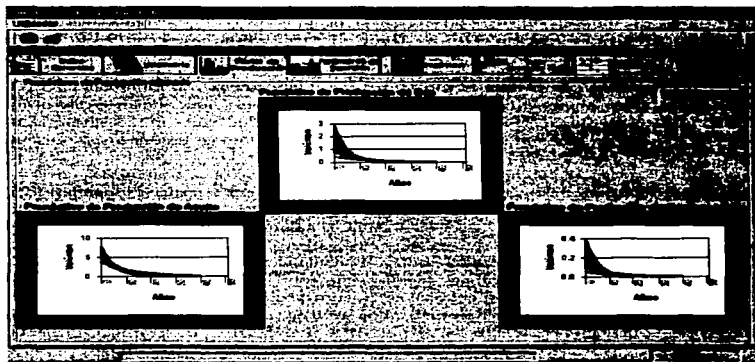


Fig. 3.3.3.9. Pronósticos de producción.

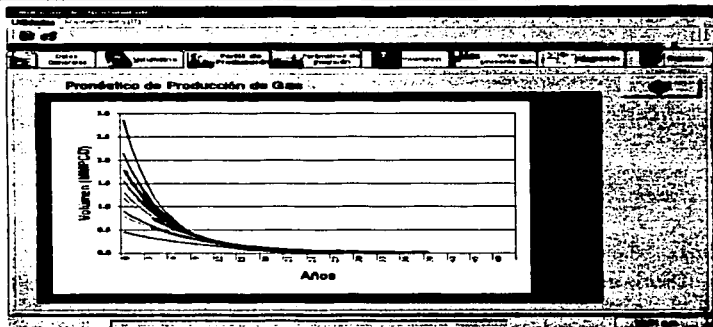


Fig. 3.3.3.10. Pronósticos de producción de gas.

**Parámetros de Inversión.**

En esta parte se realiza el cálculo de las inversiones realizadas en la oportunidad solicitada por el usuario. Cuando se entra a esta pantalla aparece la información de las premisas de inversión en una tabla como la que se muestra en la figura 3.3.3.11. Donde el primer columna define el tipo de premisa pudiendo ser cualquiera de las siguientes:

- Sísmica.
- Reproceso sísmica.
- Caracterización Inicial o Estudios Exploratorios.
- Infraestructura de perforación y terminación en pozos exploratorios.
- Ductos y Baterías.
- Infraestructura de perforación y terminación en pozos de desarrollo.
- Líneas de Descarga.
- Plataforma de perforación y Producción.
- Estación de compresión.

**TESIS CON FALLA DE ORIGEN**

ESTA TESIS NO ESTÁ EN LA BIBLIOTECA







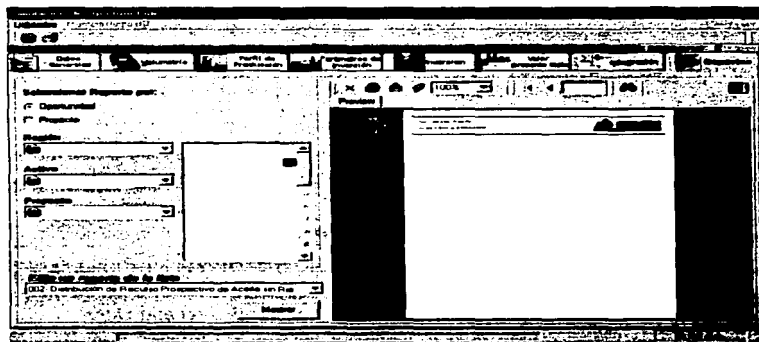


Fig. 3.3.3.14. Reportes.

### 3.3.4. Análisis del procesamiento actual de la información.

Es la definición de diagramas que nos permitan identificar fácilmente los procesos y etapas del sistema. Para ello podemos elaborar diagramas como:

- Diagrama de flujo de sistemas y diagrama de flujo de datos, además de mostrarnos el flujo de la información como se menciona en el punto anterior, también nos puede ayudar par localizar datos y archivos esenciales o innecesarios. Los símbolos que emplea este diagrama no están estandarizados y pueden además colocarse de manera un tanto informal. Generalmente se construyen a partir de un nivel alto de diagramación pasando después a un nivel más bajo que incluyen más detalles.

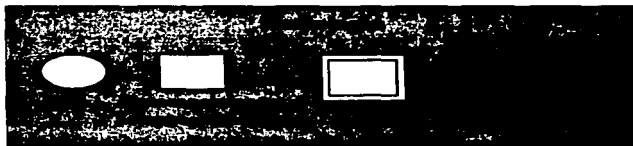


Fig. 3.3.4.1. Simbología utilizada para representar diagramas de flujo.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



- Diagrama de Warnier nos facilita la visualización de jerarquías de información de una manera compacta. Se analiza el dominio de la información y se representa la naturaleza jerárquica de cualquier nivel de detalle para la salida. Su diseño es mediante llaves que se usan para diferenciar niveles de jerarquía en la información. Todos los nombres contenidos dentro de una llave representan una secuencia de elementos de información, a su vez cada uno puede estar compuesto por más elementos. Este diagrama puede utilizarse para particionar posteriormente el dominio de la información refinando los elementos de datos compuestos.

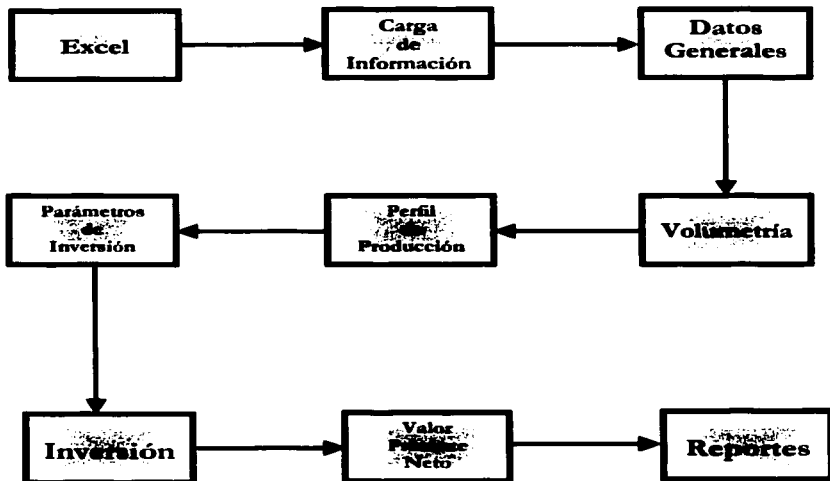


Fig. 3.3.4.2 Diagrama de los Módulos.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



### 3.4. Definición de los alcances del sistema.

En esta parte es donde se deben especificar las limitaciones y alcances del sistema tanto de manera funcional como territorial. Para ello es necesario establecer con precisión la naturaleza la operación u operaciones que se pretenden realizar, también es conveniente identificar las unidades o centros de trabajo en las que se va a implantar en el sistema ya que sobre ellos viajara la información.

Para este caso, el sistema se encuentra instalado en la Sede de Petróleos Mexicanos, recibiendo y alimentándose de la información enviada por las 4 Regiones de PEMEX, la Norte, Sur, Marina Noreste y Marina Suroeste, debido a que el usuario de Sede es quien determina finalmente cuales son las Oportunidades exploratorias que poseen yacimientos que conviene explotar, de acuerdo a las pruebas de simulación realizadas en el Sistema.

#### 3.4.1. Proponer alternativas de solución.

Es la formulación del sistema o de la información actual y hacer sugerencias para mejorarlo. Esta actividad debe realizarse para el usuario del sistema y ponerlo a discusión con él.

#### 3.4.2. Elaboración del documento de análisis.

Este documento se elabora independientemente de las técnicas que se hayan utilizado para realizar el análisis ya que tiene un objetivo común: proporcionar un informe de lo averiguado por el analista. Se debe incluir en él, copia de todas las formas, diagramas, cuestionarios, documentos de entrada-salida y descripciones escritas de procedimientos que se reunieron y analizaron. Generalmente se dispone como sigue:

- Un nuevo planteamiento del problema.
- Un resumen de los procedimientos actuales y una información de los problemas u oportunidades presentes.
- Una lista de las especificaciones generales que se requieren para resolver el problema, junto con algunas sugerencias preliminares de alternativas que se podrían considerar. Esto incluye los procedimientos de hardware, software y plataforma de desarrollo.
- Una evaluación de la factibilidad operativa del proyecto así como una estimación económica del mismo.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



La presentación de este documento ante los usuarios del sistema está sujeta a modificaciones en los objetivos de estudio, cancelación del proyecto, posponer el desarrollo para una fecha determinada para pasar a la siguiente etapa del sistema.

A continuación se agrega información recopilada por la Gerencia de Exploración y Producción y por el usuario donde se nos proporcionan archivos en Excel que contienen:

- Hojas de oportunidades.
- Hojas de premisas.
- Hojas de precios.

los cuales nos serán útiles como datos de entrada para nuestro sistema.

#### **Hoja de Oportunidades.**

La hoja de oportunidades contiene la información general de todas las oportunidades así como los rangos de Parámetros, de Volumetría, de Producción e Inversiones, así como se muestra a continuación en la Hoja de Excel Fig. 3.4.2.1.

#### **Hoja de Premisas.**

La hoja de premisas contiene la información de cada uno de los valores de las inversiones y los costos que son utilizados para obtener los gastos que se van a realizar, estos valores son por proyecto, es decir, se aplican a todas las oportunidades de dicho proyecto. En la figura se muestra la Hoja de Excel figura 3.4.2.2.

#### **Hoja de Precios.**

La hoja de precios se encuentra dividida de acuerdo a los diferentes tipos de hidrocarburos en los que encontramos el aceite pesado, aceite superligero, condensado, aceite ligero, gas húmedo y gas seco; donde se manejan diferentes precios para cada uno de los hidrocarburos estos precios tienen un horizontes de 7 años y después de esos años su valor se vuelve constante, como se puede ver en la figura 3.4.2.3.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Hoja de Oportunidades (Excell).

| CLAVE REG | CLAVE | LOCALIZACION | PROYECTO | ACTIVO | REGION | TIPO DE PRESUPUESTO | PROGRAMADA | CAMPO ANALOGO | NUM OBJETIVOS | OBJETIVO |
|-----------|-------|--------------|----------|--------|--------|---------------------|------------|---------------|---------------|----------|
| 1         | a     | Loc_1        | Yundé    | 2      | Norte  | Programable         | 2011       | Módulo        | 2             | 1        |
| 2         | b     | Loc_2        | Güilo    | 3      | Sur    | Programable         | 2019       | Módulo        | 1             | 1        |

| PROYECTO_NEP | HIIDROCARBURO_PRINCIPAL | UBICACION | AREA MIN | AREA MAS | AREA MAX | PORO MIN | PORO MAS | PORO MAX | SIC MIN | SIC MAS | SIC MAX | ESPE MIN | ESPE MAS | ESPE MAX |
|--------------|-------------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|
| Reservas     | Acetite ligero          | Terrestre | 1.50     | 2.00     | 3.00     | 0.04     | 0.09     | 0.18     | 0.82    | 0.84    | 0.94    | 30       | 60       | 113      |
| Evaluación   | Gas seco                | Terrestre | 1.00     | 2.60     | 7.00     | 0.14     | 0.24     | 0.30     | 0.70    | 0.75    | 0.80    | 20       | 44       | 80       |

| FVF MIN | FVF MAS | FVF MAX | FRA MIN | FRA MAS | RSI MIN | RSI MAS | RSI MAX | FRG MIN | FRG MAS | FRG MAX | FG MIN | FG MAS | FG MAX | TIRA NTE | PROFUNDIDAD PE | COSTO_PERF_TERM_PE | COSTO_SINMICA_ADICIONAL |   |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|----------|----------------|--------------------|-------------------------|---|
| 1.0920  | 1.3580  | 2.1810  | 0.09    | 0.32    | 0.32    | 21      | 30      | 360     | 0.60    | 0.65    | 0.75   | 0.500  | 0.850  | 0.950    | 0              | 2200               | 353                     | 0 |
| 0.0038  | 0.0038  | 0.0099  |         |         | 0       | 0       | 0       | 0.41    | 0.92    | 0.98    | 0.420  | 0.500  | 0.680  | 0        | 2850           | 458                | 0                       |   |

| COSTO_REPROCESO | PROFUNDIDAD_PD | DURACION_PERF_TERM_PD | COSTO_PERF_TERM_PD | COSTO_ESTUDIOS | COSTO_LINEA_DESCARGA | COSTO_ESTACION_COMPRESION | COSTO_DUCTO | COSTO_BATERIA |
|-----------------|----------------|-----------------------|--------------------|----------------|----------------------|---------------------------|-------------|---------------|
| 0               | 2400           | 57                    | 2243               | 0              | 0.00                 |                           | 1           | 5             |
| 0               | 2400           | 57                    | 2243               | 0              | 0.00                 | 1.89                      | 0.8         | 0             |

| INFRAESTRUCTURA | MPPM MIN | MPPM MAS | MPPM MAX | FEL MIN | FEL MAS | FEL MAX | QO MIN | QO MAS | QO MAX | DI MIN | DI MAS | DI MAX |
|-----------------|----------|----------|----------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1.50            | 0.0000   | 0.0000   | 0.0000   | 0.0000  | 0.0000  | 0.0000  | 0.155  | 1.105  | 1.105  | 5.72   | 27.76  | 33.35  |
| 0.80            | 0.0000   | 0.0000   | 0.0000   | 1.0000  | 1.0000  | 1.0000  | 1.950  | 4.420  | 7.720  | 6.72   | 12     | 12     |

Fig. 3.4.2.1 Hoja de Oportunidades.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



En la Hoja de Excel encontramos los siguientes parámetros.

| Nombre de la Hoja de Excel | Hoja de Oportunidades   |
|----------------------------|---|
| Nombre en hoja de Excel    | Significado   |
| CLAVE_REG                  | Clave regional  |
| CLAVE                      |   |
| WEG                        | Si pertenece al Proyecto Estratégico de Gas                             |
| PROYECTO                   | Nombre del proyecto   |
| ACTIVO                     | Nombre del activo   |
| REGION                     | Nombre de la región   |
| TIPO_DE_PRESUPUESTO        | Tipo de presupuesto   |
| PROGRAMADA                 | Año de perforación exploratoria   |
| CAMPO_ANALOGO              | Campo análogo seleccionado  |
| NUM_OBJETIVOS              | Número de objetivos de la oportunidad                                   |
| OBJETIVO                   | Número de objetivo dentro de la oportunidad                             |
| PROYECTO_NEP               | Clasificación de proyecto de acuerdo a la Nueva Estructura Programática |
| HIDROCARBURO_PRINCIPAL     | Hidrocarburo principal objetivo de la oportunidad                       |
| UBICACION                  | Dónde se localiza la oportunidad  |
| P_TRAMPA                   | Probabilidad existencia de trampa                                       |
| P_GEN                      | Probabilidad existencia roca generadora                                 |
| P_ALMACEN                  | Probabilidad existencia roca almacén                                    |
| P_MIGRA                    | Probabilidad existencia sincronía y migración                           |
| PDD                        | Probabilidad de descubrimiento  |
| AREA_MIN                   | Área mínima   |
| AREA_MAS                   | Área más probable   |
| AREA_MAX                   | Área máxima   |
| PORO_MIN                   | Porosidad mínima  |
| PORO_MAS                   | Porosidad más probable  |
| PORO_MAX                   | Porosidad máxima  |
| SHC_MIN                    | Saturación de hidrocarburos mínima                                      |
| SHC_MAS                    | Saturación de hidrocarburos máxima                                      |
| SHC_MAX                    | Saturación de hidrocarburos máxima                                      |
| ESPE_MIN                   | Espesor mínimo  |
| ESPE_MAS                   | Espesor más probable  |
| ESPE_MAX                   | Espesor máximo  |

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN





| Nombre de la Hoja de Excel   | Hoja de Oportunidades                                    |
|------------------------------|--|
| Nombre en hoja de Excel      | Significado  |
|                              |  |
| FVF MIN                      | Factor de volumen de formación mínimo                    |
| FVF MAS                      | Factor de volumen de formación más probable              |
| FVF MAX                      | Factor de volumen de formación máximo                    |
| FRA MIN                      | Factor de recuperación de aceite mínimo                  |
| FRA MAS                      | Factor de recuperación de aceite más probable            |
| FRA MAX                      | Factor de recuperación de aceite máximo                  |
| RSI MIN                      | Relación gas-aceite inicial mínima                       |
| RSI MAS                      | Relación gas-aceite inicial más probable                 |
| RSI MAX                      | Relación gas-aceite inicial máxima                       |
| FRG MIN                      | Factor de recuperación de gas mínimo                     |
| FRG MAS                      | Factor de recuperación de gas más probable               |
| FRG MAX                      | Factor de recuperación de gas máximo                     |
| FRC MIN                      | Factor de recuperación de condensados mínimo             |
| FRC MAS                      | Factor de recuperación de condensados más probable       |
| FRC MAX                      | Factor de recuperación de condensados máximo             |
| FG MIN                       | Factor geométrico mínimo                                 |
| FG MAS                       | Factor geométrico más probable                           |
| F G MAX                      | Factor geométrico máximo                                 |
| TIRANTE                      | Tirante de agua  |
| PROFUNDIDAD_PE               | Profundidad pozo exploratorio                            |
| COSTO_PERF_TERM_PE           | Costo perforación y terminación de pozo exploratorio     |
| COSTO_SISMICA_ADICIONAL      | Costo sísmica adicional                                  |
| COSTO_REPROCESO              | Costo del reproceso de sísmica                           |
| PROFUNDIDAD_PD               | Profundidad de pozos de desarrollo                       |
| DURACION_PERF_TERMINACION_PD | Tiempo para perforar y terminar un pozo de desarrollo    |
| COSTO_PERF_TERM_PD           | Costo de perforación y terminación de pozo de desarrollo |
| COSTO_ESTUDIOS               | Costo de estudios  |
| COSTO_PLATAFORMA_DES         | Costo plataforma de desarrollo                           |
| COSTO_LINEA_DISCARGA         | Costo línea de descarga                                  |
| COSTO_ESTACION_COMPRESION    | Costo estación de compresión                             |
| COSTO_DUCTO                  | Costo ducto  |
| COSTO_BATERIA                | Costo batería  |
| INFRAESTRUCTURA              | Monto de infraestructura                                 |
| NPMIN MIN                    | Rendimiento de condensados mínimo                        |

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



ANÁLISIS DEL SISTEMA

| Nombre de la Hoja de Excel | Hoja de Oportunidades                             |
|----------------------------|---|
| Nombre en hoja de Excel    | Significado                                       |
| MPMM MAS                   | Rendimiento de condensados más probable           |
| MPMM MAX                   | Rendimiento de condensados máximo                 |
| FEL MIN                    | Factor de encogimiento por licuables mínimo       |
| FEL MAS                    | Factor de encogimiento por licuables más probable |
| FEL MAX                    | Factor de encogimiento por licuables máximo       |
| QO MIN                     | Gasto inicial (aceite o gas) mínimo               |
| QO MAS                     | Gasto inicial (aceite o gas) más probable         |
| QO MAX                     | Gasto inicial (aceite o gas) máximo               |
| TDI                        | Duración de la primera declinación                |
| DI MIN                     | Declinación inicial mínima                        |
| DI MAS                     | Declinación inicial más probable                  |
| DI MAX                     | Declinación inicial máxima                        |
| DF MIN                     | Declinación final mínima                          |
| DF MAS                     | Declinación final más probable                    |
| DF MAX                     | Declinación final máxima                          |

Hoja de Premisas (Excel).

| REGION | ACTIVO | PROYECTO | INV. SISMICA LACUSTRE | INV. SISMICA MARINO | INV. SISMICA TERRESTRE | INV. SISMICA TRANSICIONAL | INV. REPROCESO SISMICO ACUSTRE | INV. REPROCESO SISMICO MARINO |
|--------|--------|----------|-----------------------|---------------------|------------------------|---------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
|        |        |          | MUSD/KIM2             | MUSD/KIM2           | MUSD/KIM2              | MUSD/KIM2                 | MUSD/KIM2                      | MUSD/KIM2                     |
| Este   | 1      | Yurel    | N.A.                  | 7                   | N.A.                   | 28                        | N.D.                           | N.D.                          |
| Norte  | 2      | Decire   | N.A.                  | 7                   | N.A.                   | 28                        | N.D.                           | N.D.                          |
| Sur    | 3      | Reforma  | N.A.                  | N.A.                | 23                     | 28                        | N.D.                           |                               |

| INV. REPROCESO SISMICO MARINO | INV. REPROCESO SISMICO TERRESTRE | INV. REPROCESO SISMICO TRANSICIONAL | INV. ESTUDIO LACUSTRE | INV. ESTUDIO MARINO | INV. ESTUDIO TERRESTRE | INV. ESTUDIO TRANSICIONAL | INV. INF. PERFORACION POZO EXPLORATORIO LACUSTRE | INV. INF. PERFORACION POZO EXPLORATORIO MARINO |
|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|---------------------|------------------------|---------------------------|--|--|
| MUSD/KIM2                     | MUSD/KIM2                        | MUSD/KIM2                           | MMUSD                 | MMUSD               | MMUSD                  | MMUSD                     | MMUSD/Pozo                                       | MMUSD/Pozo                                     |
| N.D.                          | N.D.                             | N.D.                                | N.A.                  | 05                  | N.A.                   | 05                        | NA   | 0  |
| N.D.                          | N.D.                             | N.D.                                | N.A.                  | 05                  | N.A.                   | 05                        | NA   | 0  |

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



ANÁLISIS DEL SISTEMA

| INV. INF. PERFORACION POZO EXPLORATORIO TERRESTRE | INV. INF. PERFORACION POZO EXPLORATORIO TRANSICIONAL | INV. CARACTERIZACION INICIAL LACUSTRE | INV. CARACTERIZACION INICIAL MARINO | INV. CARACTERIZACION INICIAL TERRESTRE | INV. CARACTERIZACION INICIAL TRANSICIONAL | INV. DUCTOS LACUSTRE | INV. DUCTOS MARINO | INV. DUCTOS TERRESTRE |          |
|---|--|---------------------------------------|-------------------------------------|--|---|----------------------|--------------------|-----------------------|----------|
| MMUSD/Pozo  | MMUSD/Pozo   | MMUSD                                 | MMUSD                               | MMUSD                                  | MMUSD                                     | MMUSD                | MMUSD/KM           | MMUSD/KM              | MMUSD/KM |
| N.A.  | 0  | N.D.                                  | N.D.                                | N.D.                                   | N.D.                                      | N.D.                 | N.A.               | 05                    | N.A.     |
| N.A.  | 0  | N.D.                                  | N.D.                                | N.D.                                   | N.D.                                      | N.D.                 | N.A.               | 05                    | N.A.     |
| N.A.  | 0  | N.D.                                  | N.D.                                | N.D.                                   | N.D.                                      | N.D.                 | N.A.               | 1                     | N.A.     |

| INV. DUCTOS TRANSICIONAL | INV. POZO EXPLORATORIO LACUSTRE | INV. POZO EXPLORATORIO MARINO < 90 | INV. POZO EXPLORATORIO MARINO >= 90 | INV. POZO EXPLORATORIO TERRESTRE | INV. POZO EXPLORATORIO TRANSICIONAL | INV. TERMINACION POZO EXPLORATORIO LACUSTRE | INV. TERMINACION POZO EXPLORATORIO MARINO < 90 | INV. TERMINACION POZO EXPLORATORIO MARINO >= 90 |
|--------------------------|---------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|---|--|---|
| MMUSD/KM                 | MUSD/m                          | MUSD/m                             | MUSD/m                              | MUSD/m                           | MUSD/m                              | MUSD/terminación                            | MUSD/terminación                               | MUSD/terminación                                |
| 05                       | N.A.                            | 295                                | 37                                  | N.A.                             | 295                                 | N.A.  | 1100   | 2330  |
| 05                       | N.A.                            | 295                                | 37                                  | N.A.                             | 295                                 | N.A.  | 1100   | 2330  |
| 1                        | N.A.                            | 32                                 | 45                                  | N.A.                             | 32                                  | N.A.  | 2810   | N.A.  |

| INV. TERMINACION POZO EXPLORATORIO TERRESTRE | INV. TERMINACION POZO EXPLORATORIO TRANSICIONAL | INV. INF. PERFORACION POZO DESARROLLO LACUSTRE | INV. INF. PERFORACION POZO DESARROLLO MARINO < 90 | INV. INF. PERFORACION POZO DESARROLLO MARINO >= 90 | INV. INF. PERFORACION POZO DESARROLLO TERRESTRE | INV. INF. PERFORACION POZO DESARROLLO TRANSICIONAL | INV. POZO DESARROLLO LACUSTRE | INV. POZO DESARROLLO MARINO < 90 |
|--|---|--|---|--|---|--|-------------------------------|----------------------------------|
| MUSD/terminación                             | MUSD/terminación                                | MMUSD/Pozo                                     | MMUSD/Pozo  | MMUSD/Pozo   | MMUSD/Pozo                                      | MMUSD/Pozo   | MUSD/m                        | MUSD/m                           |
| N.A.   | 1100  | N.A.   | 0   | 0  | N.A.  | 0  | N.A.                          | 3.095                            |
| N.A.   | 1100  | N.A.   | 0   | 0  | N.A.  | 0  | N.A.                          | 3.095                            |
| 0.694  | N.A.  | N.A.   | 0.656   | N.A.   | 718.039   | N.A.   | N.A.                          | N.A.                             |

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



ANÁLISIS DEL SISTEMA

| INV. TERMINACION POZO DESARROLLO TERRESTRE | INV. TERMINACION POZO DESARROLLO TRANSICIONAL | INV. LINEA DESCARGA DESARROLLO LACUSTRE | INV. LINEA DESCARGA DESARROLLO MARINO < 90 | INV. LINEA DESCARGA DESARROLLO MARINO >= 90 | INV. LINEA DESCARGA DESARROLLO TERRESTRE | INV. LINEA DESCARGA DESARROLLO TRANSICIONAL | INV. BATERIA Acete Lago | INV. BATERIA Acete Pozo |
|--|---|---|--|---|--|---|-------------------------|-------------------------|
| MUSD/ terminación                          | MUSD/ terminación                             | MMUSD/ pozo                             | MMUSD/ pozo                                | MMUSD/ pozo                                 | MMUSD/ pozo                              | MMUSD/ pozo                                 | MUSD/ módulo            | MUSD/ módulo            |
| N.A.                                       | 1674.568                                      | N.A.                                    | N.D.                                       | N.D.  | N.A.                                     | N.D.  | 4.5                     | 4.5                     |
| N.A.                                       | 1674.568                                      | N.A.                                    | N.D.                                       | N.D.  | N.A.                                     | N.D.  | N.D.                    | N.D.                    |
| N.A.                                       | 3515.155                                      | N.A.                                    | N.D.                                       | N.D.  | N.A.                                     | N.D.  | 0.02                    | 0.02                    |

| INV. BATERIA Acete superligero | INV. BATERIA gas húmedo | INV. BATERIA gas seco | INV. PLATAFORMA /12 pozos < 90 | INV. PLATAFORMA /12 pozos >= 90 | INV. ESTACION COMPRESION 50 mmpc | INV. ESTACION COMPRESION 100 mmpc | INV. ESTACION COMPRESION 150 mmpc | COSTO TRANSPORTE SECUNDARIO |
|--------------------------------|-------------------------|-----------------------|--------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| MUSD/ módulo                   | MUSD/ módulo            | MUSD/ módulo          | MMUSD/ m tirante               | MMUSD/ m tirante                | MMUSD                            | MMUSD                             | MMUSD                             | ND/HP/CE                    |
| 4.5                            | 4.5                     | 4.5                   | 9.9                            | 17                              | N.D.                             | N.D.                              | N.D.                              | 0.05796616                  |
| N.D.                           | N.D.                    | N.D.                  | 9.9                            | 17                              | N.D.                             | N.D.                              | N.D.                              | 0.01545183                  |
| 0.02                           | 0.02                    | 0.02                  | N.D.                           | N.D.                            | 0.14                             | 0.14                              | 0.14                              | 0.1575208                   |

| COSTO TRANSPORTE TRONCAL | COSTO OPERACIÓN VARIABLE | COSTO OPERACIÓN FIJO |
|--------------------------|--------------------------|----------------------|
| USD/BPCE                 | USD/BPCE                 | MUSD/POZO/MES        |
| 0.369238344              | 0.838482326              | 23.63359155          |
| 0.001014454              | 0.418970455              | 31.37066833          |
| 0.001763239              | 0.476065744              | 29.71893571          |

Fig. 3.4.2.2 Hoja de Premisas.

ANÁLISIS CON  
PALA DE ORIGEN



Hoja de Precios (Excel).

| Tipo de cambio                 |                    | 10.1625 Pesos/USD |            |            |            |            |            |            |
|--------------------------------|--------------------|-------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Tasa de descuento              |                    | 10%               |            |            |            |            |            |            |
| Aceite y condensados           |                    | USD/BL.           |            |            |            |            |            |            |
| Gas                            |                    | USD/MPC           |            |            |            |            |            |            |
| PROGRAMA                       | PRODUCTO           | 2002              | 2003       | 2004       | 2005       | 2006       | 2007       | 2008       |
| Delimitación y caracterización | aceite pesado      | 16.5402803        | 16.4921096 | 16.7177839 | 16.5933939 | 16.9327885 | 16.7397954 | 16.8450906 |
| Delimitación y caracterización | aceite superligero | 22.4402803        | 22.2921096 | 21.8177839 | 21.6933939 | 21.6327885 | 21.4397954 | 21.5450906 |
| Delimitación y caracterización | condensado         | 13.0185684        | 12.8975133 | 12.640578  | 12.569533  | 12.4684261 | 12.3546397 | 12.3980386 |
| Delimitación y caracterización | aceite ligero      | 21.2402803        | 20.9921096 | 20.4677839 | 20.3433939 | 20.2827885 | 20.0897954 | 20.1950906 |
| Delimitación y caracterización | gas humedo         | 3.76731864        | 3.54858139 | 3.46119272 | 3.47719651 | 3.4710166  | 3.46596517 | 3.46417726 |
| Delimitación y caracterización | gas seco           | 4.04428163        | 3.76482426 | 3.66875085 | 3.69634328 | 3.6983123  | 3.70097315 | 3.69371401 |
| Evaluación del potencial       |                    |                   |            |            |            |            |            |            |
| Evaluación del potencial       | aceite ligero      | 21.2402803        | 20.9921096 | 20.4677839 | 20.3433939 | 20.2827885 | 20.0897954 | 20.1950906 |
| Evaluación del potencial       | aceite pesado      | 16.5402803        | 16.4921096 | 16.7177839 | 16.5933939 | 16.9327885 | 16.7397954 | 16.8450906 |
| Evaluación del potencial       | aceite superligero | 22.4402803        | 22.2921096 | 21.8177839 | 21.6933939 | 21.6327885 | 21.4397954 | 21.5450906 |
| Evaluación del potencial       | condensado         | 13.0185684        | 12.8975133 | 12.640578  | 12.569533  | 12.4684261 | 12.3546397 | 12.3980386 |
| Evaluación del potencial       | gas humedo         | 3.76731864        | 3.54858139 | 3.46119272 | 3.47719651 | 3.4710166  | 3.46596517 | 3.46417726 |
| Evaluación del potencial       | gas seco           | 4.04428163        | 3.76482426 | 3.66875085 | 3.69634328 | 3.6983123  | 3.70097315 | 3.69371401 |
| Evaluación del potencial       |                    |                   |            |            |            |            |            |            |
| Incorporación de reservas      | aceite superligero | 22.4402803        | 22.2921096 | 21.8177839 | 21.6933939 | 21.6327885 | 21.4397954 | 21.5450906 |
| Incorporación de reservas      | condensado         | 13.0185684        | 12.8975133 | 12.640578  | 12.569533  | 12.4684261 | 12.3546397 | 12.3980386 |
| Incorporación de reservas      | gas humedo         | 3.76731864        | 3.54858139 | 3.46119272 | 3.47719651 | 3.4710166  | 3.46596517 | 3.46417726 |
| Incorporación de reservas      | gas seco           | 4.04428163        | 3.76482426 | 3.66875085 | 3.69634328 | 3.6983123  | 3.70097315 | 3.69371401 |
| Incorporación de reservas      | aceite ligero      | 21.2402803        | 20.9921096 | 20.4677839 | 20.3433939 | 20.2827885 | 20.0897954 | 20.1950906 |
| Incorporación de reservas      | aceite pesado      | 16.5402803        | 16.4921096 | 16.7177839 | 16.5933939 | 16.9327885 | 16.7397954 | 16.8450906 |

Fig. 3.3.2.3 Hoja de Precios

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



### 3.4. Documentación.

Forma parte de la Documentación, todas aquellas aportaciones que realice el usuario al Analista y desarrollador del Sistema, ya sea en forma explicativa o a través de formatos, documentos, diagramas, procesos, etc., que hayan sido proporcionados.

Se ha omitido la información de todos estos documentos, pues se trata de información confidencial para los usuarios de Petróleos Mexicanos y no se puede definir.

Es muy importante este punto, pues de toda la documentación que se logre recopilar se podrá realizar un buen y significativo Análisis para el Sistema.

Y en consecuencia se obtendrá un diseño y desarrollo a apropiados. De esta documentación se elaboraran los procesos implicados en el sistema, se determinarán los parámetros de entrada, así como los resultados esperados por el usuario.

### Conclusión.

El análisis de sistema es el proceso de estudiar su situación con la finalidad de observar cómo trabaja y decir si es necesario realizar una mejora; el encargado de llevar a cabo estas tareas es el analista de sistemas.

Los analistas son los responsables del desarrollo de sistemas de información que tengan utilidad. Por lo que al hacer el análisis es un método para modelar los componentes de un sistema, por medio de símbolos gráficos. Al preparar un modelo de esta naturaleza, el analista hace hincapié en los hechos y no en la forma en que éstos se llevan a cabo.

Al realizar el análisis de sistemas se cuenta con varias herramientas para ello, que nos permite cumplir con sus responsabilidades. Cuando estas herramientas se utilizan de manera apropiada contribuyen sustancialmente a la utilidad del sistema.

Con todo esto que sabemos sobre el análisis de sistemas, podremos empezar a realizar un sistema bien analizado y así continuaremos con el siguiente capítulo que es el desarrollo del sistema.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



# Capitulo IV

## Diseño y Desarrollo del Sistema.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## CAPÍTULO IV

### 4. DISEÑO Y DESARROLLO DEL SISTEMA.

A continuación se realizará el Diseño y Desarrollo del Sistema, en esta fase se debe decir como se va a producir un sistema eficiente (económico) y efectivo (significativo y útil). Para ello se deben evaluar los aspectos del diseño, determinar las alternativas factibles y después decidirse por un solo conjunto de especificaciones detalladas para la solución del problema. Los aspectos más importantes que se deben considerar para el diseño del sistema son:

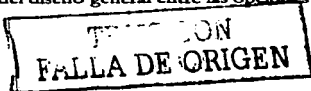
- Planes a largo plazo y flexibilidad de los sistemas: En este aspecto, las alternativas que los diseñadores pueden considerar para poner en práctica sus proyectos se deben conformar al plan general de diseño que se ha adaptado y deben decidir que tan adaptable debe ser el nuevo sistema a circunstancias cambiantes. Esto se traduce a que se tiene que producir un diseño flexible e integrado de la base de datos que se pueda adaptar más fácilmente a cambios futuros.
- Precauciones de control y factores humanos: Se debe asegurar de que cualquiera que sea las alternativas, incluyan procedimientos y controles que garanticen que no se pondrá en peligro la integridad de los datos ni la seguridad del sistema. Para ello se puede incluir en el diseño un seguimiento de auditoría en el cual se registren las transacciones a través del sistema, desde la entrada hasta la salida. Por otra parte se tiene que prestar atención al factor humano, tener presente que las alternativas y opciones que les brinda dicho sistema, que opere bajo un ambiente gráfico para que les sea agradable utilizarlo y que responda con rapidez a los procesos ya que un sistema que responde con lentitud exaspera a los usuarios.
- Concesiones económicas: Los aspectos antes mencionados no pueden tomarse antes de estudiar cuidadosamente los recursos económicos de que se dispone. La finalidad del diseño es producir un modelo o representación de una entidad que será construida posteriormente, combinando.

#### 4.1 Diseño preliminar.

Es llamado también diseño conceptual, general o estudio de factibilidad, es la especificación de los principales subsistemas o módulos y componentes, define la organización y relaciones de tablas, la índole general de las entradas y salidas, el funcionamiento previo del sistema de información.

Su finalidad es evaluar conceptos alternos, es decir, nos permite examinar varios diseños posibles antes de escoger uno para precisarlo y determinar la factibilidad del que parece mejor.

Para realizar el diseño preliminar se consideran aspectos como las especificaciones de lo que los usuarios quieren del sistema, el análisis del sistema actual (resultados y deficiencias), el análisis de factibilidad, esto es los recursos y plazos al efectuar las evaluaciones de los conceptos alternos y por último la selección del diseño general entre las opciones desarrolladas.







Es necesario la creación de diagramas que nos permitan plasmar el análisis que se ha venido haciendo con la información recabada.

#### **4.1.1. Diagrama de flujo de datos.**

Es la definición de un diagrama de flujo general en el que se muestre cual es la secuencia de las variables de entrada, como son almacenadas, procesadas y finalmente de que manera se producen informes con esos resultados. Para este diagrama no se utiliza aún una simbología estricta.

#### **4.1.2. Diagrama funcionales o jerárquicos.**

Es un diagrama en donde se especifican desde el principio las funciones del nivel más alto del sistema, descomponiéndose cada una en una jerarquía de módulos y componentes de nivel más bajo y de más fácil comprensión.

#### **4.1.3. Diccionario de datos.**

En el se deben especificar los elementos y variables de información que el sistema debe llevar, deben describirse las tablas de datos así como sus columnas. Deben clasificarse estas tablas usando diferentes criterios, de acuerdo a la información almacenada en la Base de Datos

#### **4.1.4. Definición del modelo relacional.**

En este punto se deben definir las relaciones entre las tablas de datos y verificar que tipo de relación se trata, si es de uno a uno, de uno a muchos o de muchos a muchos, esto permite entender mejor la relación que se tiene entre ellas.

#### **4.1.5. Elaboración de un prototipo.**

Es la elaboración de un modelo que muestra la composición de las pantallas y los formatos de los informes o reportes ante los usuarios iniciando un proceso de refinación si ellos señalan omisiones o equívocos.

No significa que el prototipo será ya parte del sistema, se puede realizar mediante paquetería adicional y puede ser ejecutado en la computadora. Este modelo debe simular los menús de captura de datos e incluso la propia captura de ellos, la interfaz que el usuario que puede servir para buscar, consultar y manipular datos, y el formato de los reportes de salida que serán generados por el sistema. Todo ello es con el fin de que el usuario tenga una idea más clara y precisa de la forma en que se creara el sistema.

Esto nos reduce el riesgo de desarrollar un sistema que no satisfaga las necesidades del usuario y en cierta medida reduce también el tiempo que se requiere para adiestrar a los usuarios en la operación del nuevo sistema.



#### 4.1.6. Documento de diseño.

Es un informe del diseño del sistema que debe incluir los siguientes puntos:

- Un nuevo planteamiento del alcance y objetos del estudio.
- Las especificaciones de diseño de los procedimientos y operaciones que se van a modificar.
- Los efectos que posiblemente tengan esos cambios sobre la estructura de la base de datos.
- Los probables efectos sobre las personas y los recursos del personal de que se dispone para llevar a cabo el cambio.
- Los efectos económicos del cambio así como un análisis de costos / benéficos y un análisis de los métodos de adquisición.
- Un resumen de los problemas que podrían surgir y de las ventajas que representa el cambio.

En el Sistema para Determinar el Comportamiento de un Yacimiento y Definir la Conveniencia de su Explotación, no fue necesario realizar el Diseño preliminar, pues toda la información recopilada nos lleva directamente a realizar el diseño detallado

#### 4.2 Diseño detallado.

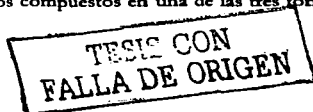
Es una descripción pormenorizada del sistema en forma verbal, con diagramas, gráficas y tablas que es suficiente para que se pueda entender el funcionamiento del mismo. Se debe realizar en forma más definida el diseño, basándose en una explicación clara y precisada cada etapa.

##### 4.2.1. Diccionario de datos detallado.

La definición que se hizo en el diseño preliminar acerca del diccionario de datos se plasma en tablas de datos en las cuales se definen los nombres de tablas sus atributos, o columnas, representación de los datos, tipo de datos, longitud, descripción o explicación breve del significado de la columna.

El objetivo del diseño del diccionario de datos es tener un dominio de la información y mostrar una descripción de los elementos de la misma. Contiene las definiciones de todos los datos de entrada, proceso y salida del Sistema. Los datos compuestos (aquellos que pueden además ser divididos), se definen en términos de sus componentes; los datos elementales (aquellos que por su naturaleza no pueden ser divididos), se definen en términos del significado de cada uno de los valores que pueden asumir.

La notación utilizada para el diseño del diccionario de datos facilita al programador analista la representación de los datos compuestos en una de las tres formas fundamentales en que puede ser construido:





- a) Como una secuencia de elementos de datos.
- b) Como una selección entre un conjunto de elementos de datos.
- c) Como una agrupación repetida de elementos de datos.

Cada entrada de un elemento de datos que se representa como parte de una secuencia, selección o repetición, puede ser a su vez otro elemento de datos compuesto, el cual necesite un posterior refinamiento dentro de diccionario de daros.

El diccionario de datos se expande hasta que todo los elementos compuestos hayan sido representados como elementos elementales o hasta que todos queden representados en términos de que puedan ser leídos por cualquier usuario. De hecho una de las características del diccionario de datos es que no presenta ambigüedad en la definición de los datos y crece extremadamente conforme se desarrolle el sistema.

La información ha sido clasificada y estructurada en las tablas de acuerdo a su utilización en los procesos y a su manejo.

Se han creado tablas de datos que son catálogos, es decir, contienen datos que no cambian constantemente a través de procesos o transacciones a la base de datos, más bien son datos fijos y únicamente cambian cuando se requiere agregar nuevas claves en ellos. Estas tablas se encuentran relacionadas con las demás mediante una clave. También se crearon tablas que contienen información específica como es el caso de oportunidades, producción, premisas, volumetría etc.

A continuación se detallan cada una de ellas, sus columnas, descripción y contenido.

**CATALOGOS.**

**Región**

| Columna    | Tipo     | Descripción   |
|------------|----------|---|
| Cve_region | Númérico | Contiene la clave de la región a la que pertenece una oportunidad |
| Nom_region | Texto    | Es el nombre de la región   |

**Activo**

| Columna    | Tipo     | Descripción   |
|------------|----------|---|
| Cve_activo | Númérico | Contiene la clave del activo al cual pertenece una oportunidad. |
| Nom_activo | Texto    | Es el nombre del activo   |

**Cat. premisas.**

| Columna     | Tipo     | Descripción   |
|-------------|----------|---|
| Cve_premisa | Númérico | Contiene la clave de la premisa                           |
| Premisa     | Texto    | Es el nombre de la premisa                                |
| Año         | Númérico | Es el año en que se calcula la premisa                    |
| Unidad      | Texto    | Indica las unidades en que esta dado el costo por premisa |

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



**Desarrollo.**

| Columna        | Tipo   | Descripción  |
|----------------|--------|--|
| Cve_desarrollo | Número | Contiene la clave del tipo de desarrollo de una oportunidad                              |
| Nom_desarrollo | Texto  | Es el nombre del tipo de desarrollo, por ejemplo puede ser terrestre, lacustre o marino. |

**Escenario.**

| Columna        | Tipo   | Descripción  |
|----------------|--------|--|
| Cve_oporunidad | Número | Contiene la clave de la oportunidad a la que pertenece el escenario. |
| Num_esc        | Número | Es el número de escenario.   |
| Fecha_crea     | Número | Fecha de creación de escenario                                       |
| Fecha_modi     | Número | Fecha de modificación del escenario                                  |

**Hidrocarburo.**

| Columna    | Tipo   | Descripción   |
|------------|--------|---|
| Cve_hidroc | Número | Contiene la clave del tipo de hidrocarburo de una oportunidad                                     |
| Nom_hidroc | Texto  | Es el nombre del tipo de hidrocarburo, por ejemplo puede ser gas seco, húmedo, aceite ligero etc. |

**Presupuesto.**

| Columna     | Tipo   | Descripción   |
|-------------|--------|---|
| Cve_Presup. | Número | Contiene la clave del tipo de presupuesto designado para una oportunidad          |
| Nom_presupc | Texto  | Es el nombre del tipo de presupuesto, por ejemplo puede ser programable, peg etc. |

**Proyecto.**

| Columna      | Tipo   | Descripción                                    |
|--------------|--------|--|
| Cve_activo   | Número | Contiene la clave del activo de la oportunidad |
| Cve_proyecto | Número | Clave del proyecto.                            |
| Nom_proyecto | Texto  | Nombre del proyecto                            |

**TABLAS DE PRODUCCIÓN Y PROCESOS.**

**Oportunidad.**

| Columna         | Tipo   | Descripción  |
|-----------------|--------|--|
| Cve_Proyecto    | Número | Es la clave del proyecto al cual pertenece una oportunidad.      |
| Cve_Oportunidad | Texto  | Es la clave de la oportunidad.                                   |
| Cve_Presup.     | Número | Clave del tipo de presupuesto dado para una oportunidad.         |
| Cve_Hidroc      | Número | Contiene la clave del tipo de hidrocarburo de una oportunidad    |
| Cve_Desarrollo  | Número | Contiene la clave del tipo de desarrollo de una oportunidad      |
| Nom_Oportunidad | Número | Es el nombre de la oportunidad                                   |
| Num_Objetivos   | Número | Es el número de objetivos que tiene la oportunidad.              |
| Campo_Análogo   | Texto  | Es el nombre del campo análogo al nombre real de la oportunidad. |
| Tirante_Ag      | Número | Es el tirante de agua  |
| Dis_Instal      | Número | La distancia hasta las instalaciones                             |
| Pozexp_Prof     | Número | Profundidad del pozo exploratorio.                               |
| Pozexp_Term     | Número | Terminación del pozo exploratorio.                               |
| Pozdes_Prof     | Número | Profundidad del pozo en desarrollo                               |
| Pozdes_Term     | Número | Terminación del pozo en desarrollo                               |

**FALLA DE ORIGEN**



|          |        |   |
|----------|--------|---|
| Fec_Eval | Número | Fecha de evaluación de la oportunidad.    |
| Fec_Prog | Número | Fecha programada para la oportunidad      |
| Peg      | Número |   |
| Dur_Per  | Número | Es la duración del periodo de perforación |
| PDD      | Número | Es la probabilidad de descubrimiento.     |

**Perc. aceite.**

| Columna         | Tipo   | Descripción   |
|-----------------|--------|---|
| Cve_Oportunidad | Número | Es la clave de la oportunidad.  |
| Num_Esc         | Número | Es 1 número de escenario de una oportunidad.  |
| mes             | Número | Guarda el mes.  |
| min             | Número | Guarda el valor mínimo del percentil de producción de aceite.                           |
| p1 hasta p100   | Número | Guarda los valores de los percentiles de producción de aceite y va de 1 a 100 columnas. |

**Perc. condensado.**

| Columna         | Tipo   | Descripción   |
|-----------------|--------|---|
| Cve_Oportunidad | Número | Es la clave de la oportunidad.  |
| Num_Esc         | Número | Es 1 número de escenario de una oportunidad.  |
| mes             | Número | Guarda el mes.  |
| min             | Número | Guarda el valor mínimo del percentil de producción para condensado.                           |
| p1 hasta p100   | Número | Guarda los valores de los percentiles de producción para condensado y va de 1 a 100 columnas. |

**Perc. gas.**

| Columna         | Tipo   | Descripción  |
|-----------------|--------|--|
| Cve_Oportunidad | Número | Es la clave de la oportunidad.   |
| Num_Esc         | Número | Es 1 número de escenario de una oportunidad.   |
| mes             | Número | Guarda el mes.   |
| min             | Número | Guarda el valor mínimo del percentil de producción para gas.                           |
| p1 hasta p100   | Número | Guarda los valores de los percentiles de producción para gas y va de 1 a 100 columnas. |

**Perc. VolumA**

| Columna         | Tipo   | Descripción   |
|-----------------|--------|---|
| Cve_Oportunidad | Número | Es la clave de la oportunidad.  |
| Num_Esc         | Número | Es 1 número de escenario de una oportunidad.  |
| Recur           | Número |   |
| Pmin            | Número | Guarda el valor mínimo del percentil de volumetría para aceite                            |
| p1 hasta p100   | Número | Guarda los valores de los percentiles de volumetría para aceite y va de 1 a 100 columnas. |

**Perc. VolumG.**

| Columna         | Tipo   | Descripción  |
|-----------------|--------|--|
| Cve_Oportunidad | Número | Es la clave de la oportunidad.   |
| Num_Esc         | Número | Es 1 número de escenario de una oportunidad.   |
| Recur           | Número |  |
| Pmin            | Número | Guarda el valor mínimo del percentil de volumetría para gas.                           |
| p1 hasta p100   | Número | Guarda los valores de los percentiles de volumetría para gas y va de 1 a 100 columnas. |



**Perc. VolumPC.**

| Columna         | Tipo   | Descripción   |
|-----------------|--------|---|
| Cve_Oportunidad | Número | Es la clave de la oportunidad.  |
| Num_Esc         | Número | Es el número de escenano de una oportunidad.  |
| Recur           | Número |   |
| Pmin            | Número | Guarda el valor mínimo del percentil de volumetría para condensado.                           |
| p1 hasta p100   | Número | Guarda los valores de los percentiles de volumetría para condensado y va de 1 a 100 columnas. |

**Precios.**

| Columna          | Tipo   | Descripción  |
|------------------|--------|--|
| Cve_hidroc       | Número | Es la clave del tipo de hidrocarburo.              |
| Programa         | Número | Es el nombre del programa.                         |
| Año1 hasta Año10 | Número | Contiene el precio por año y tipo de hidrocarburo. |

**Premi\_opor.**

| Columna         | Tipo   | Descripción  |
|-----------------|--------|--|
| Cve_Oportunidad | Número | Es la clave de la oportunidad  |
| Num_Esc         | Número | Es el número de escenano   |
| Cve_Premisa     | Número | Es la clave de la premisa.   |
| Valor_usu       | Número | Es el costo que el usuario desea ingresar para la premisa.   |
| Monito          | Texto  | Indica si el usuario ingreso el valor por premisa o por monto, de acuerdo a ello contiene una P si se ingreso por premisa y una M si se ingreso por monto. |

**Premi\_total.**

| Columna          | Tipo   | Descripción   |
|------------------|--------|---|
| Cve_Oportunidad  | Número | Es la clave de la oportunidad   |
| Num_Esc          | Número | Es el número de escenario   |
| Infraestructura  | Número | Monto de infraestructura  |
| Costo_Per_Ter_Pd | Número | Es el costo enviado para la perforación y terminación de pozo en desarrollo |
| Costo_Per_Ter_Pe | Número | Es el costo enviado para la perforación y terminación de pozo exploratorio  |
| Costo_Sis_Adic   | Número | Costo sísmica adicional   |
| Costo_Reproceso  | Número | Costo del reproceso de sísmica  |
| Costo_Estudios   | Número | Costo de estudios exploratorios   |
| Costo_plat_Des   | Número | Costo para plataforma de desarrollo   |
| Costo_Lin_Des    | Número | Costo de línea de descarga  |
| Costo_Est_comp.  | Número | Costo de la estación de compresión  |
| Costo_Ducto      | Número | Costo para ductos   |
| Costo_Batena     | Número | Costo para batería  |

**Premisas.**

| Columna        | Tipo   | Descripción   |
|----------------|--------|---|
| Cve_Activo     | Número | Es la clave del activo de la oportunidad.                 |
| Cve_Proyecto   | Número | Es la clave del proyecto al que pertenece la oportunidad. |
| Cve_Desarrollo | Número | Clave del tipo de desarrollo de la oportunidad.           |
| Tirante        | Número | Es el tirante de agua                                     |
| Capacidad      | Número | Capacidad de la plataforma                                |
| Sísmica        | Número | Costo de la premisa de sísmica                            |
| Reproceso      | Número | Costo de la premisa de reproceso de sísmica               |



|                 |        |  |
|-----------------|--------|--|
| Estudios        | Número | Costo de la premisa de estudios                  |
| Infraestructura | Número | Costo de la premisa de infraestructura           |
| Pozo_diz        | Número | Costo de la premisa de desarrollo                |
| Term_Przo_des   | Número | Costo de la premisa de desarrollo (terminación)  |
| Pozo_exp        | Número | Costo de la premisa de exploración               |
| Term_Pozo_exp   | Número | Costo de la premisa de exploración (terminación) |
| Ductos          | Número | Costo de la premisa de ducto                     |
| Lineas          | Número | Costo de la premisa de línea de descarga         |
| Plataforma      | Número | Costo de la premisa de plataforma                |
| Estación        | Número | Costo de la premisa de estación                  |
| Barena          | Número | Costo de la premisa de batería                   |
| Trans_troncal   | Número | Costo de la premisa de transporte troncal        |
| Trans_sec       | Número | Costo de la premisa de transporte secundario     |
| CO              | Número | Costo de operación                               |
| COF             | Número | Costo de operación                               |

**Producción.**

| Columna         | Tipo   | Descripción                                       |
|-----------------|--------|---|
| Cve_Oportunidad | Número | Es la clave de la oportunidad                     |
| Num_Esc         | Número | Es el número de escenario                         |
| TDI             | Número | Monto de infraestructura                          |
| MPMMIN          | Número | Rendimiento de condensados mínimo.                |
| MPMNAS          | Número | Rendimiento de condensados más probable           |
| MPMAX           | Número | Rendimiento de condensados máximo                 |
| FELMIN          | Número | Factor de encogimiento por licuables mínimo       |
| FELMAS          | Número | Factor de encogimiento por licuables más probable |
| FELMAX          | Número | Factor de encogimiento por licuables máximo       |
| QOMIN           | Número | Gasto inicial de aceite o gas mínimo              |
| QOMAS           | Número | Gasto inicial de aceite o gas más probable        |
| QOMAX           | Número | Gasto inicial de aceite o gas máximo              |
| DIMIN           | Número | Declinación inicial mínimo                        |
| DIMAS           | Número | Declinación inicial más probable                  |
| DIMAX           | Número | Declinación inicial máximo                        |
| DFMIN           | Número | Declinación final mínimo                          |
| DFMAS           | Número | Declinación final más probable                    |
| DFMAX           | Número | Declinación final máximo                          |

**Volumetría.**

| Columna         | Tipo   | Descripción   |
|-----------------|--------|---|
| Cve_Oportunidad | Número | Es la clave de la oportunidad                               |
| Num_Esc         | Número | Es el número de escenario                                   |
| Area1           | Número | Area, va de 1 a 4 columnas.                                 |
| Espesor1        | Número | Espesor, va de 1 a 4 columnas.                              |
| FG1             | Número | Factor geométrico, va de 1 a 4 columnas.                    |
| Porosidad1      | Número | Porosidad, va de 1 a 4 columnas.                            |
| Sat_Hidrocl     | Número | Saturación de hidrocarburos, va de 1 a 4 columnas.          |
| FV1             | Número | Factor volumétrico, va de 1 a 4 columnas.                   |
| FRA1            | Número | Factor de recuperación de aceite, va de 1 a 4 columnas.     |
| RGAI            |        | Relación gas aceite, va de 1 a 4 columnas.                  |
| FRG1            |        | Factor de recuperación de gas, va de 1 a 4 columnas.        |
| FRC1            |        | Factor de recuperación de condensado, va de 1 a 4 columnas. |



#### 4.2.2. Diagrama de Procesos.

Se ha realizado un diagrama como se muestra en la figura 4.2.2.1 en el cual se muestran los procesos realizados en el sistema y los resultados que arrojan el de ellos.

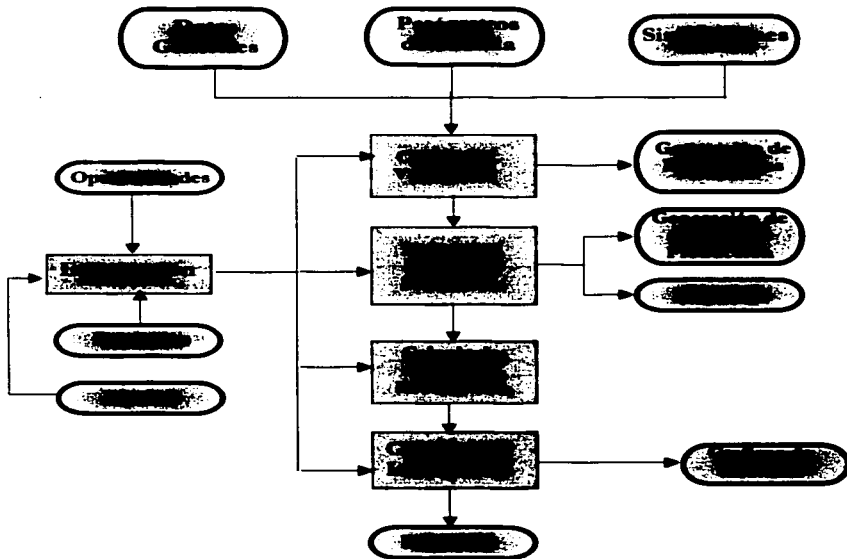


Fig. 4.2.2.1. Diagrama de Procesos.

#### 4.2.3. Diagrama de entidad relación.

Para establecer este diagrama se sigue una nomenclatura especial, por ejemplo las tablas de datos al ser plasmadas en diseño se conocen como entidades, las columnas como atributos y las llaves formadas entre ella como relaciones. De esta forma en este diagrama se definen las relaciones que existen entre las entidades, pudiendo ser de uno a uno, de uno a muchos o de





muchos a uno. Una entidad es un elemento simple o compuesto que se representa a sí mismo o a un conjunto que mantiene una cierta relación. El objetivo al crear este diagrama es organizar las entidades y las relaciones entre sus atributos.

Para la creación de este diagrama se sigue con una simbología, específica de acuerdo al software utilizado para ello, generalmente se usan los siguientes elementos:

El rectángulo con los bordes redondeados se usa para definir una entidad. Sus atributos van definidos dentro de cada una de ellas, al igual se indica mediante etiquetas de texto si se trata de llaves primarias (PK), foráneas (FK), etc., y finalmente las relaciones que pueden ser establecidas entre las entidades, por ejemplo, como se muestra en la figura 4.2.3.1.

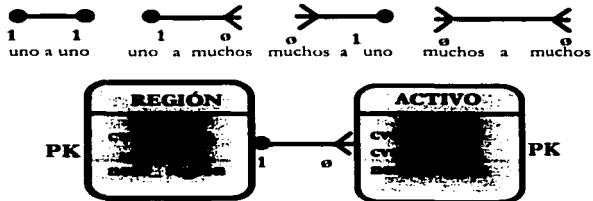


Figura 4.2.3.1. Partes del Diagrama Entidad Relación

La base de datos fue creada en Microsoft Access 2000, para ello se realizó un análisis de la información de oportunidades, premisas y precios que se proporciona el área de exploración en hojas de Excel, una vez realizando este análisis, se procedió a clasificar y organizar los datos para su almacenamiento en la base de datos y lograr así un óptimo funcionamiento de ésta.

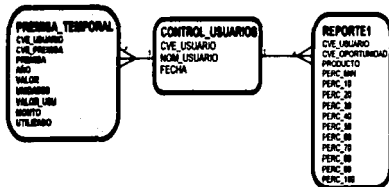
Algunos de los puntos a considerar para el diseño de la base de datos son:

- Evitar la redundancia de información.
- Establecer una llave principal para cada una de las tablas de datos.
- Establecer las llaves foráneas.
- Crear índices para agilizar la búsqueda de información en las tablas.
- Integridad referencial.

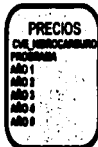
Se crearon claves para poder manipular la información de las tablas internamente, así como las columnas necesarias para poder relacionar las tablas entre sí y no perder la integridad referencial realizada. La interacción del software de desarrollo con la base de datos es transparente para el usuario.

El Diagrama de Flujo no fue requerido ya que se nos ayudo más el Diagrama Entidad Relación, en la Fig. 4.2.3.1. a continuación se muestra.





TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



4.2.3.1. Diagrama Entidad Relación



#### 4.2.4. Diseño de módulos.

Para diseñar los módulos del sistema se parte del diseño preliminar ya que ahí es posible identificar cada uno de los bloques. Una vez identificado cada uno, se procede a realizar una investigación detallada de las actividades de cada bloque. El grado de división de las actividades determina el tamaño y complejidad del diseño. Si se dividen con excesiva precisión, nunca se terminará el diseño pero si se dividen en una forma demasiado aproximada, no figurarán en él. Para ello es posible imaginar una jerarquía de actividades que nos permiten realizar el diseño de los módulos. Como se ve en la Fig. 4.2.4.1. a continuación.

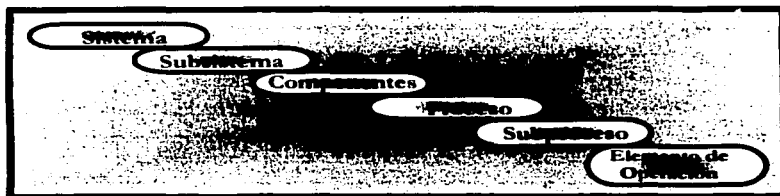


Fig. 4.2.4.1 Representación Modular de un Sistema.

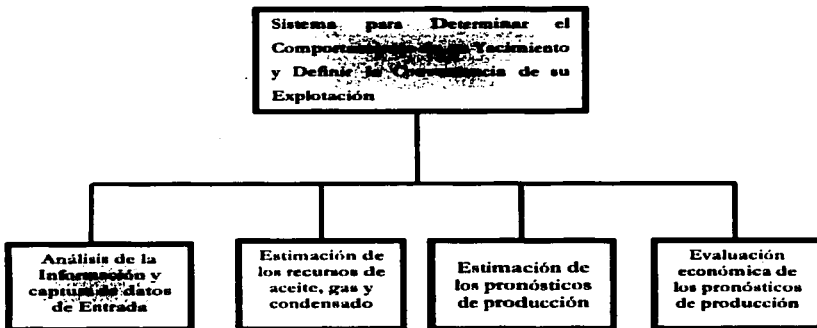
Un módulo puede constar simplemente en la agrupación de las actividades básicas del bloque definido en el diseño preliminar, basada en las funciones comunes entre esas actividades, las técnicas o procedimientos comunes, las relaciones lógicas de flujo y las entradas y salidas comunes.

La información que nos puede ayudar a seleccionar y a definir los módulos del sistema puede resumirse en:

- Deben ser definidos en forma realista.
- Se debe contar con los recursos para que sean implantados.
- Identificar cada actividad y su relación con otra.
- Especificar Los puestos de control a fin de desarrollar los flujos de información.
- Tener una lista detallada con todos los objetivos que deben cumplirse con la salida de información, por ejemplo la frecuencia de los informes sus formatos, su distribución y archivación.

En la siguiente figura se describen los módulos con los que se encuentra formado el sistema:

TECIS CON  
ALLA DE ORIGEN



#### 4.2.4.2 Módulos del Sistema.

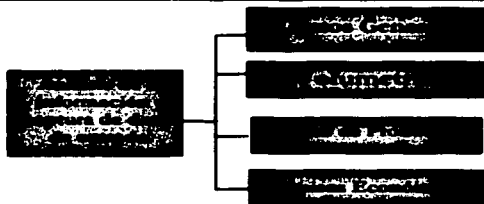
En la figura anterior se muestra como está estructurado el simulador, en el se pueden apreciar cinco módulos los cuales se van a explicar a continuación.

##### **Análisis de la Información y captura de los datos de entrada.**

La información de entrada al sistema proviene de una fuente externa que se encuentra en archivos de Microsoft Excel. Estos datos son leídos por un proceso que se realiza en el sistema de importación de información y una vez leídos son almacenados en una base de datos en Microsoft Access para ser posteriormente presentada en las diferentes pantallas del sistema ante el usuario. En ellas puede realizar las modificaciones necesarias a estos datos si así se requiere.

En la siguiente Fig. 4.2.4.3 es un Diagrama donde se presentada una pantalla principal que contiene un fólder de datos llamado tab, el cual se compone de cinco pestañas u hojas en las que se presenta en cada una de ellas las diferentes pantallas que presentan información al usuario. A continuación se explicarán cuales son los datos o variables de entrada para cada una de ellas.

FALLA DE ORIGEN



#### 4.2.4.3. Diagrama de los Tab.

##### Datos Generales.

Los datos son extraídos del archivo de oportunidades que proporcionan los usuarios del sistema, son almacenados en la tabla de oportunidad. La información de entrada son:

Claves de proyecto, de oportunidad, de presupuesto, de hidrocarburo, de desarrollo, nombre de la oportunidad, número de objetivos, nombre del campo análogo, tirante de agua, distancia a las instalaciones, profundidad del pozo exploratorio, terminación del pozo exploratorio, profundidad del pozo en desarrollo, terminación del pozo en desarrollo, fechas de evaluación y programación.

Una vez presentada en pantalla esta información, puede ser modificada por el usuario para ser posteriormente almacenada y procesada por el sistema.

##### Volumetría.

Para volumetría la información es también extraída del archivo de oportunidades y es almacenada en las tablas de volumetría y producción. Los datos de entrada son:

Clave de oportunidad, número de escenario, área, espesor, factor geométrico (FG), porosidad, saturación de hidrocarburos, factor volumétrico de formación (FVF), factores de recuperación de aceite (FRA), gas (FRG) y condensado (FRC), factor de encogimiento por transporte (FELT), factor de encogimiento por eficiencia en el manejo (FEEN), factor de conversión de gas natural a líquido, relación gas-aceite (RGA) y la probabilidad geológica.

De igual forma estos datos pueden ser modificados para realizar las simulaciones necesarias una vez que se presentan al usuario en pantalla.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



### Perfil de producción.

La información de producción es también extraída del archivo de oportunidades y una vez leída es almacenada en la tabla de producción y oportunidades, los datos son:

Clave de oportunidad, tipo de hidrocarburo, Rendimiento de condensado (MPM), factor de encogimiento por licuables (FEL), gasto inicial (Qo), duración de la primera declinación (IDD), declinación inicial (DI), declinación final (DIF) y el área de drene que es proporcionada por el usuario para realizar el cálculo de número de pozos por oportunidad.

### Premisas económicas.

Esta información es leída del archivo de premisas y almacenada en la tabla premisas y esta relacionada con el catálogo de premisas (cat\_premisas) y con la tabla de premisas por oportunidad (premi\_opor). Los valores de entrada son los siguientes:

Nombre de la premisa, año calendarizado de la premisa, costo de la premisa y las unidades en que esta dada.

De estos datos los que se puede modificar por el usuario son el costo y año de la premisa así como el monto total si es que se desea capturar. A la derecha aparecerá una columna indicando si se ha capturado el monto total o bien se ha modificado el costo de la premisa.

## 4.3. Construcción del Código.

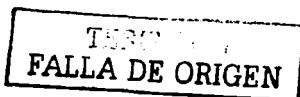
En esta etapa de la metodología de desarrollo de los sistemas la más relevante, pues se plasman el análisis y diseño en lenguaje de programación. Se programan los módulos del sistema, sus procesos, operaciones, capturas, reportes, etc.

La programación del sistema puede hacerse por módulos llamados desde un programa principal cuando se trata de sistemas complejos, ya que la modularidad nos da la facilidad para probar cada parte del sistema por separado, sin embargo hay que tener cuidado cuando se integren todas estas partes para que se ejecute el sistema completo en la duplicidad de variables, procedimientos o funciones, hay que cuidar también el aspecto de que no se tenga redundancia en los mismos.

### 4.3.1. Construcción del código ó programación.

Es la elaboración de programas y módulos en lenguaje de programación que integran el sistema. Antes de capturar el código en la computadora, es recomendable elaborar pruebas lógicas y de escrito para evitar errores posteriores.

A continuación se muestra parte del código elaborado para algunas pantallas y procesos del Simulador.





Para realizar la Importación de datos hacia la Datos en Access se realizo el siguiente código, pero no se pone el código completo es por que es confidencial.

### Importación de Datos.

```

..... IMPORTAR .....
Function ImportarImpor As Integer
abre:
cuenta = 0
Form1.CommonDialog1.Filter = "Archivos de Microsoft Excel (*.xls)|*.xls"
On Error GoTo fin
Form1.CommonDialog1.Show Open
Form1.CommonDialog1.Cancel Error = True
Arc_Excel = Form1.CommonDialog1.FileName
If Form1.CommonDialog1.Cancel Error = True Then Exit Function

Form1.Refresh
Form2.Show vbModalless
Form2.Refresh
Form2.Text(0).Text = Arc_Excel
For i = 1 To Len(Arc_Excel)
If InStr(Arc_Excel, "\", vbTextCompare) > pos Then pos = InStr(i, Arc_Excel, "\", vbTextCompare)
If pos > 1 Then i = pos
Next i
If Len(Arc_Excel) = 0 Then Exit Function
Arech = Mid(Arc_Excel, pos + 1, Len(Arc_Excel) - 4 - pos)
If Len(Trim(Arc_Excel)) > 0 Then
Select Case Import
Case 0:
If UCase(Arech) = "OPORTUNIDADES" Then
Set dbexcel = OpenDatabase(Arc_Excel, False, False, "Excel 4.0j HDR=NO")
Else
MsgBox "Debe seleccionar el archivo de excel llamado OPORTUNIDADES", vbInformation + vbOKOnly, "Importación de
Datos"
GoTo abre
End If
On Error Resume Next
Set rstexcel = dbexcel.OpenRecordset("OPORTUNIDADES")
If rstexcel.RecordCount = 0 Then GoTo nop
rstexcel.MoveLast 'cuenta el recordset, con registros reales
rstexcel.MoveFirst 'alta el primer registro que contiene
rstexcel.MoveNext 'sus nombres de columna.

Form2.Text(1).Text = rstexcel.RecordCount
Form2.ProgressBar1.Max = rstexcel.RecordCount

'-----TABLA "Catalogos"-----
'On Error Resume Next
sitodo = 0
While rstexcel.EOF = False
'region
Call LecRec(conn, rstnew1, "SELECT * FROM Region WHERE Nom_Region LIKE '" & rstexcel.Fields(0) & "'", adOpenKeyset)
Set rstnew1 = dbmsdexp.OpenRecordset("SELECT * FROM Region WHERE Nom_Region LIKE '" & rstexcel.Fields(0) & "'",
dbOpenMaxsc)
With rstnew1
If .RecordCount = 0 Then
.AddNew
!Nom_Region = rstexcel.Fields(0)
.Update
.Move Previous
End If
End With

```

FALLA DE ORIGEN







\*\*\*\*\*  
 \*Calcula los permisos de licencias en los combos  
 ImageComboA: SelectoItem = ImageCombo(a) CombosItem5)  
 Next 4

End Sub  
 Create  
 End Sub

**Volumetria.**

\*\*\*\*\* Volumetria \*\*\*\*\*  
 Function rec\_prospesio(siprice As Integer, iterac As Integer)

H.P. = 35.1467  
 F.C.B. = 6.2090104

Select Case siprice  
 Case 0 'oportunidades de aceite  
 \*Moglos "oportunidades de Aceite"

For i = 1 To iterac  
 RRAM3 = (matA(i) \* matF(i) \* matG(i) \* matP(i) \* matSH(i) \* matRA(i) / matV(i)  
 RRAB = (RRAM3 + FCB)  
 matRRA(i) = RRAB

RRGBP = RRAM3 \* matRG(A)  
 RRGEPM3 = RRGBP \* matFEEM(i) \* matFE(L)  
 RRGEPPC = (RRGEPM3 + FCP) / 1000  
 matRRG(i) = RRGEPPC

RRCM3 = (RRAM3 \* matRC(A) \* matFEEM(i) \* matRC(i) / 1000000)  
 RRCEB = (RRCM3 + FCB)  
 matRRC(i) = RRCEB

\* RRCE = RRAB + (RRGBP + RRCEB)  
 Next i

Case 1 'oportunidades de gas  
 For i = 1 To iterac  
 RRGEPM3 = ((matA(i) \* matF(i) \* matG(i) \* matP(i) \* matSH(i) \* matRG(i) \* matFEEM(i) \* matFE(L)) / matV(i)  
 RRGEPPC = RRGEPM3 \* (FCP / 1000)  
 matRRG(i) = RRGEPPC

RRCM3 = ((matA(i) \* matF(i) \* matG(i) \* matP(i) \* matSH(i) \* matRG(i) \* matFEEM(i) \* matRC(i) / (matV(i) \* 1000000)  
 RRCEB = RRCM3 + (FCB)  
 matRRC(i) = RRCEB

matRRA(i) = 0 'no hay recuperacion  
 Next i  
 End Select

\* Permisos Cruce Equivalente  
 For i = 1 To iterac  
 \* matPCE(i) = matRRA(i) + matRRG(i) \* FCP / Val(Form1.Text5.Text) + matRRC(i)  
 \* matPCE(i) = matRRA(i) + matRRG(i) / Val(form1.Text5.Text) + matRRC(i)  
 Next i  
 End Function

**Perfil de Producción.**

\*\*\*\*\* Perfil de Producción \*\*\*\*\*  
 Sub calcula\_gastos(numero As Integer)  
 \*Calcula los gastos iniciales y finales, numero de declinaciones

\*FCGEBPL = 1 'verificar cual de los dos es: FCGEBPL y FCGEBPL  
 FCGEPL = Val(Form1.Text5.Text)

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN



```

Call LacRec(Conn, respres, "SELECT * FROM Premias WHERE Cve_Proyecto = " & proy)
If Not respres.EOF Then
    If respres.RecordCount = 0 Then
        MsgBox "No ha ingresado los datos de las premias", vbInformation + vbOKOnly, "Premias"
    Else Sub
        The
            CProy = respres.Fields("Cve_Proj") 'En la consulta sustituir la clave de proyecto correspondiente del combo de datos generales
            CProy2 = respres.Fields("Cve_Proj2")
        End If
    End If
End If
respres.Close

hd = MultiForm.Images.Combo4.List(1,6)
F4.MN = 5.615 'Factor de conversión de tonel a picubeto

Call LacRec(Conn, rntemp, "SELECT * FROM Oportunidad.Proyecto WHERE Cve_Oportunidad = " & Val(Form1.Text(0).Text) & " AND Proyecto.Cve_Proyecto=(Oportunidad.Cve_Proyecto)"
'Set rntemp = dbmsdexp.OpenRecordset("SELECT * FROM Oportunidad.Proyecto WHERE Cve_Oportunidad = " & Val(Form1.Text(0).Text) & " AND [Proyecto.Cve_Proyecto]=[Oportunidad.Cve_Proyecto]", dbOpenForwardOnly)
'MsgBox rntemp!Proyecto_Nep]
'MsgBox rntemp!Cve_I_hidroc
If Not rntemp.EOF Then
    If LacI(hd, 1) = "A" Then
        Call LacRec(Conn, respres, "SELECT * FROM Precios WHERE Programa = "" & rntemp!Proyecto_Nep] & "" AND Cve_I_hidroc = "" & rntemp!Cve_I_hidroc)
        'MsgBox respres.Fields(5)
        Call LacRec(Conn, respres2G, "SELECT * FROM Precios WHERE Programa = "" & rntemp!Proyecto_Nep] & "" AND Cve_I_hidroc = "" & rntemp!Cve_I_hidroc)
        'MsgBox respres2G.Fields(5)
    Else
        'Set respres = dbmsdexp.OpenRecordset("SELECT * FROM Precios WHERE Programa = "" & rntemp!Proyecto_Nep] & "" AND Cve_I_hidroc = "" & rntemp!Cve_I_hidroc)
        'MsgBox respres.Fields(5)
        'Set respres = dbmsdexp.OpenRecordset("SELECT * FROM Precios WHERE Programa = "" & rntemp!Proyecto_Nep] & "" AND Cve_I_hidroc = "" & rntemp!Cve_I_hidroc)
        'MsgBox respres.Fields(5)
        If Not respres.EOF Then
            For i = 1 To 10
                For j = 1 To 12
                    Pre_act((i - 1) * 12 + j) = respres.Fields(6 + j)
                    Pre_pas((i - 1) * 12 + j) = respres.Fields(6 + j)
                Next j
            Next i
            For j = 121 To 640
                Pre_act(0) = Pre_act(120) 'si se cambia el numero de años en los que
                Pre_pas(0) = Pre_pas(120) 'permanece constante los precios cambiar estos datos
            Next j
        End If
        respres2G.Close
        respres2G.Close
        'Set rntemp = dbmsdexp.OpenRecordset("SELECT * FROM I Hidrocarburo WHERE Nom_I_hidroc = " & Val(Form1.Text(0).Text) & " AND [Proyecto.Cve_Proyecto]=[Oportunidad.Cve_Proyecto]", dbOpenForwardOnly)
        'Call LacRec(Conn, respres, "SELECT * FROM Precios WHERE Programa = "" & rntemp!Proyecto_Nep] & "" AND Cve_I_hidroc = "" & rntemp!Cve_I_hidroc)
        'MsgBox respres.Fields(5)
        'Set respres = dbmsdexp.OpenRecordset("SELECT * FROM Precios WHERE Programa = "" & rntemp!Proyecto_Nep] & "" AND Cve_I_hidroc = "" & rntemp!Cve_I_hidroc)
        'MsgBox respres.Fields(5)
        If Not respres.EOF Then
            For i = 1 To 10
                For j = 1 To 12
                    Pre_act((i - 1) * 12 + j) = respres.Fields(6 + j)
                    Pre_pas((i - 1) * 12 + j) = respres.Fields(6 + j)
                Next j
            Next i
            For j = 121 To 640
                Pre_act(0) = Pre_act(120) 'permanece constante los precios cambiar estos datos
            Next j
        End If
    End If
End If

```

TRABAJO CON FALLA DE ORIGEN





premisas Close  
End Sub

### Inversión y Valor Presente Neto.

..... Inversión y Valor Presente Neto.....

Function ingresos(Iter As Integer, durp As Integer)

U'Ubicacion = U'ase(1) end images comb(5): (x4)

If U'Ubicacion = "MARINCO" Then

Mes\_Orgen = 61 'Inicio de Año 4

ElseIf U'Ubicacion = "TERRIZO" Then

Mes\_Orgen = 49 'Inicio de Año 3

Else 'Inicio = "RISUEÑAS" Then

Mes\_Orgen = 31 'Inicio Año

End If

Else

MisInfo: 'Ubicacion no determinada. Se asume Ubicacion 'Terrestre', vbOKOnly

Mes\_Orgen = 49

End If

varmax = numpozos(i)

For i = 2 To iter

If varmax < numpozos(i) Then

varmax = numpozos(i)

End If

Next i

If varmax < 2 Then varmax = 2

desp = Int(varmax / 2)

limmax = (maximo + Mes\_Orgen) + (desp \* (durp / 30.4)) + 1 'maximo limite que puede llegar con los desplazamientos

If limmax < (60) Then limmax = (60)

Erase ingretotal

ReDim ingretotal(Iter, limmax)

Erase inver

ReDim inver(22, iter, limmax) 'ver si se le aumenta 24

'Oliva

Erase pozoperf

ReDim pozoperf(Iter, limmax)

Erase pozact

ReDim pozact(Iter, limmax)

Erase FC

ReDim FC(Int(limmax / 12))

N = 1

'desp = 20

'On Error GoTo error

To = Round(durp / 30.4) 'el primer se desplazamiento

b = 0

it = 1 'inicio del arreglo

TD = 0.1 'tasa de descuento

For k = 1 To iter

pozoperfo = numequip(numpozos(k)) 'obtiene el # de equipos de acuerdo al # pozos

desp = Int(numpozos(k) / pozoperfo)

If desp = 0 Or desp = 1 Then

erman = 0

Else

erman = numpozos(k) - (desp \* pozoperfo)

End If

Call premisas(k)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



```
porperfo.k, des = Mes_Origen + pozperfo
porperfo.k, Mes_Origen = pozperfo
varposact = pozperfo
```

```
des = Round(durp * 30 / 30.4) Duración de perforación
For m = 1 To máximo
```

```
  * Ingresos
  ingreso.totalk, m = Mes_Origen - 1 + des + lngk, m + pozperfo * 0.0304
  * Costo de transporte secundario
  invert16, k, m = Mes_Origen - 1 + des + peck, m * costo_sec / 1000 + pozperfo
  * Costo de transporte frenal
  invert17, k, m = Mes_Origen - 1 + des + peck, m * costo_fren / 1000 + pozperfo
  * Costo variable
  invert18, k, m = Mes_Origen - 1 + des + peck, m * costo_var / 1000 + pozperfo
  * Costo fijo
  invert19, k, m = Mes_Origen - 1 + des + costo_fijo / 1000 + pozperfo
Next m
```

```
If desp = 1 Or desp = 0 Then
  invert9, k, Mes_Origen = inf_des + pozperfo
  invert10, k, Mes_Origen = per_poz_des + pozperfo
  invert11, k, Mes_Origen = ter_poz_des + pozperfo
  invert12, k, Mes_Origen = lin_des + pozperfo
End If
```

\*Suma los desplazamientos

```
For d = 2 To desp - 1 'numero de desplazamientos
  des = Round(durp * (d - 2) / 30.4) Duración de perforación mes origen y programa de perfora
  pozacton = pozacton + pozperfo
  invert9, k, Mes_Origen + des = inf_des + pozperfo
  invert10, k, Mes_Origen + des = per_poz_des + pozperfo
  invert11, k, Mes_Origen + des = ter_poz_des + pozperfo
  invert12, k, Mes_Origen + des = lin_des + pozperfo
  varposact = varposact + pozperfo
```

```
des = Round(durp * d / 30.4) Duración de perforación
```

```
End Function
```

## Reportes.

### Reportes

```
Private Sub Command15_Click()
Dim rpt As ADODB.Recordset
Dim Cmd As New ADODB.Command
Dim rep As Integer, rep2 As String
Dim reportin As Integer
```

```
rep = ImageCombo1(0).SelectedItem.Index
rep2 = Mid(ImageCombo1(0).CombOItems(rep), 1, 3)
```

```
Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Data Source=c:\ver 5.1\ver 5.1\FMODOBLOEXP3.mdb;Persist Security Info=False
SELECT * FROM oportunidad_perfiles_M3.proyecto WHERE oportunidad_cve_oporunidad+perfiles_ac_cve_oporunidad AND
oporunidad_cve_proyecto+proyecto_cve_proyecto AND oportunidad_cve_oporunidad=2638
```

```
If Options5.Value = True Then
Dim ccc As String
Dim Fechprog As String
```

```
ccc = Text1(0)
Call LeeRec(comm, rst, "SELECT * FROM Oportunidad WHERE Nom_Oporunidad = " & List4.Text & "", adOpenStatic)
Form1.Text1(0).Text = rstCve_Oporunidad
Fechprog = rstfece_prog + 1
Fechprog = Format(Now, "YYYY") - 1
```

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Select Case rep2

Case "001" "Llama reporte de Distribucion de Recursos Prospectivo de Aceite Riesgo"

```
Call LecRec(om, st, "SELECT" "Distribucion de Recursos Prospectivos de Aceite (con riesgos) as tit," & _
"recve_cve_ oportunidad, nom_ oportunidad, nom_ proyecto, p100, p80," & _
"p70, p60, p50, p40, p30, p20, p10, min, media, dev from oportunidad," & _
"Rec Ace, proyecto where Rec Ace_cve_ oportunidad = " & Val(Param1.Fort(10)) & " and " & _
"Rec Ace riesgo = 1 and oportunidad_cve_ oportunidad = " & recve_cve_ oportunidad and
proyecto_cve_ proyecto = oportunidad_cve_ proyecto", adlOpenKeyset)
```

report = 10

•  
•  
•

End Select  
End Sub

**4.3.1.1. Definición de fórmulas.**

En este módulo se realiza el cálculo de los recursos recuperables de hidrocarburos en base a los parámetros introducidos en la pantalla de volumetría.

Una vez que se han realizado los cambios en pantalla de todos los parámetros de volumetría, se procede a realizar el calculo de los recursos recuperables en base al tipo de hidrocarburo de cada oportunidad. Para ello se han utilizado las siguientes expresiones:

**OPORTUNIDAD DE ACEITE:**

Recurso recuperable de aceite en metros cúbicos (RRAM3):

$$RRAM3 = (A * E * FG * P * SH * RA) / FV$$

donde:

|    |                                  |
|----|----------------------------------|
| A  | Área                             |
| E  | Espesor                          |
| FG | Factor geométrico                |
| P  | Porosidad efectiva               |
| SH | Saturación de hidrocarburos      |
| RA | Factor de recuperación de aceite |
| FV | Factor volumétrico de formación  |

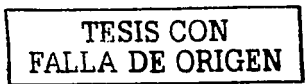
Recurso recuperable de aceite en barriles (RRAB):

$$RRAB = (RRAM3 * FCB) / 1000$$

donde:

|     |  |
|-----|--|
| FCB | Factor de conversión a barriles (6.28981041) |
|-----|--|

Recurso recuperable de gas a boca de pozo en Mm3 (RRGBP):





$$\mathbf{RRGBP = RRAM3 * RGA}$$

donde: RGA Relación gas aceite.

Recurso recuperable de gas entregado a plantas en Mm3 (RRGEP):

$$\mathbf{RRGEPM3 = RRGBP * FEEM * FEL}$$

donde: FEL Factor de encogimiento por licuables  
FEEM (MPMM) Factor de rendimiento de condensados.

Recurso recuperable de gas entregado a plantas en MIMPC (RRGEPPC):

$$\mathbf{RRGEPPC = (RRGEPM3 * FCP) / 1000000}$$

donde: FCP Factor de conversión a pies (35.31467)

Recurso recuperable de condensado en Mm3 (RRCM3):

$$\mathbf{RRCM3 = (RRAM3 * RGA * FEEM * RC) / 1000000}$$

donde: RGA Relación gas-aceite  
FEEM (MPMM) Factor de rendimiento de condensados.  
RC Factor de recuperación de condensados

Recurso recuperable de condensado en MMB (RRCB):

$$\mathbf{RRCB = (RRCM3 * FCB) / 1000000}$$

donde: FCB Factor de conversión a barriles (6.28981041)

**OPORTUNIDAD DE GAS:**

Recurso recuperable de gas entregado a plantas en Mm3 (RRGEP):

$$\mathbf{RRGEPM3 = (A * E * FG * P * SH * RG * FEEM * FEL) / FV}$$

donde: A Área  
E Espesor  
FG Factor geométrico  
P Porosidad efectiva  
SH Saturación de hidrocarburos  
RG Factor de recuperación de gas  
FEL Factor de encogimiento por licuables

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN





FEEM (NPM)M  
FV

Factor de rendimiento de condensados.  
Factor volumétrico de formación

**Recurso recuperable de gas entregado a plantas en MMB (RRGEPPC):**

$$RRGEPPC = RRGEPM3 * (FCP / 1000000)$$

donde:

FCP Factor de conversión a pies (35.31467)

**Recurso recuperable de condensado en Mm3 (RRCM3):**

$$RRCM3 = (A * E * FG * P * SH * RG * FEEM * RC) / (FV * 1000000)$$

donde:

A Área  
E Espesor  
FG Factor geométrico  
P Porosidad efectiva  
SH Saturación de hidrocarburos  
RG Factor de recuperación de gas  
FEEM (NPM)M Factor de rendimiento de condensados.  
RC Factor de recuperación de condensados  
FV Factor volumétrico de formación

**Recurso recuperable de condensado en MMMPC (RRCB):**

$$RRCB = RRCM3 * (FCB / 1000000)$$

donde:

FCB Factor de conversión a barriles (6.28981041)

**Petróleo crudo equivalente (PCE):**

$$PCE = RRA + RRG * FCP / FCGNL$$

donde:

RRA Recurso recuperable de aceite  
RRG Recurso recuperable de gas  
FCP Factor de conversión a pies (35.31467)  
FCGNL (BOE) Factor de conversión de gas natural a líquido

#### 4.3.1.2. Estimación de los pronósticos de producción.

Para este módulo se realizan los cálculos de los pronósticos de producción de las oportunidades de aceite y gas. Para ello se toman los datos presentados en la pantalla de perfil de producción, en la cual el usuario puede o no haber realizado cambios en algunos parámetros como el tiempo de la duración de la declinación, los gastos inicial y final de la producción así como en las mismas declinaciones.



Las expresiones utilizadas para calcular estos pronósticos son las siguientes:

Conversión de las declinaciones efectivas a nominales mensuales (DNIm, DNFm):

$$\begin{aligned} \text{DNIm} &= -\text{Log}(1 - \text{DI})/12 \\ \text{DNFm} &= -\text{Log}(1 - \text{DF})/12 \end{aligned}$$

donde:

DI                    Declinación efectiva inicial  
DF                    Declinación efectiva final

**OPORTUNIDAD DE ACEITE:**

Gasto de aceite (Qa):

$$Qa = QO * \text{Exp}(-\text{DNIm} * Qant)$$

donde:

QO                    Gasto inicial  
Qant                  Gasto de aceite anterior

Gasto de gas (Qg):

$$Qg = Qa * \text{RGA} * \text{FEEM} * \text{FEL} * \text{FCBPC}$$

donde:

RGA                    Relación gas aceite  
FEEM (MPMM)        Factor de rendimiento de condensados.  
FEL                    Factor de encogimiento por licuables  
FCBPC                  Factor de conversión de barriles a pies cúbicos (5.615)

Gasto de condensado (Qc):

$$Qc = Qa * \text{RGA} * \text{FEEM} * \text{RC} / (10 \wedge 6)$$

donde:

RGA                    Relación gas aceite  
FEEM                  (MPMM) Factor de rendimiento de condensados.  
RC                    Factor de recuperación de condensados

Petróleo crudo equivalente (PCE):

$$PCE = Qa + (Qg / \text{FCGEPL}) + Qc$$

donde:

FCGEPL                Factor de conversión de gas a líquido

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



**OPORTUNIDAD DE GAS:**

Gasto de gas ( $Q_g$ ):

$$Q_g = Q_a * FEEM * FEL * FCBPC$$

donde:

|       |   |
|-------|---|
| FEEM  | (MPMN) Factor de rendimiento de condensados.            |
| FEL   | Factor de encogimiento por licuables                    |
| FCBPC | Factor de conversión de barriles a pies cúbicos (5.615) |

Gasto de condensado ( $Q_c$ ):

$$Q_c = Q_a * FEEM * RC / (10 \wedge 6)$$

donde:

|      |  |
|------|--|
| RGA  | Relación gas aceite                          |
| FEEM | (MPMN) Factor de rendimiento de condensados. |
| RC   | Factor de recuperación de condensados        |

Petróleo crudo equivalente (PCE):

$$PCE = (Q_g / FCGEPL) + Q_c$$

donde:

|        |                                       |
|--------|---------------------------------------|
| FCGEPL | Factor de conversión de gas a líquido |
|--------|---------------------------------------|

**4.3.1.3 Evaluación económica de los pronósticos de producción.**

Para este módulo se realiza las operaciones para cálculos de Ingresos en base a los pronósticos de los gastos de producción tanto para oportunidades de aceite como de gas. De igual manera se realiza los cálculos de las premisas de inversión. Todas las expresiones utilizadas se describen a continuación:

**OPORTUNIDAD DE ACEITE:**

**Ingresos (Ing):**

$$Ing = Q_a * Pre\_ac + Q_g * Pre\_gas + Q_c * Pre\_cond$$

donde:

|          |                      |
|----------|----------------------|
| Pre_ac   | Precio de aceite     |
| Pre_gas  | Precio de gas        |
| Pre_cond | Precio de condensado |

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



OPORTUNIDAD DE GAS:

**Ingresos (Ing):**

$$\text{Ing} = \text{Pre\_ac} + \text{Qg} * \text{Pre\_gas} + \text{Qc} * \text{Pre\_cond}$$

donde:

|          |                      |
|----------|----------------------|
| Pre_ac   | Precio de aceite     |
| Pre_gas  | Precio de gas        |
| Pre_cond | Precio de condensado |

CÁLCULO DE LAS PREMISAS DE INVERSIÓN:

**Estudios Exploratorios:**

$$\text{Estudios} = \text{costo} * \text{numest}$$

donde:

|        |  |
|--------|--|
| costo  | Es el costo promedio por estudio definido para la premisa de estudios exploratorios. |
| numest | Es el número de estudios realizados  |

**Sísmica:**

$$\text{Sísmica} = \text{costo} * \text{area} * 2$$

donde:

|       |   |
|-------|---|
| costo | Es el costo por km <sup>2</sup> para la premisa de sísmica      |
| area  | Es el área máxima introducida en la pantalla de datos generales |

**Pozos exploratorios:**

$$\text{Pozoexp} = \text{costo} * \text{metros}$$

donde:

|        |   |
|--------|---|
| costo  | Costo promedio de la premisa de perforación |
| metros | Metros a perforar                           |

**Ductos:**

$$\text{Ductos} = \text{costo}$$

donde:

|       |   |
|-------|---|
| costo | Costo por kilómetros dado en la premisa de ductos |
|-------|---|

**Pozos en desarrollo:**

$$\text{Pozodes} = (\text{costoperf} * \text{metros}) + (\text{costoter} * \text{numpru})$$

donde:

|           |   |
|-----------|---|
| costoperf | Costo de la premisa de perforación en pozos de desarrollo |
| metros    | Metros a perforar   |
| costoter  | Costo de la premisa de terminación en pozos de desarrollo |
| numpru    | Número de pruebas (terminaciones)                         |

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Plataforma de pozos de desarrollo:**

$$\text{Plat} = \text{costo} * \text{mirante}$$

donde:

|         |   |
|---------|---|
| costo   | Costo de la premisa de plataforma de desarrollo |
| mirante | Metros de tirante de agua                       |

**Infraestructura de perforación:**

$$\text{Infperfo} = \text{costo} * \text{numpozos}$$

donde:

|          |   |
|----------|---|
| costo    | Costo de la premisa de Infraestructura de perforación |
| numpozos | Número de pozos de la oportunidad                     |

**Línea de descarga:**

$$\text{Lindesc} = \text{costo} * \text{numpozos}$$

donde:

|          |  |
|----------|--|
| costo    | Costo de la premisa de línea de descarga |
| numpozos | Número de pozos por oportunidad          |

**Batería:**

$$\text{Bateria} = \text{costo} * (\text{volumen} / (\text{modulo} * \text{boe}))$$

donde:

|         |                                     |
|---------|-------------------------------------|
| costo   | Costo de la premisa de batería      |
| volumen | Recurso recuperable de aceite y gas |
| modulo  | Módulo de separación (25)           |
| BOE     | Factor (5)                          |

**4.3.2. Pruebas integrales.**

Las pruebas del sistema se realizan con el fin de determinar si los resultados que arroja el sistema son correctos. Los datos con los que se ejecutará la prueba deben ser representativos, excepcionales, incorrectos o incompletos para detectar la capacidad de manejo de errores de sistema.

Otra manera de probar el sistema es asignar en gran parte de las pruebas a otra persona ajena al sistema, pues muchas veces un punto de vista diferente es útil de manera que los errores que pasan desapercibidos por el programador que esta familiarizado con el código pudieran ser evidentes para otra persona.

Las pruebas consisten en:

- Verificar cada módulo de manera independiente.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



- Verificar todos los módulos procesando los problemas de prueba en todo el sistema.
- Verificar los procedimientos.
- Verificar los controles.

Si las pruebas se planean debidamente, se preparan sus especificaciones y procedimientos. Las primeras expresan los objetivos de las pruebas y los resultados aceptables y los procedimientos definen los pasos que implica la realización de ellas. Las especificaciones definen las entradas y salidas en función de la precisión, confiabilidad, variación frecuencia de entradas, condiciones normales de operación y en general características propias del factor humano.

Si el sistema pasa la pruebas, se puede liberar, no obstante es posible que todavía existan errores debido a la existencia de miles de trayectorias a través de él.

A continuación se muestran en las Fig. 4.3.2.1. y 4.3.2.2. las Gráficas y los Reportes ya impresos de una Oportunidad seleccionada.

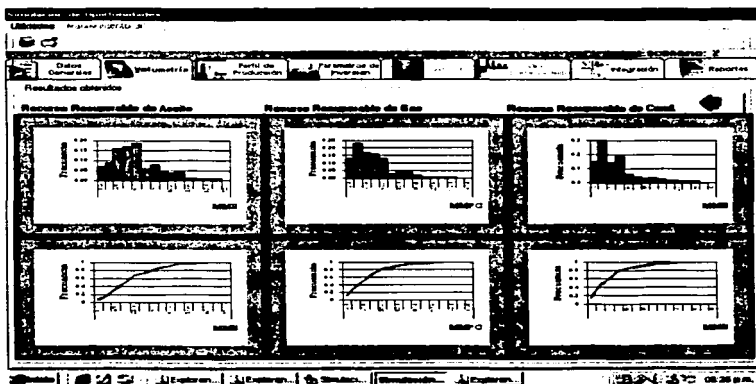


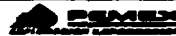
Fig. 4.3.2.1. Gráficas de Volumetría.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN





Proceso Experimental y Productivo  
Subdivisión de Planeación  
04/08/2002



Distribución de Recurso Proyectivo de Aceto (con riesgo)

|                    |               |            |       |
|--------------------|---------------|------------|-------|
| Proyecto:          | Módulo:       | Módulo:    | 0.00  |
| Operatividad:      | Submódulo 1.1 | Módulo:    | 94.00 |
| Cto. Operatividad: | 3763.1        | Módulo:    | 0.00  |
|                    |               | Submódulo: | 0.00  |

|      |       |
|------|-------|
| 000h | 12.20 |
| 001h | 0.00  |
| 002h | 0.00  |
| 003h | 0.00  |
| 004h | 0.00  |
| 005h | 0.00  |
| 006h | 0.00  |
| 007h | 0.00  |
| 008h | 0.00  |
| 009h | 0.00  |

Fig. 4.3.2.4. Reporte 2.

**Conclusión.**

En el diseño también se utiliza un modelo gráfico para la descripción del sistema, formula las especificaciones funcionales para los módulos de software. Asimismo, también incluye una descripción de la interacción entre los diferentes módulos pero sin mostrar la lógica interna de cada uno. Todas las definiciones de datos, procesos y demás información pertinente, se encuentran descritas en el diccionario de datos, que es un elemento central en el método de análisis.

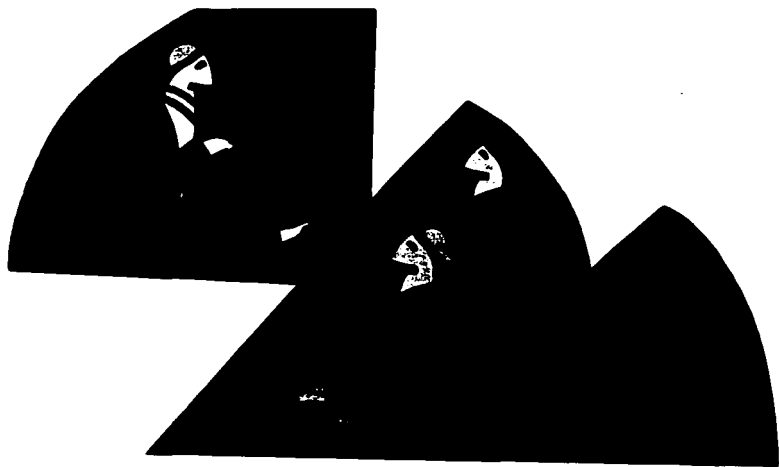
Los diseñadores desarrollan e implementan un sistema de información, incluye la investigación preliminar, la recolección de datos junto con la determinación de requerimientos, el diseño de un sistema, el desarrollo del software, la prueba de los sistemas y su implantación. Muchas de estas actividades pueden realizarse en forma concurrente y esto hace posible que las diferentes partes del sistema se encuentren, al mismo tiempo, en distintos grados de avance.

Los analistas que desarrollan un sistema con bases de datos deben trabajar con los administradores de la base de datos para determinar cómo se almacenarán los datos y qué método se utilizarán para su recuperación y conversión al formato que requiera el programa.

El diseño es la línea más significativa a la aceptación de un sistema por parte de los usuarios. Un sistema bien diseñado puede aumentar la eficiencia del usuario y reducir la probabilidad de los errores serios que podrían afectar de manera adversa a una organización. Por lo que en este capítulo vimos todo lo que se refiere a diseño y a desarrollo del sistema, para posteriormente pasar a la Implantación, Pruebas y mantenimiento del sistema.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN





# Capítulo V

## Implantación, Pruebas y Mantenimiento.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## CAPÍTULO V

### 5. IMPLANTACIÓN, PRUEBAS Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA.

En este capítulo se explicará en que consiste la fase de implantación en el desarrollo de sistemas. Se dará una breve explicación de los principales actividades que se llevan a cabo cuando se realiza la implantación de software, la capacitación a los usuarios, la elaboración de manuales y el mantenimiento entre otra, como se indica a continuación.

#### 5.1 Implantación.

Esta fase consiste en convertir las especificaciones del diseño en un sistema funcional. Abarca las pruebas, capacitación y mantenimiento. Implantar significa realizar un cambio organizacional y técnico que consiste en adquirir recursos, equipo y personal; transferir y capacitar al personal; probar el sistema, operarlo y mantenerlo. El costo de la implantación suele ser elevado debido a la adquisición de equipo y suministros, preparación de los manuales, capacitación etc.

##### 5.1.1. Plan de arranque.

Son demasiadas las actividades que se incluyen en la planeación de la implantación pero muchas de ellas pueden realizarse en paralelo.

1. Identificación de las tareas de implantación. Las principales son:
  - La adquisición, capacitación y organización de personal
  - La adquisición de hardware y software
  - Generación de archivos
  - Operación del sistema
  - Evaluación y mantenimiento del sistema
  - Documentar el sistema de trabajo.
2. Establecimiento de relaciones entre tareas. Es recomendable contar con un diagrama de red de Gantt que nos indique el tiempo y duración de cada actividad y además que podamos observar las relaciones entre actividades y ver cuales se pueden realizar en paralelo.
3. Establecimiento de un programa. Se basa en la gráfica que se cita en el punto anterior ya que se refiere a los tiempos estimados de cada actividad y duración total de proyecto puede leerse directamente en ella.
4. Preparación de un programa de costos. Se incluyen los costos y de mano de obra calculados, preparándose además un presupuesto mensual para cada tarea.

TRABAJA CON  
FALTA DE ORIGEN



5. Establecimiento de reuniones de informes y control. Es básicamente establecer un sistema de control de proyectos, puede ser semanal o mensualmente presentando en cada reunión informes breves del avance y de los problemas de proyecto.

### 5.1.2. Instalación.

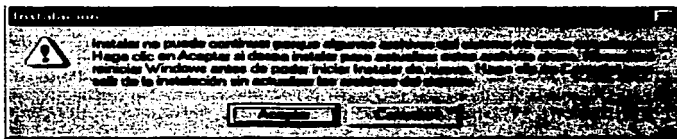
Se refiere a la instalación del sistema en los diferentes equipos en donde operará así como su ejecución real sobre los distintos centros de trabajo. La instalación del sistema puede llevarse a cabo de tres formas diferentes: en paralelo, cuando el sistema nuevo se arranca aún cuando el anterior sigue funcionando; piloto cuando se instala después de haber eliminado el sistema anterior; por etapas, el sistema se va a instalar por módulos de mayor prioridad.

Las pruebas se centran en objetivos y habilidades sumamente concretas dividiéndose en orientación al usuario del sistema, uno del sistema por los administradores y el uso del sistema por los operadores o capturistas quienes ejecutan las tareas diarias del sistema.

En el caso del Sistema se deberá contar con un espacio en disco de 15 Mbytes aproximadamente y tener bajo la raíz de una unidad, ya sea la del disco o de una unidad virtual una carpeta con el nombre del sistema o que sea un nombre representativo para el mismo si se desea, pues en caso contrario, el instalador creará una por default sobre el directorio "Archivos de programa".

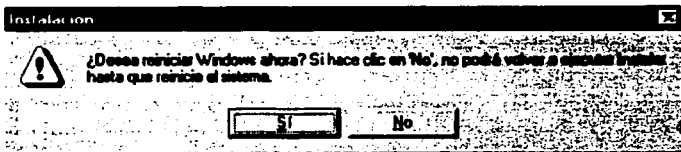
De una u otra forma bajo esta carpeta se instalará la base de datos y la aplicación.

Cuando ejecute el instalador (setup.exe), comprobará que se encuentren todos los componentes requeridos por visual basic, de modo que si falta alguno de ellos mandará el siguiente mensaje:



En ese caso deberá dar el botón de aceptar y le aparecerá un mensaje en el cual se solicita la reinstalación de windows como se indica a continuación:

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Para este caso si no tiene ninguna aplicación ejecutándose, podrá reiniciar Windows dando el botón de "Sí" y en ese momento el instalador actualizará la versión de algunos archivos de configuración con los componentes necesarios para ejecutar adecuadamente el software de desarrollo y la aplicación en general.

Si desea primero cerrar sus aplicaciones, presione el botón "no" y entonces saldrá del instalador para ejecutarlo posteriormente.

Una vez reiniciado el equipo, deberá ejecutar de nuevo el instalador, ya no le volverá a enviar los mensajes anteriores y entonces procederá a la instalación del simulador, indicándole que se dará inicio y que debe tener sus aplicaciones cerradas. Este mensaje se muestra en la siguiente figura:

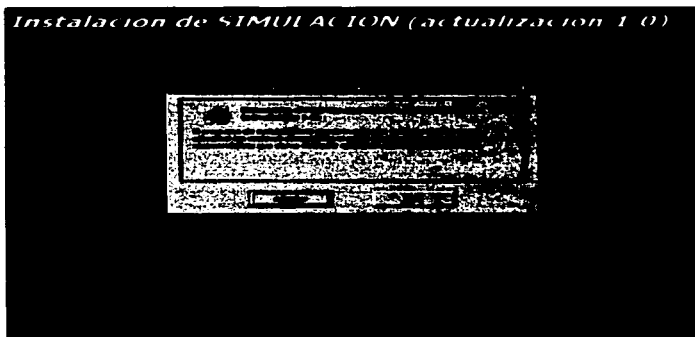


Figura 5.1.2.1 Instalación de Simulador.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Tras presionar el botón de aceptar le aparecerá un icono el cual deberá ser presionado para comenzar a bajar los archivos del sistema. No sin antes verificar la ruta donde quedarán los archivos, Por default el instalador le muestra la ruta como aparece debajo del icono, si usted desea cambiarla, deberá presionar el botón de comando que se encuentra a la derecha que dice "Cambiar directorio", de ahí seleccionar la ruta deseada y continuar la instalación.

### Instalación de SIMULACION (actualización 1.0)

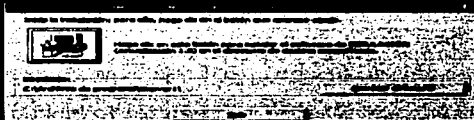


Figura 5.1.2.2. Cambiar de Directorio.

Una vez seleccionada la ruta aparecerá una ventana como la siguiente en donde indica bajo que directorio se desea crear la ruta especificada. Como se comentó al principio, podrá tener su propia unidad y carpeta o por default aceptar la sugerida. Al haber elegido la deseada, presionar el botón de "Continuar".

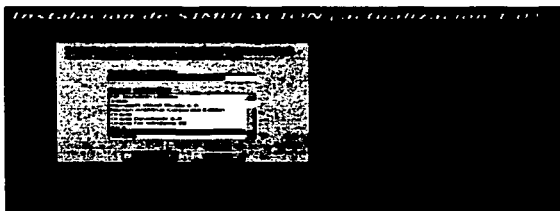
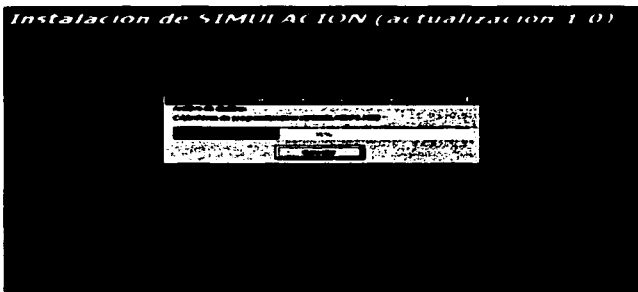


Figura 5.1.2.3. Elección del cambio de directorio.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

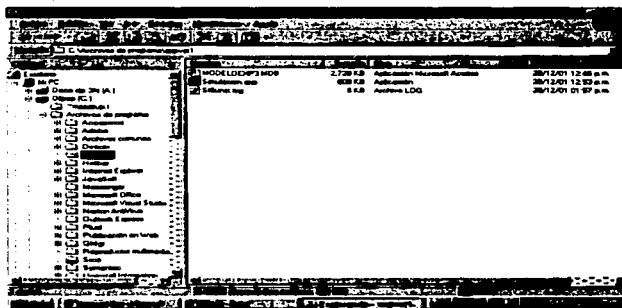


En este momento se iniciará con la copia de los archivos del sistema hacia la ruta especificada así como de la base de datos.

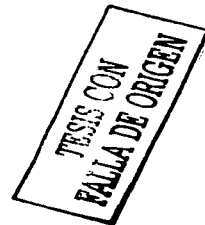


#### 5.1.2.4. Especificación de la Ruta.

Al terminar de bajar los archivos se enviará un mensaje indicando que el proceso ha finalizado y podrá verificar los archivos instalados bajo el directorio en que se solicitó como se indica en la figura 5.1.2.5.



#### 5.1.2.5. Ubicación del Simulador.





Bajo esta ruta quedan los archivos:

MODELOEXP3.MDB

Es la base de datos del sistema.

Simulación.exe

Es el nombre del sistema.

y un archivo de configuración con extensión log.

Una vez finalizado este proceso el simulador queda instalado exitosamente y esta listo para ejecutarse.

### 5.1.3. Capacitación.

Los operadores de Sistemas no sólo incluyen la capacitación acerca del uso del equipo, si no también como diagnosticar los desperfectos y los pasos a dar cuando éstos ocurran, también incluye lo relativo a los procedimientos de ejecución y las actividades de operación normal del sistema.

La mayor parte de la capacitación del usuario tiene que ver con la operación del sistema en sí, dando la máxima atención a los procesos de manejo de datos. Ninguna capacitación queda completa sin familiarizar al usuario con las actividades de mantenimiento sencillo del sistema.

Se basa en objetivos y habilidades sumamente concretas que son: orientación al usuario del sistema, uso del sistema por los administradores y el uso del sistema por los operadores o capturistas quienes ejecutan las tareas del sistema.

La capacitación debe incluir:

- Las nuevas habilidades que incluyen del sistema.
- Los cambios que se pueden haber introducido en los procedimientos.
- Las personas que se necesitan para operar.
- Las formas nuevas de captura y generación de reportes.

El método más común para proporcionar la capacitación a los usuarios son cursos o exposiciones que lleve a cabo el seminario, en una o más sesiones apoyadas con los procedimientos escritos destinados al personal de operación, presentaciones, pruebas del sistema en tiempo real, material de apoyo, evaluaciones etc., por lo que es impartida por el equipo de desarrollo del Sistema.

Puede llevarse a cabo en Sede o en las mismas regiones de Petróleos Mexicanos, siempre y cuando se encuentre con el ambiente funcional para ello, es decir, salas de reuniones, aulas, auditorios etc., en donde puede impartirse el curso.

Para el Sistema no se ha dado una capacitación pues aún se encuentra en la fase de Instalación y Pruebas.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



#### 5.1.4. Elaboración y Entrega de Manuales.

En esta fase se elaboran los manuales necesarios para usuarios que operan el sistema para entender su y operación los cuales se basan en la definición de los procesos del mismo.

Los manuales pueden ser:

- Técnico: En el se definen todas las especificaciones técnicas que requiere el sistema y además los diagramas técnicos sobre los que se desarrollo. En el se da una explicación de cómo se llevo a cabo el análisis, diseño, desarrollo e implantación del sistema y esta orientado a los administradores del sistema. En la medida de lo posible de deberá definir los posibles errores de instalación y funcionamiento.
- Usuario: Para este caso se detalla el funcionamiento del sistema y se definen las opciones de menú con que cuenta así como utilerías etc. Dando una detallada explicación de los módulos y de los procesos que realiza el sistema, para que el usuario entienda totalmente su funcionamiento. Esta orientado al personal que utilizara el sistema.

#### 5.1.5. Mantenimiento.

Es una actividad constante que conserva al sistema en los niveles más altos de eficacia y eficiencia sin rebasar las limitaciones de los costos. Tiene por objeto reducir los errores provenientes del diseño, los ocasionados por los cambios ambientales y mejorar los servicios y el alcance del sistema. Se puede suscatir de formas diferentes: de urgencia, ordinario, peticiones de reportes y mejoras de los sistemas.

El mantenimiento puede aplicarse a diferentes actividades:

- Cambios en la formulación de políticas.
- Cambios en los reportes generados.
- Cambios en las formas.
- Cambios en los procedimientos .
- Cambios en la configuración de hardware y software.
- Modificación o adición de código.
- Cambios en los sistemas de operación.
- Controles del sistema y necesidades de seguridad.
- Cambios en las entradas procedentes del ambiente.

Generalmente al realizar la entrega del Sistema, el usuario cuenta con una garantía de mantenimiento que se establece en el contrato del proyecto, el cual abarca un tiempo de 3 meses posteriores a la entrega para corregir posibles fallas de instalación u operabilidad del sistema.

Después de esta garantía, si el usuario requiere más actividades se deberá conectar otro proyecto por el tiempo necesario de acuerdo a lo solicitado por el.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



**Conclusión.**

La implantación de un sistema, ya sea uno nuevo o uno ya existente que ha sido modificado, se conforma por las actividades primarias de capacitación conversión y revisión después de la implementación. La capacitación involucra a los operadores y usuarios que utilizarán el nuevo sistema, ya sea capturando datos, recibiendo información u operando realmente el equipo.

Cuando el sistema está listo para la implementación, se elige uno de los demás métodos de conversión para instalar el sistema.

Después de implantar el sistema y completar la conversión, debe hacerse una revisión para determinar si el sistema cumple con las expectativas y dónde son necesarias las mejoras. La revisión no sólo dice qué tan bien está diseñado e implementado el sistema sino que también es una valiosa fuente de información que puede aplicarse a un nuevo proyecto del sistema.

Aunque la capacitación de alta calidad es un paso esencial en la implantación de sistemas, no es suficiente por sí misma. La conversión, el proceso de cambiar de un sistema anterior a uno nuevo, también debe ser cuidadosamente planeada y ejecutada.

La capacitación se puede obtener por medio del usuario, la mayoría de los proveedores ofrecen cursos especiales en sus instalaciones como parte del servicio normal.

FALLA DE ORIGEN



## CONCLUSIONES

Para poder realizar este sistema fue necesario seguir con una metodología de desarrollo de Proyectos, que permitiera identificar cada uno de los aspectos relevantes en el análisis y diseño así como lograr una implantación.

Al realizar este sistema se cambió en forma efectiva el análisis, diseño, desarrollo e implementación de sistemas dando soluciones reales a una problemática existente para Petróleos Mexicanos.

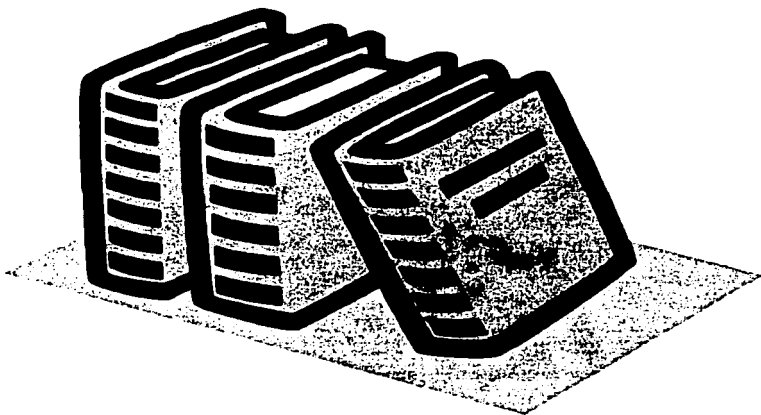
En las diferentes etapas de la metodología del desarrollo de sistemas no es recomendable trabajar etapas en paralelo, ya que el producto final de cada etapa es la información de los sistemas.

Para llevar a cabo este proyecto, fue necesario interrelacionar con diferentes áreas de especialización, tal es el caso de estadística, evaluación económica y producción de hidrocarburos, y principalmente la de yacimientos hacia la que va orientado el sistema.

El sistema realizará un cierto número de simulaciones de cada oportunidad integrada en el sistema, en base a determinados parámetros de entrada, calcular sus partes de producción, volumetría e inversiones y obtener como resultado el comportamiento de la misma a cierto tiempo para definir que tan conveniente resulta la explotación de yacimientos en esa oportunidad, el sistema es paralelamente adecuada para esta actividad.

El Sistema se encuentra operando actualmente y realiza las funciones y procesos requeridos por el usuarios quedando o existiendo la opción para que se pueda agregar nuevos módulos, procesos y pantallas necesarias de acuerdo a nuevos requerimientos del usuario sin necesidad de modificar el código actual, por el diseño realizado.

FALLA DE ORIGEN



# Bibliografía

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- TRATADO DE GEOLOGÍA, PETROLOGÍA.  
J. Auboun, R Brousse y J. P. Lehman  
Tomo I  
Ediciones Omega S.A.  
Barcelona 1981.
- GEOLOGÍA: PRINCIPIOS Y PROCESOS.  
William H. Emmons, Ira S. Allison, Clinton R. Stauffer y George A. Thiel  
Traducción: Francisco Álvarez Ros  
Revisión: José Huidobro Gascon  
McGraw-Hill  
Quinta Edición  
Madrid 1963.
- PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA  
George Canavos.  
Ed. Mc Graww Hill Mexico D.F.  
México D.F.
- PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA PARA INGENIEROS.  
Irving Millar, John E. Freund y Richard Johnson  
Ed. Prentice-Hall hispanoamericana S.A.  
México, D.F.
- FUNDAMENTOS DE ESTADÍSTICA.  
Rolando Cavazos Cadena  
Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN.  
Realizado en: ESFM – IMP.  
1991.
- TEORÍA Y PROBLEMAS DE ESTADÍSTICA.  
Ing. Agrónomo José Luis Gómez Espadas  
McGraw-Hill  
México D.F. 1973.
- ESTADÍSTICA 1  
Ing. Leopoldo Ramírez G.  
Coordinación de Estadística para Apoyo Académico.  
1994.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



- OBRAS COMPLETAS.  
Diego Bricio Hernández Castaños y Luis Javier Álvarez  
Volumen II  
Método Monto Carlo  
Sociedad Matemática Mexicana  
U.A.M. Iztapalapa. 1995.
- TÉCNICAS Y MODELOS DE SIMULACIÓN DE SISTEMAS.  
Federico Rodríguez Torres, Ricardo Delgado Altamirano  
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
México 1991.
- EL ENFOQUE DE SISTEMAS.  
Dr. Víctor Jerez, M. en C. Manuel Grijalva  
Limusa (Editores)  
Grupo Noriega Editores.  
Séptima Edición 1993.
- ANÁLISIS Y DISEÑO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN.  
James A. Senn  
Segunda Edición.  
McGraw-Hill  
Séptima Edición.  
1993.
- SISTEMAS DE INFORMACIÓN ADMINISTRATIVA.  
Robert G. Murdick  
Ed. Prentice Hall.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



PÁGINAS DE INTERNET

- PETROLEOS MEXICANOS (PEMEX).  
<http://www.pemex.com>
- INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO (IMP).  
<http://www.imp.mx>
- GEO GEOLOGÍA EN LINEA.  
<http://www.geologiaenlinea.com>
- GEOLOGÍA.  
<http://www.monografias.com/trabajos/geologia/geologia.shtml>
- GEO – ENLACE.  
<http://www.geocities.com/scigeo/enlaces.htm>
- CONCEPTOS DE GEOLOGÍA.  
<http://www.caletao.com.ar/eco/petroleo.htm>
- LIBRO LA INVESTIGACIÓN DEL IMP.  
<http://www.imp.mx/publicaciones/libro/libro>
- ESTADÍSTICA.  
<http://www.esd.mec.es/infraestr/CensoCSD/Apli/estadistica.htm>
- GULA DE ESTUDIO DE PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA.  
<http://www.universidadabierta.edu.mx/SerEst/MAF/METODOS%20CUANTITATIVOS/Pyc/pyc.htm>
- ESTADÍSTICAS IMPORTANTES.  
<http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/16020/aplicativo/inicio.html>
- CONCEPTOS DE ESTADÍSTICA.  
[http://personal5.iddeo.es/zit/Tcm/T11\\_Estadística\\_Introduccion.htm](http://personal5.iddeo.es/zit/Tcm/T11_Estadística_Introduccion.htm)
- TEORÍA DE LAS PROBABILIDADES ESTADÍSTICA MATEMÁTICA  
<http://www.cbocooktech.com/samples/Alsina/tpemsamp.pdf>
- MANUAL BÁSICO DE ESTADÍSTICA.  
<http://www.mapleapps.com/languageApps/Spanish/html/Estadistica.html>
- ESTADÍSTICA CONCEPTO.  
<http://www.educacion.ufm.edu.gt/ayudas/estadistica/estadistica.html>

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN